

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA
BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY



جامعة باجي مختار
-عناية-

Faculté : TECHNOLOGIE
Département : GENIE MECANIQUE
Domaine : SCIENCES ET TECHNOLOGIES
Filière : GENIE MECANIQUE
Spécialité : INGENIERIE DE
MAINTENANCE

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème :

Diagnostic des arrêts du système de levage auxiliaire du pont
704 au niveau AC02 -SIDER

Présenté par : GUECHI SEIF EDDINE

Encadrant : BOUNAMOUS BOUBAKER Grade: MMA Université UBMA

Jury de Soutenance :

DJEDI LAMINE	MCA	UBMA	Président
BOUNAMOUS BOUBAKER	MMA	UBMA	Encadrant
KHELIF RABIA	PROF	UBMA	Examineur

Année Universitaire : 2022/2023

REMERCIEMENT

Je remercie tout d'abord "Allah" qui m'a donné la force et la patience nécessaire pour réaliser ce modeste travail.

Je remercie aussi, mon encadreur Mr. BOUNAMOUS BOUBAKER mon promoteur pour tous ses efforts.

Je remercie également tous les enseignants du département de Génie Mécanique, et toute l'équipe de service Maintenance de l'entreprise ACO2 -SIDER mes collègues ainsi tous les étudiants de promotion.

Enfin, je remercie tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail.

DÉDICACE

A l'aide d'Allah j'ai pu réaliser ce travail que je Dédie

A ma mère, à mon père, et mes frères pour leur bienveillance et leur abnégation de m'avoir encouragé à terminer dans de bonnes conditions mon travail

A toute les membres de ma grande famille

A tous mes amis chacun son Nom.

A tous mes enseignants ET mes

Collègues de ma promotion

. GUECHI SEIF EDDINE

SOMMAIRE

Chapitre I : Présentation générale du complexe SIDER El-Hadjar (L'unité ACO2)

I.	INTRODUCTION GÉNÉRALE	p1
II.	Présentation du complexe	p2
	A - Historique.....	p2
	B - Situation géographique du complexe.....	p3
	C - Les installations du complexe	p4
III.	Organisation de l'entreprise.....	p5
IV.	Produit du complexe	p6
V.	Présentation de l'Acierie à oxygène N°2	p7
	A - Secteur affinage	p8
	B - Secteur machine a coulée continue	p9
	C - Secteur réfractaire.....	p10
	D - Secteur fluide	p10
	E - Secteur stockage	p10
VI.	Processus de l'ACO2	p12
	1-Affinage et Préparation de l'acier liquide.....	p12
	2-Machine à Coulée continue.....	p13
VII.	Analyse et contrôle	p17
	A- Analyse de la fonte et contrôle de la température	p18
	B- Analyse de l'acier cv	p19
	C- Analyse de l'acier après barbotage	p19
	D- analyse de la scoraît.....	p20

VIII. La maintenance	p21
1 - Service de maintenance	p21
2-Politique de maintenance au niveau de l'ACO2	p21
A- La maintenance préventive	p21
B. maintenance corrective	p23

Chapitre II : Généralités sur la maintenance et l'étude FMD

II.1. INTRODUCTION	p25
II.1.1. DÉFINITION DE LA MAINTENANCE	p25
II.1.2. RÔLE DE LA MAINTENANCE	p25
II.1.3. L'OBJECTIF DE LA MAINTENANCE.....	p25
II.1.4. Les niveaux de la maintenance.....	p25
II.1.5. LE BUT DE LA MAINTENANCE	p26
II.1.6. TYPES DE LA MAINTENANCE	p26
• Maintenance systématique.....	p26
• Maintenance conditionnelle	p27
• Maintenance provisionnelle	p27
II.1.7. Les opérations de maintenance	p27
• Le dépannage	p28
• La réparation	p28
• Les inspections	p28
• Les visites	p28
• Les contrôles.....	p28
• Les révisions	p28

II.2.	Généralité sur les méthodes d'analyse FMD.....	p29
II.2.1.	Arborescence et caractéristiques FMD d'un système réparabl	p29
II.2.1.1.	Les trois niveaux de l'arborescence concernés par FMD .	p29
II.3.	Analyses FMD - indicateurs opérationnels	p29
II.3.1.	Temps de fiabilité, maintenabilité et disponibilité.....	p29
II.4.	Indicateurs de FMD	p30
II.4.1.1.	Indicateurs de fiabilité	p31
II.4.1.2.	Indicateurs de maintenabilité [10].....	p31
II.4.1.3.	Indicateurs de disponibilité	p32
II.5.	Tableau de synthèse des analyses FMD	p32
II.6.	LA FIABILITE.....	p32
II.6.1.	Définition de la fiabilité	p32
II.6.2.	Objectifs de la fiabilité.....	p32
II.6.3.	Les Principales lois de probabilité utilisées en fiabilité	p33
II.6.3.1.	Modèle de WEI BULL.....	p32
II.6.3.1.1.	Les paramètres de Modèle de WEIBULL	p32
1.	La densité de probabilité.....	p33
2.	La fonction de répartition.....	p33
3.	La fonction de fiabilité R(t).....	p33
4.	Courbe de baignoire.....	p34

II.6.3.2.	Domaine d'application.....	p35
II.6.3.3.	Papier de Wei bull	p35
II.6.3.4.	Echelles utilisées sur le papier de Wei bull	p35
II.6.4.	La loi exponentielle	p36
II.6.5.	La loi normale.....	p37
II.6.6.	La loi log normal.....	p37
II.6.7.	Loi de Poisson	p38
II.7.	MAINTENABILITE	p38.
II.7.1.	Définition de la maintenabilité	p38
II.7.2.	Objectifs de la maintenabilité	p39
II.7.3.	Les facteurs de maintenabilité	p39
II.7.4.	Critères de maintenabilité.....	p39
II.7.5.	Autres critères de maintenabilité.....	p40
II.7.6.	Analyse de la maintenabilité opérationnelle	p41
II.7.7.	Approche mathématique de la maintenabilité $m(t)$	p42
II.8.	DISPONIBILITE.....	p42
II.8.1.	Définition de la disponibilité	p42
II.8.2.	Objectifs de la disponibilité.....	p42
II.8.3.	Les facteurs de disponibilité.....	p43
II.8.4.	Quantification de la disponibilité.....	p43
II.8.5.	Approche mathématique de la disponibilité	p44
II.8.5.1.	Modèles d'évaluation de Dop Disponibilité opérationnelle propre [18]	p44
II.8.5.2.	Modélisation de la disponibilité instantanée.....	p44
II.9.	Conclusion.....	p46

Chapitre III : Etude de levage auxiliaire du pont 704

III.1.	Introduction	p48
III.2.	GÉNÉRALITÉS SUR LES PONTS ROULANTS ...	p48
III.3.	GÉNÉRALITÉS SUR LES LEVAGES.....	p49
III.4.	LE LEVAGE AUXILIAIRE DU PONT 704	p49
III.5.	Historique des pannes.....	p53
III.6.	L'histogramme des causes des pannes	p71
III.7.	Conclusion.....	p75
❖	CONCLUSION GÉNÉRALE.....	p76
❖	Annexe 01.....	p77

FIGURES :

Chapitre I : Présentation générale du complexe SIDER El-Hadjar (L'unité ACO2)

Figure I.1- Situation géographique du complexe.....	p4
Figure I.2- Vue de l'atelier ACO2.....	p8
Figure I.3- Secteur affinage.....	p9
Figure I.4- Secteur machine a coulée continue	p9
Figure I.5- Traitement de la fonte	p13
Figure I.6- Machine a coulée continu.....	p13
Figure I.7- Versement de L'acier	p14
Figure I.8- réfrigérant, extracteurs-redresseurs.....	p14
Figure I.9 - l'équipement d'oxycoupage	p15
Figure I .10- ripeur d'évacuation et refroidissement.....	p15
Figure I .11- stockage des billettes	p16
Figure I .12- prise des échantillons.....	p17
Figure I.13- analyse assisté par ordinateur.....	p17
Figure I.14- échantillon de la fonte	p18
Figure I.15- spectraux graphe	p18
Figure I.16-fourchette analysé	p18
Figure I.17- échantillon de l'acier avant traitement.....	p19
Figure I.18- fourchette d'analyse	p19
Figure I.19-Fourchette d'analyse des nuances élaborées ACO2	p19
Figure I.21- échantillon du coulé.....	p20
Figure I.20–Echantillon Après Barbotage	p20
Figure I.22– Instrument d'analyse scorait.....	p20
Figure I.23– Echantillon de la scorait	p20

Chapitre II : Généralités sur la maintenance et l'étude FMD

Figure II.1: Différents Types De Maintenance	p27
Tableau 0-2 : Niveau de caractérisation FMD d'un équipement. [9].....	p29
Figure 0.3 : Les durées caractéristiques de FMD. [6].....	p29
Figure 0.4 : les analyses FMD possible.....	p32
Figure 0.5 : courbe de baignoire	p34
Figure 0.6 : Variation de forme (β).	p34
Figure 0.7 : Papier de Wei bull. [15]	p36
Figure 0.8 : Distribution des fonctions de la loi exponentielle. [16]	p37
Tableau 0.9 : Les facteurs de maintenabilité. [18]	p39
Figure 0.10 : Les différents critères de maintenabilité. [17].....	p41
Figure 0.11 : Les différents facteurs de disponibilité. [14]	p43

Chapitre III : Etude de levage auxiliaire du pont 704

Figure III.1 - levage auxiliaire du pont 704	p51
Figure III.2 – chaine cinématique du mécanisme de levage.....	p52
Tableau. III.4 : Historique du levage avec TTR et TBF	p54
Tableau. III.5: Résultats de calcul de F(ti).....	p56
Figure III.6: papier de Wei Bull en logiciel statistica	p56
Figure III.7 : Papier de Wei Bull en logiciel statistica.....	p56
Tableau III.8: test de kolmogrov-smirnov	p58
Tableau. III.9: Résultat du calcul de f(t).....	p60
Figure III.10: La Courbe Densité De Probabilité.....	p61
Tableau. III.11: Résultat du calcul de F(t).....	p62
Figure III.12: La Courbe De Fonction Répartition.....	p62
Tableau. III.13 : Résultat du calcul de R(t)	p63
Figure III.14: La Courbe De la Fonction Fiabilité	p64
Tableau. III.15: Résultat du calcul de $\lambda(t)$	p65

Figure III.16: Courbe du taux de défaillance	p66
Tableau III.17 : Résultat des calculs de Maintenabilité M(t).....	p67
Figure III.18 : Courbe du la maintenabilité	p68
Tableau III.19 : Tableau de disponibilité instantané	p69
Figure III.20: La Courbe de disponibilité instantanée	p70
Figure III.21: L’histogramme des causes des pannes en fonction de temps d’arrêt.	p71
Figure III.22: L’histogramme des causes des pannes en fonction de nombre d’arrêt	p71

❖ **Abréviations**

TBF : Temps de bon fonctionnement

UT : Temps entre défaillances

R (t) : Fonction de fiabilité

F (t) : Fonction de défaillance

f (t): Densité de probabilité

MUT : Moyenne temps entre défaillances

MTTR : Moyenne de temps de réparation

MTBF : Moyenne de temps de bon fonctionnement

D : Disponibilité

λ (t) : Taux de défaillance

μ : Taux de réparation

γ : Paramètre de position

η : Paramètre d'échelle

β : Paramètre de forme

Chapitre I

Présentation générale du complexe SIDER El-Hadjar (L'unité ACO2)

I. INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le présent mémoire s'intéresse au diagnostic et à l'analyse FMD d'un levage auxiliaire du pont 704

Dans le premier chapitre on donne une présentation générale du complexe situé dans la zone industrielle d'Annaba Avec une description complète de l'aciérie à oxygène N°2 et son production et son procédure de maintenance dans laquelle nous avons passé le stage pratique

Dans le second chapitre on a exposé une étude bibliographique sur la maintenance et son rôle Comme outil de production ainsi que les principales formules des différents indicateurs relative A la FMD.

Le troisième chapitre présentée les ponts roulants et levage auxiliaire du pont 704 et ont exploité l'historique des pannes sur période d'une année

Avons pris des données saisies dans Excel on s'est basé sur le taux de panne pour calculer les Paramètre FMD. L'objectif de cette étude est de réduire les arrêts par une organisation plus Rationnelle de la fonction maintenance et une efficacité meilleure des interventions et on a aussi des propositions d'après l'étude.

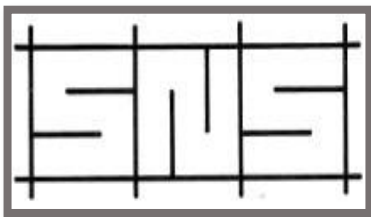
II. -Présentation du complexe : A

- Historique :

Le complexe d'El-Hadjar représente un facteur économique pour le pays par la diversité de ses unités et ses installations de transformation du minerai de fer. L'entreprise nationale de sidérurgie a été créée pour servir l'économie du pays et répondre aux besoins du marché en matière de produits métalliques. La sidérurgie reste la base du développement industriel d'un pays. Elle s'occupe de transformation de matière première et du passage de la fonte vers l'acier. Le complexe sidérurgique principal centre d'activités sidérurgiques en Algérie est responsable de l'ensemble des opérations nécessaires à l'exploitation des ateliers et des installations existantes qui le constituent ; Il s'agit de la production de la fonte et de l'acier sous forme des produits finis et semi fini comme (tôles, pipes, rend à béton et gueuze), le complexe a connu plusieurs étapes d'évolution sous :



Période coloniale : Le projet de construction d'une usine sidérurgique à Annaba été inscrit en 1958 dans le plan de Constantine. Ce projet a vu la Création de la Société Bônoise de Sidérurgie (SBS) qui a été chargée de réaliser un haut fourneau et ses annexes.



1964, création de SNS : Après l'indépendance, l'état algérien a créé, le 03 Septembre 1964, la Société Nationale de Sidérurgie (SNS) qui a été chargée de la construction du complexe sidérurgique d'El-Hadjar. 1969, première coulée : le complexe est entré en production après son inauguration le 19 juin 1969 par le Président de l'état Algérien Houari Boumediene.



1983, création de SIDER : La restructuration de l'industrie algérienne à donner naissance à l'Entreprise Nationale SIDER. **1995, création du Groupe SIDER :** cette évolution marque le passage de l'entreprise administrée à l'entreprise économique EPE/SPA.



1999, création de ALFASID : Un plan de redressement Interne du Groupe Sider donne naissance à 25 entreprises industrielles autonomes dont ALFASID qui a représenté le « cœur du métier » de la sidérurgie.



ISPAT Annaba le 18.10.2001 : Un contrat de partenariat entre SIDER et LNM donne naissance à ISPAT Annaba. LNM détient 70% du capital social et SIDER 30%. Cette nouvelle société regroupe les filiales de SIDER liées au métier de base de la sidérurgie qui sont : ALFASID, ALMAIN, GESSIT, IMAN, AMM, COMERSID, ALFATUB, CRYOSID, COPROSID et FERSID). ISPAT Tébessa est créé à la même période. Elle est

le résultat d'un partenariat entre LNM (70%) et FERPHOS (30%). Elle comprend les mines de fer d'Ouenza et de Boukhadra.



Décembre 2004 MittalSteel Annaba : La société change de dénomination après la fusion de LNM holding et ISPAT International.



Juin 2007, ArcelorMittal Annaba : Résultat de la fusion entre MittalSteel et Arcelor.

B - Situation géographique du complexe :

Le complexe sidérurgique d'El Hadjar est situé à l'est du pays dans la zone industrielle d'ANNABA et à 15km au sud de la ville. Il occupe une superficie de 800 hectares qui se répartie en trois zones :

- 1^{ère} zone : l'atelier de production << 300 Hectares >>.
- 2^{ème} zone : Les superficies de stockage << 300 hectares >>.
- 3^{ème} zone : La surface de service << 200 Hectares >>.

À l'intérieur il y a près de 60km de voie ferrée permettant la circulation libre de la matière et près de 100km de route permettant la circulation des engins et véhicules.

Le complexe possède plusieurs secteurs pour ses besoins d'énergie et de fluide pour la production tel que :

- Trois (3) centrales thermiques d'une capacité totale de 65mw/h.
- Quatre (4) centrales à oxygène d'une capacité totale de 3500m³/h.
- Trois (3) usines à eau d'une capacité de 28400m³ /h.



Figure I.1- Situation géographique du complexe

C - Les installations du complexe :

Le complexe comprenait à son actif les secteurs suivants :

- Stockage : un secteur d'agglomération « **PMA1** ».
- Une Aciérie à oxygène « **ACO1** ».
- Un laminoir à froid « **LAF** ».
- Secteur HF1, et machine à couler.
- Un laminoir à chaud « **LAC** ».
- Un laminoir à fil et rond « **LFR** ».
- Un post de distribution électrique « **PDE** ».
- Un magasin de gestion de stock. « **GSM** ».
- Atelier Magrébin de maintenance « **AMM** ».
- Des ateliers centraux « **ATC** ».

Durant la deuxième phase de 1977 à 1980 il y a eu l'extension du complexe pour augmenter les capacités de production, avec la création d'autres secteurs :

- Une aciérie à oxygène « **ACO2** ».
- Un haut fourneau « **HF2** ».
- Un secteur d'agglomération. « **PMA2** ».
- Cokerie.
- Centrale thermique.

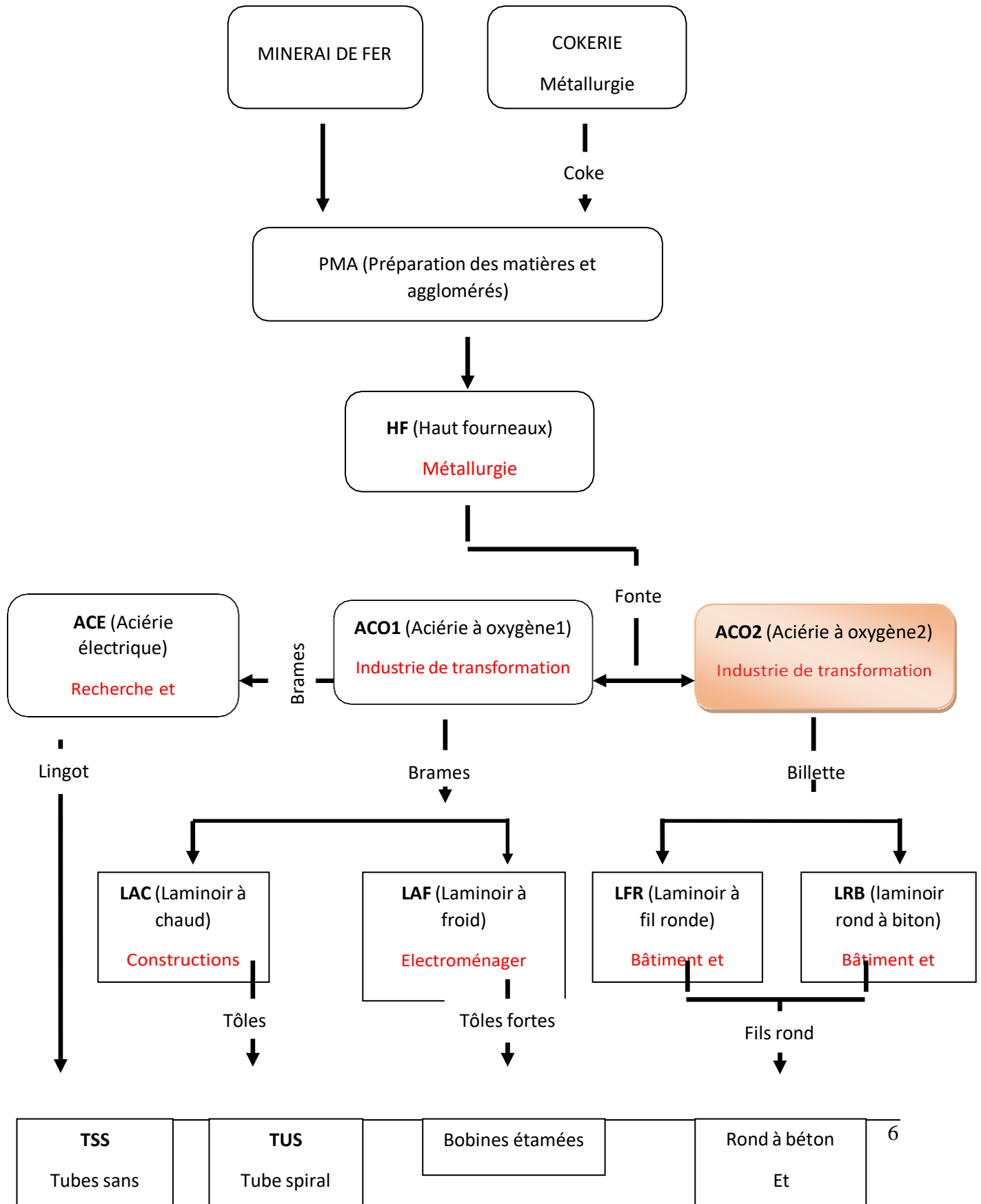
En 1980 l'effectif de cette société était de 18 000 employés, qui sont répartis dans des directions opérationnelles centrales comme suit :

- D opérationnelle de production.

- D matières première et fonte « **MPF** »
 - D produit longs « **PLG** ».
 - D produit plats « **PPL** ».
 - D tuberie sans soudure « **TSS** ».
 - D opérationnelle prestataires de service.
 - D service technique « **STC** ».
 - D moyens généraux « **MGX** ».
 - D financières « **FIN** ».
 - D relations professionnelle du personnels « **PRO /PER** ».
 - D planifications et organisation « **PLO** ».
 - D méthodes métallurgiques « **MTM** ».
- Et en 2004 une nouvelle structure a été réaliser
- Laminoir rond à béton « **LRB** ».

III. -Organisation de l'entreprise :

L'organigramme ci-dessous représente les différentes installations ainsi que leurs productions (en gras) avec les principaux utilisateurs.



- Organigramme d'Installations et produits du complexe

IV. Produit du complexe :

Installation	Produit	Principaux utilisation
Cokerie (Hors service)	Coke	Métallurgie
HF1 et HF2 (Hors service)	Fonte	Métallurgie, fonderie
ACO1	Brames	Industrie de transformation
ACO2	Billetes	Industrie de transformation - Laminoir
Laminoir à chaud «LAC»	Tôles fortes	- Construction métallique. - Chantier naval. - Industrie de transformation - Tubes, bouteilles à gaz
Laminoir à froid «LAF»	Tôles fines	- Industrie de transformation - Electroménager - Elect, mobilier métallique, conserve.
Etamage	Fer blanc	- Emballage métallique. - Divers pour les industries alimentaires et chimiques.
Galvanisation	Tôles galvanisées	- bâtiments pour l'agronomie. - Industrie alimentaire et élevage
Aciérie électrique «ACE»	Lingots	- Recherche et production pétrolière. - Transport des hydrocarbures.
Laminoir à fil rond «LFR»	Fil rond à béton	- bâtiment et travaux publics hydraulique
Laminoir Rond à Biton « LRB »	Fil rond à béton de différentes dimensions	- bâtiment et travaux publics hydraulique

V. Présentation de l'Aciérie à oxygène N°2 :

L'aciérie n°2 (ACO2) a été créée en 1980 avec collaboration d'un groupe japonais, et a été mise en service en mai 1981. Elle transforme la fonte liquide, acheminée du haut fourneau, en acier à l'aide d'oxygène. L'acier liquide est ensuite solidifié sous forme de produit appelé billette qui sera laminé par la suite au niveau des laminoirs à LFR et LRB.

L'aciérie n°2 est implantée au sud par rapport à l'entrée de l'usine (côte nord), et sud de l'aciérie n°1.

La capacité maximale de l'ACO2 est de 1 030 000 tonnes par an de billettes conformes. Elle est composée de :

- Une zone d'élaboration de l'acier liquide dotée de trois convertisseurs LD d'une capacité de 60 tonnes chacun (deux en marche et un en réfection) ;
- Une zone de coulée billettes dotées de trois machines courbes à quatre lignes de section 130x130 mm (machine de coulée continue).

L'effectif total de l'aciérie à oxygène n°2 est de 400 personnes.



Figure I.2- Vue de l'atelier ACO2

Il est composé de 5 secteurs important :

A - Secteur affinage :

Se compose de trois halles principales :

- Halle de par à ferrailles (séparée de l'aciérie) d'une superficie 6200 m²;
- Halle d'arrivée de la fonte d'une superficie 820 11m²;
- Halle de chargement d'une superficie 5100 m²;
- Halle des convertisseurs d'une superficie 2700 m².

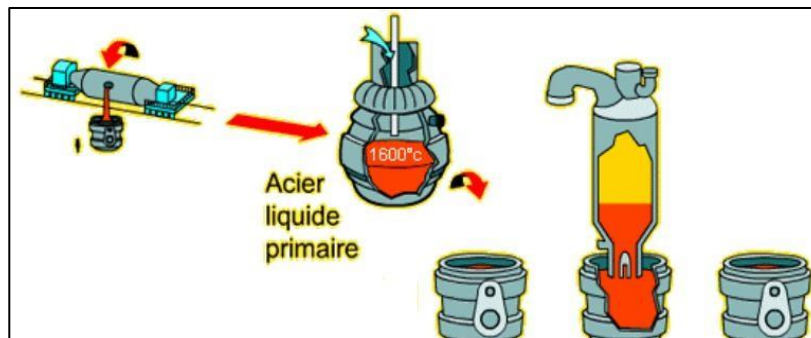


Figure I.3- Secteur affinage

Les défèrent opération de secteur :

Versement de fonte liquide de la poche tonneau dans la poche à fonte.

- Transporter la poche à fonte vers le stand de raclage ;
- Enlèvement de la scorie flottante sur la fonte puis évacuation à l'extérieur ;
- Versement des produits : chaux, ferraille et fonte liquide dans le convertisseur ;
- Traitement de mélange avec l'oxygène soufflé à haute pression ;
- Vider le convertisseur de La scorie flottante puis le versement de l'acier à la poche acier ;
- Ajouter des additions afin d'aboutir à la fourchette souhaitée ;
- Barbotage de mélange pour le rendre homogène en utilisant l'azote gazeux ;
- La prise de la température et échantillon est nécessaire à chaque étape.

B - Secteur machine a coulée continue :

Se compose d'une seule halle de coulée 5000 m².

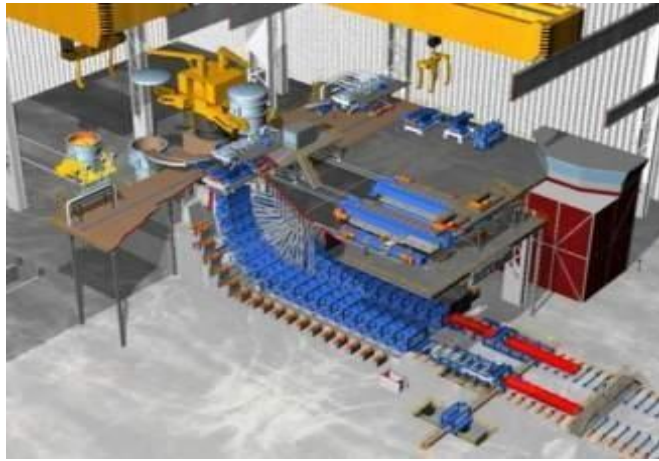


Figure I.4- Secteur machine a coulée continue.

Les défèrent opération de secteur :

- Versement de l'acier dans le répartiteur ;
- Extraction des billettes des quatre langoustières avec le mannequin et la chaîne « sans oublier le refroidissement qui indispensable dans cette opération » ;
- Redressement de la billette à (7, 10et13 m) ;
- Guidage et évacuation des billettes vers la zone de stockage.

C - Secteur réfractaire :

Se compose d'une seule halle d'une superficie 4500 m².

Les défèrent opération de secteur :

- Démolition de la brique usée de convertisseur, poche à fonte, poche acier, répartiteur et les bacs ;
- Revêtement et maçonnerie de ces derniers avec la brique ;
- Séchage et chauffage de ses éléments.

D - Secteur fluide :

Se compose d'une seule halle : halle de refroidissement 4800m².

Les défèrent opération de secteur :

- Pompage de l'eau adossée pour le refroidissement de secteur affinage et MCC ;
- Refroidissement de la jupe et le haut en utilisant l'eau industrielle.

E - Secteur stockage :

Se compose de deux halles :

- Halle de stockage ~ 2 x 3600 m² ;
- Halle d'évacuation des billettes ~ 1700 m².

Les défèrent opération de secteur :

- Mesure des largeurs et poids, et control conformité des billettes ;
- Arrangement des billettes selon les choix et les commandes du client ;
- Transporter les produits afin de l'exporté.

Soit un total couvert de 38020 m².

VI. Processus de l'ACO2 : Réception de la fonte liquide :

La fonte est acheminée de la CHEF « haut fourneau » par les poches tonneaux

1-Affinage et Préparation de l'acier liquide :

L'installation comporte trois convertisseurs dont deux en service, le troisième étant en réserve, pour chaque convertisseur sont prévues deux lances (l'une en service et l'autre en réserve) reliées à un flexible à oxygènes et deux à eau pour le refroidissement des lances.

Pendant le soufflage de l'oxygène (pureté 99,9%, pression 9,6 bar, débit 290 Nm³/h) d'une durée de ≈20 min, les fumées qui se dégagent (principalement le CO) sont aspirées par un système d'épuration.

Les gaz sont brûlés, les fumées sont épurées et les poussières sont récupérées par l'intermédiaire d'un filtre à eau, l'eau chargée est envoyée vers des décanteurs pour séparer la boue à jeter de l'eau à recycler.

Suivant les nuances, des additions sont prévues pendant et après le soufflage, dans le convertisseur.

- Les nuances d'acier : C11A - C11B - C12 - C13 - C14 - C16 - C17 - NV15 - NV16 - H7 - A13 - X60 - X65.
- Les additions des convertisseurs : chaux - castine - minerai de fer - coke - Spath Fluorbauxite - Ferro silicium - manganèse.
- La fonte liquide est convertie en acier liquide à 1600 c°.

Le convertisseur est basculé vers l'avant pour déverser l'acier à travers un trou de coulée dans une poche à acier positionnée sur un chariot de transfert pour l'acheminer vers la station de barbotage pour homogénéiser le liquide (pendant 5 min), ensuite la diriger vers les machines de coulée continu.

En suite le convertisseur est basculé vers l'arrière pour verser la scorie à travers un autre trou dans cuvette de laitier sur un chariot à laitier et sera transporter au crassier situé au sud-ouest de l'aciérie.

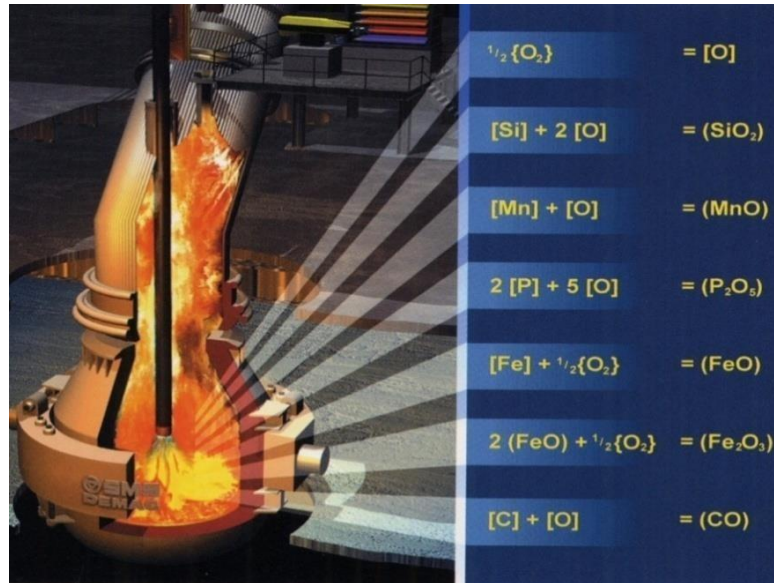


Figure I.5- Traitement de la fonte.

La poche est soulevée du chariot de transfert au moyen de l'un des ponts de chargement et dirigé sur l'un des deux machines à coulées.

2-Machine à Coulée continue :

C'est une machine courbée permettant de couler de l'acier liquide en continu, cette installation comprend plusieurs éléments sont :

- Tourniquet a poche,
- Répartiteur,
- Chariot porte répartiteur
- Lingotière,
- Oscillateurs,
- Corsets de guidage des billettes,
- Extracteur-redresseurs
- Equipement de graissage des lingotières,
- Refroidissement primaire,
- Oxycoupeur,
- Equipements d'évacuation,
- Refroidisseur secondaire,



Figure I.6- Machine a coulée continu.

Au début des opérations, la poche pleine et amené par le tourniquet en position de coulée.

On procède alors à l'ouverture de la busette.

L'acier liquide s'écoule dans le répartiteur préchauffé comportent un garnissage réfractaire.

Le répartiteur permet un dosage précis de l'acier s'écoulant dans la lingotière.

Au début de la coulée, les mannequins et les billettes étant reliées sont évacuée a une vitesse présélectionnée des que le ménisque atteint une certaine hauteur dans la lingotière.

On utilise des lingotières tubulaires carré courbées réalisée de préférence en cuivre ou en bronze (**Fig.I.7**).

Durant les opérations de coulée les lingotières sont refroidies par eau, et les faces internes sont lubrifiées afin de réduire le frottement entre la billette et la lingotière et d'évité que l'acier liquide ne mouille pas les surfaces et de manière à obtenir une atmosphère de réduction au-dessus du ménisque.

Des oscillateurs impriment un mouvement oscillatoire aux lingotières.

La fréquence des oscillations peut être modifiée en fonction de la nuance de l'acier et de la vitesse de coulée alors que l'amplitude demeure constante.

En quittent la lingotière, la bielle est liquide à cœur et comporte une mince croute solidifiée qui est alors refroidie sur toutes les surfaces au moyen d'eau d'aspersion. L'intensité du refroidissement par aspersion peut être réglée en fonction des besoins, tels que la composition de l'acier et les formats coulés, les zones de refroidissement sont disposées dans une chambre. La vapeur d'eau dégagée lors du refroidissement est aspirée par un exhausteur.

Les corsets de rouleaux d'appui et de guidage servant à soutenir les billettes et les acheminent aux extracteurs-redresseurs en leur faisant décrire un quart de cercle en sortant des lingotières.

La longueur hors tous des corsets de guidage est fonction de la distance requise pour la solidification de la billette.



Figure I.7- Versement de L'acier



Figure I.8- réfrigérant, extracteurs-redresseurs

La solidification de la billette est déterminée par la vitesse de coulée et la vitesse du transfert de la chaleur de l'acier liquide dans le réfrigérant.

Les corsets de soutien et de guidage sont suivis par les extracteurs-redresseurs. Ils servent à extraire et redresser les billettes coulées.

Lorsque la billette est extraite d'une lingotière à passage continu, des résistances doivent être surmontées.

La puissance d'entraînement est prévue de manière à réduire autant que possible les sollicitations mécaniques s'exerçant sur les billettes.

Le rouleau supérieur motorisé de chaque machine est pressé sur les billettes pas des vérins hydrauliques. La pression de contact peut être réglée selon les besoins (**Fig.I.8**).

Les équipements d'oxycoupage des billettes sont placés derrière les extracteurs-redresseurs.

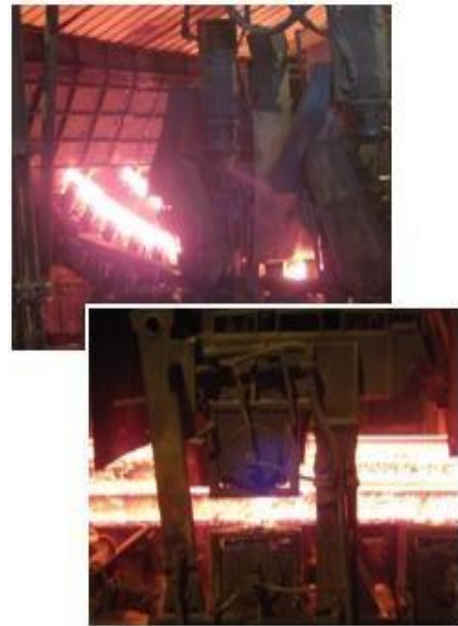


Figure I.9 - l'équipement d'oxycoupage

Les équipements d'oxycoupage continu et automatique coupent les billettes à une longueur pré-réglée. Après avoir traversé les équipements d'oxycoupage, les mannequins sont séparés des billettes. Les rouleaux mesureur (encodeur) sont enclenchés simultanément de manière à découper les billettes suivantes en contenu et à la longueur pré-réglée (**Fig.I.9**).

Les mannequins séparés des billettes coulées sont amenés par les rouleaux du train dans les dispositifs de reprise, puis retirés de la zone des trains de rouleaux. Les billettes tronçonnées sont acheminées par les trains de rouleaux jusqu'aux butées fixes. Le ripeur d'évacuation est actionné lorsqu'une billette de 12m de longueur par train de rouleaux. Ce ripeur amène les billettes dans la zone du refroidisseur réversible et revient ensuite en position de départ. Les billettes suivantes peuvent approcher du point de transfert dès que le ripeur a atteint sa position de départ.

Le cycle de poussage, tel que décrit ci-dessus, peut recommencer.

Sur le refroidisseur réversible, les billettes découpées sont retournées et acheminées à un rythme déterminé afin que le refroidissement se fasse uniformément sur toutes les faces.

La longueur du refroidisseur est prévue en fonction des besoins. Le refroidisseur réversible est suivi d'un ripeur à cliquets mettant en paquets les billettes arrivant individuellement du refroidisseur réversible.



Figure I.10- ripeur d'évacuation et refroidissement

Le ripeur à cliquets pousse les paquets constitués de 4 billettes sur le train collecteur à rouleaux. Ce dernier les transporte ensuite jusqu'à une butée fixe (**Fig. I .10**).

Un pousseur à cliquets pousse les paquets sur une courte grille de dépose où ils sont repris par un pont à électro-aimant (**Fig.1.11**)

Lorsque les opérations de coulée sont terminées, on ferme

la busette. La poche est ensuite retirée de la zone de coulée par le tourniquet.

L'acier solidifié et les restes de laitier sont retirés du répartiteur au moyen du pont (extraction des lous).

Les ouvertures des lingotières sont dégagées dès que le chariot porte-répartiteurs a quitté la position de coulée.

Dès que les dernières billettes tronçonnées ont quitté les trains de rouleaux d'évacuation, les mannequins passent des dispositifs de reprise sur ces trains de rouleaux. Les mannequins sont d'abord maintenus par les trains de rouleaux et ensuite par les rouleaux des extracteurs qui les engagent dans les lingotières.

Lorsque cette opération est terminée, le nouveau répartiteur préchauffé est amené en position de coulée et aligné pour la coulée suivante, celle-ci peut commencer dès la nouvelle poche est arrivée. Le répartiteur et le chariot porte-répartiteur sont conçus de manière à permettre un accès facile aux lingotières et une bonne vue à l'intérieure de celles-ci durant la coulée.

Une autre poche pleine est placée par le tourniquet en position de coulée ; la busette peut alors être ouverte (tiroir)



Figure I .11- stockage des billettes.

VII. Analyse et contrôle :

Pour avoir un produit (billettes) répond à l'exigence et les critères comme la composition physico-chimique et caractéristique mécanique des clients « LRB.LFR », et pour cela en fait des analyses et des contrôles à chaque phase dans les processus de fabrication et aussi pour minimiser les pertes.



Figure I.12- prise des échantillons



Figure I.13- analyse assisté par ordinateur

A- Analyse de la fonte et contrôle de la température :

Le procédé d'analyse se fait avant de mettre la fonte dans le convertisseur pour avoir quel traitement à besoin pour la rendre en acier. T : 1400 C° ou plus, et témoin important est la contenance en silicium SI : de 0,40 à 1,40



Figure I.14- échantillon de la fonte



Figure I.16-fourchette analysé

Date	Equipe	Coulée	PT	C	Mn	Si	P	S	Type	Nombre
09/04/2015	EQ/C	646	19						DEFECTUEUX	
									FONTES	1
Journée	Equipe	Coulée	PT	C	Mn	Si	P	S	Fontes	Nombre
30/04/2015	EQ/S	650	19	4,36	2,48	1,20	0,41	0,007	Fontes	1
									Fontes	1
Journée	Equipe	Coulée	PT	C	Mn	Si	P	S	Fontes	Nombre
11/04/2015	EQ/S	653	9	4,11	2,36	1,12	0,037	0,005	Fontes	1
Journée	Equipe	Coulée	PT	C	Mn	Si	P	S	Fontes	Nombre
11/04/2015	EQ/S	655	8	4,26	2,27	0,85	0,041	0,010	Fontes	1
									Fontes	1
									Fontes	1
Journée	Equipe	Coulée	PT	C	Mn	Si	P	S	Fontes	Nombre
12/04/2015	EQ/S	657	14	4,27	2,44	1,12	0,042	0,006	Fontes	1
Journée	Equipe	Coulée	PT	C	Mn	Si	P	S	Fontes	Nombre
									Fontes	1
Journée	Equipe	Coulée	PT	C	Mn	Si	P	S	Fontes	Nombre
									Fontes	1

Figure I.15- spectraux graphe

B- Analyse de l'acier cv :

Cette analyse se fait après la conversion de la fonte en acieret avant le traitement de la poche pour avoir les composons qui manque pour les rajouter à la phase de traitement, se fait avec la même machine (voir fig.17) et contrôle de la température.



Figure I.18- fourchette d'analyse

Élément	Unités	1	Moy
C	%	0,18452	0,18452
Mn	%	0,77007	0,77007
Si	%	0,15114	0,15114
P	%	0,0223	0,0223
S	%	0,0079	0,0079
Al	%	0,00151	0,00151
Cr	%	0,01960	0,01960
Mo	%	0,00000	0,00000
Bi	%	0,00499	0,00499
V	%	0,00260	0,00260
Cu	%	0,01960	0,01960
Ti	%	0,00056	0,00056
Nb	%	0,00212	0,00212
W	%	0,00115	0,00115
Sn	%	0,00128	0,00128
B	%	0,00016	0,00016
N	%	0,00737	0,00737
Fe	%	98,8045	98,8045
Al	Account	0,0416	0,0416

Figure I.17- échantillon de l'acier avant traitement

C- Analyse de l'acier après barbotage :

Cette analyse se fait pour voir est ce que le traitement est bien effectuier et que l'acier reprend aux caractéristiques demander par le client (LRB, LFR) et prise de la température T : 1700 C°

NUANCES	%C	%Mn	%Si	%P max.	%S max.	%Ni	%Cr	%Cu	%N max.	%C équil. max.	T° Poche	T° Rép.
F5	0,08 MAX	0,25=0,45	0,10=0,30	0,030	0,030						1630	1575
F8Z	0,06=0,10	0,40=0,60	0,10MAX	0,030	0,030						1635	1575
F10	0,06=0,10	0,40=0,55	0,10=0,18	0,025	0,025	0,120	0,120	0,120			1635	1575
RB24A	0,08=0,11	0,50=0,70	0,10=0,35	0,040	0,040						1625	1585
RB24B	0,12=0,15	0,70=0,90	0,10=0,35	0,040	0,040						1620	1580
ST37-2	0,14=0,22	0,50=0,80	0,10=0,40	0,040	0,040				0,01	0,50	1620	1580

Figure I.19-Fourchette d'analyse des nuances élaborées ACO2

En fait sondée la température de l'acier avec la coulée et en fait une dernière analyse, la prise de l'échantillon se effectue pendant la coulée pour voir est ce qu'elle répond au traitement et exigences du client.



Figure I.20–Échantillon Après Barbotage



Figure I.21- échantillon du coulé

D- analyse de la scorait :

- La scorait est enlever du convertisseur avant la verser d'acier à la poche et faire le traitement ;
- La scorait est bien broyé avec une machine spéciale ;
- Le produit est mélangé avec le CEREOX à des quantités bien déterminer ;
- Le mélange est ensuite formé comme une pastille et analysée.



Figure I.22– Instrument d'analyse scorait



Figure I.23– Échantillon de la scorait

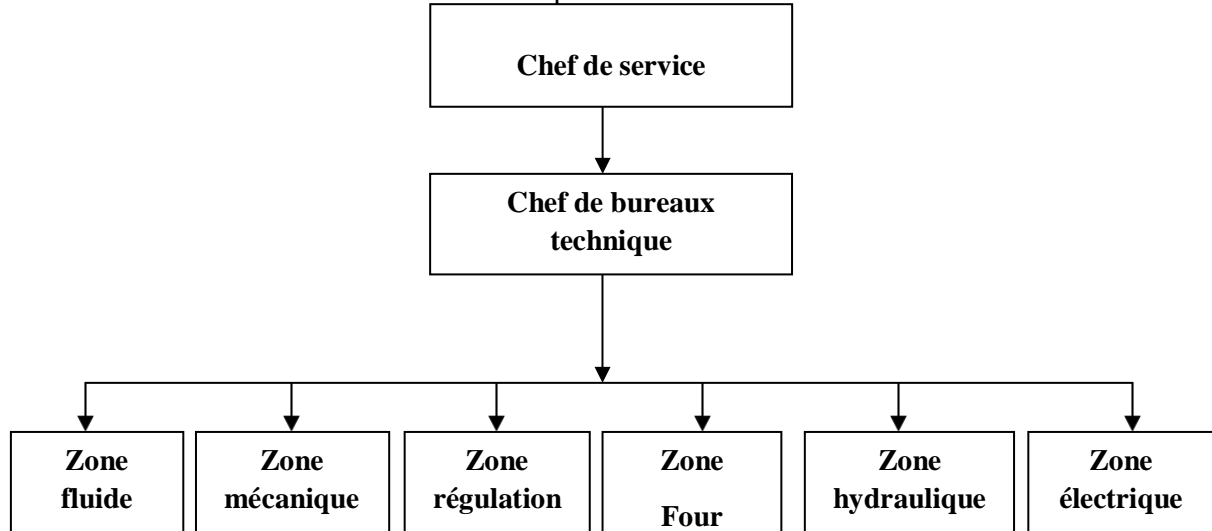
Contrôle de la billette : longueur et état des surfaces (fissure, homogénéité, défaut)

VIII. La maintenance

1 - Service de maintenance :

Situation du service maintenance dans l'entreprise :

Le service maintenance se situe dans l'entreprise comme suit :

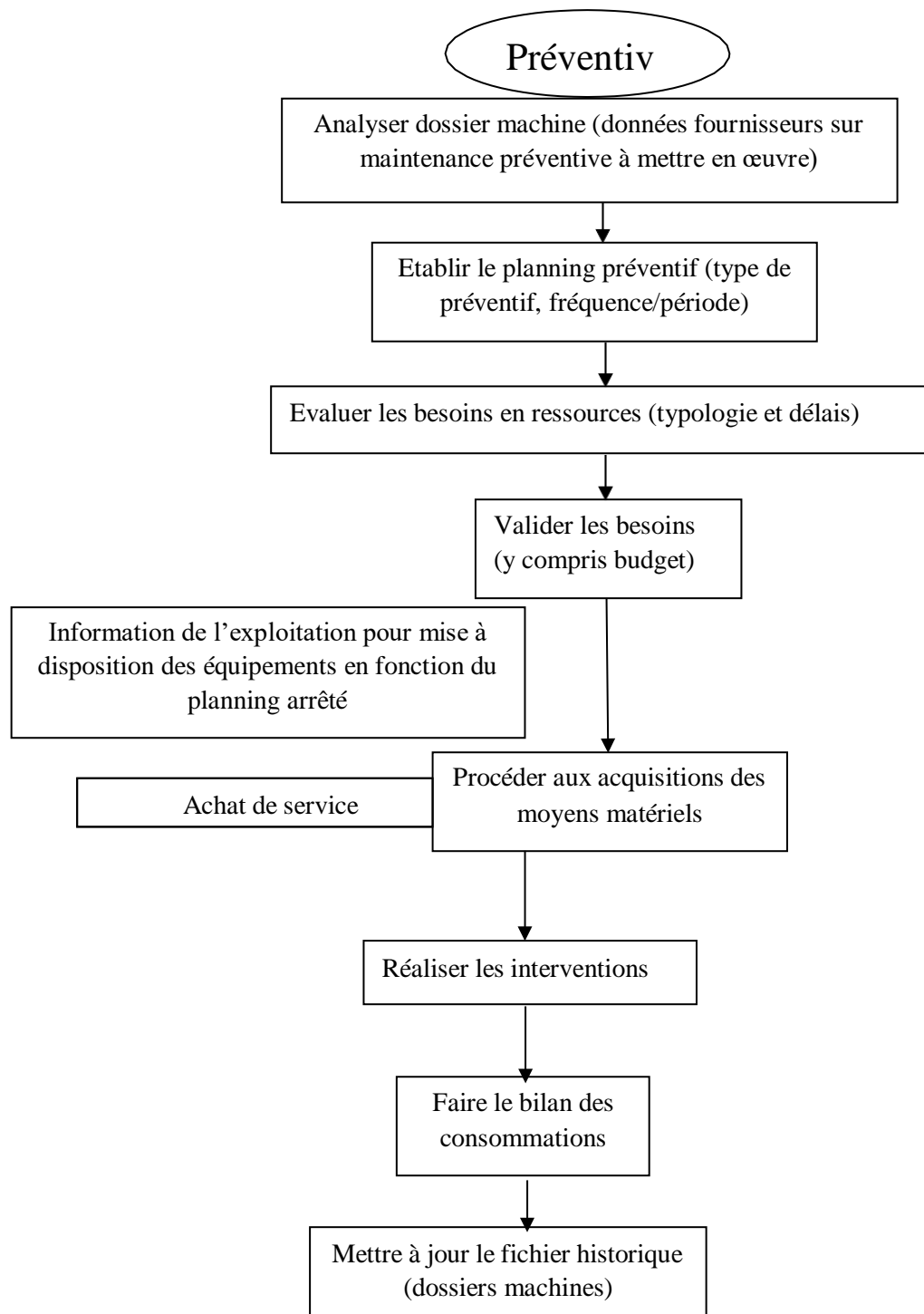


Situation de service maintenance dans l'entreprise

2- Politique de maintenance au niveau de l'ACO2 :

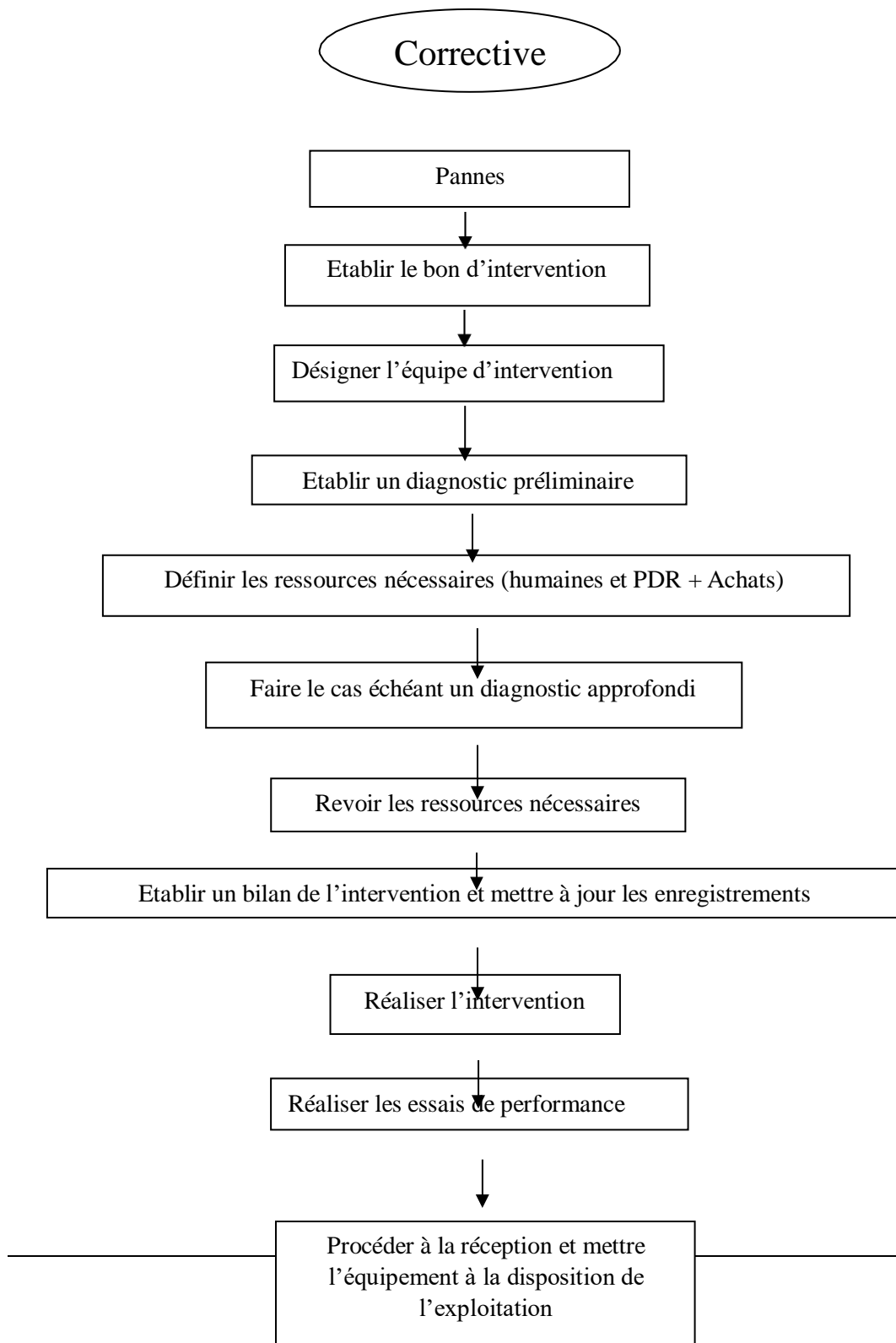
La politique de maintenance se décompose en deux domaines :

- A. La maintenance préventive :** qui consiste à intervenir sur un équipement avant que celui-ci ne soit défaillant par un Logigramme du processus de maintenance préventive :



B. maintenance corrective : Qui consiste à intervenir sur un équipement une fois que celui-ci est défaillant.

Logigramme du processus de la maintenance corrective



CHAPTRE II

Généralités sur la maintenance et l'étude FMD

II.1. INTRODUCTION :

La maintenance est un domaine essentiel dans de nombreux secteurs de l'industrie, des services et de l'infrastructure. Elle englobe toutes les activités visant à assurer le bon fonctionnement, la disponibilité et la durabilité des équipements, des machines, des installations et des infrastructures. La maintenance vise à prévenir les pannes, à réduire les temps d'arrêt non planifiés, à optimiser les performances et à garantir la sécurité des opérations.

II.1.1. DÉFINITION DE LA MAINTENANCE :

La maintenance peut être définie comme l'ensemble des actions et des activités entreprises pour assurer le bon fonctionnement, la disponibilité, la fiabilité et la durabilité des équipements, des machines, des installations et des infrastructures. Elle vise à prévenir les pannes, à détecter et à corriger les défaillances, et à maintenir les actifs dans un état optimal de performance.

II.1.2. RÔLE DE LA MAINTENANCE :

Le rôle de la maintenance est de garantir le bon fonctionnement, la disponibilité, la durabilité et la performance des équipements et des installations, tout en minimisant les risques, en optimisant les coûts et en assurant la sécurité des opérations. Elle est un pilier fondamental de la gestion des actifs et de la continuité des activités professionnelles.

II.1.3. L'OBJECTIF DE LA MAINTENANCE :

L'objectif principal de la maintenance est d'assurer le bon fonctionnement, la disponibilité, la fiabilité et la durabilité des équipements, des machines, des installations et des infrastructures. Voici les objectifs spécifiques de la maintenance :

1. Prévention des pannes et des défaillances
2. Optimisation de la disponibilité des actifs
3. Amélioration de la performance
4. Prolongation de la durée de vie des actifs
5. Gestion efficace des coûts
6. Garantie de la sécurité des opérations
7. Conformité aux réglementations et aux normes

II.1.4. Les niveaux de la maintenance :

Pour faciliter principalement la gestion des personnels affectés à la maintenance, on définit :

Niveau 1 : réglages simples sans démontage, rondes et surveillance pendant la marche.

Niveau 2 : dépannage par échange standard d'éléments prévus à cet effet et opérations Mineures.

Niveau 3 : identification et diagnostic de pannes, réparation ou remplacement d'éléments Fonctionnels.

Niveau 4 : travaux de maintenance corrective ou préventive nécessitant des démontages Importants.

Niveau 5 : rénovation, reconstruction, modifications importantes faisant appel à une main-D'œuvre qualifiée.

II.1.5. LE BUT DE LA MAINTENANCE :

Le but de la maintenance est de prévenir les pannes, d'optimiser la disponibilité, la performance et la durée de vie des actifs, de gérer les coûts

II.1.6. TYPES DE LA MAINTENANCE :

Il existe différents types de maintenance en fonction de leur objectif, de leur méthodologie et de leur planification. Voici les principaux types de maintenance :

- Maintenance corrective :

Maintenance exécutée après la détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état Dans lequel il peut accomplir la fonction requise. Cette maintenance corrective peut être Décomposée encore : la maintenance palliative et la maintenance curative.

- a. Maintenance palliative : l'action de dépannage permet de remettre provisoirement le Matériel à un niveau de performance acceptable mais inférieur au niveau optimal.
- b. Maintenance curative : l'intervention qui suit la défaillance permet le rétablissement du Niveau de performance optimal du matériel

- Maintenance préventive :

Les interventions de maintenance sont déclenchées avant les défaillances en fonction d'un Paramètre. On cherche alors à tendre vers un taux de défaillance nul en effectuant le

maintien du Niveau de performance requis avant l'apparition du défaut. Elle se décompose en deux branches principales et une branche secondaire :

- **Maintenance systématique :**

Le paramètre déclencheur est le temps, que ce soit le temps réel (quel que soit le temps de fonctionnement de la machine) ou le temps de marche. Les interventions sont déclenchées suivant un échéancier de visites intervenant avant la défaillance supposée.

- **Maintenance conditionnelle :**

Consiste à vérifier périodiquement l'état des pièces qui se dégradent et à n'intervenir que si l'état de dégradation est suffisamment avancé pour compromettre la fiabilité du bien. Elle nécessite des moyens de mesure ou de test permettant d'apprécier l'état de dégradation. L'évolution des capteurs de mesure (par exemple, les capteurs de vibrations) et des dispositifs d'analyse automatique (par exemple, l'analyse des huiles de graissage) associés aux télémessures et aux ordinateurs rendent cette politique plus accessible. Elle est très efficace, mais la gestion des ressources de maintenance est plus difficile et nécessite souvent le recours à l'ordinateur

- **Maintenance provisionnelle :**

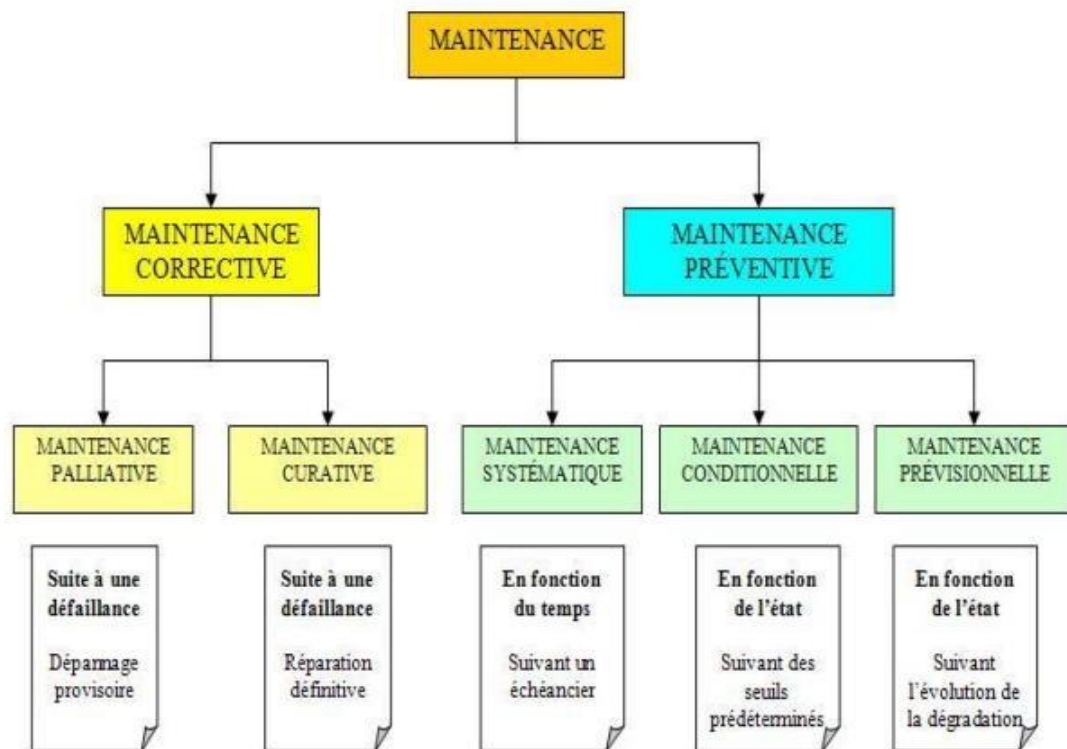


Figure II.1: Différents Types De Maintenance

II.1.7. Les opérations de maintenance :

- **Le dépannage :**

C'est une action ou opération de maintenance corrective sur un équipement en panne en vue la remettre en état de fonctionnement.

- **La réparation :**

C'est une intervention définitive et limitée de maintenance corrective après panne ou défaillance. L'équipement réparé doit assurer les performances pour les quelles il a été conçu.

- **Les inspections :**

Ce sont des activités de surveillance consistant à relever périodiquement des anomalies et exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique ni d'arrêt de l'outil de production ou des équipements.

- **Les visites :**

Ce sont des opérations de surveillance qui dans le cadre de la maintenance préventive systématique, s'opèrent selon une périodicité prédéterminée. Ces interventions correspondent à une liste d'opérations définis au préalable qui peuvent entrainer d'organes et une immobilisation du matériel.

- **Les contrôles :**

Ils correspondent à des vérifications de conformité par rapport à des données préétablies suivis d'un jugement. Le contrôle peut, comporter une activité d'information, inclure une décision, acceptation, rejet ajournement, déboucher comme les visites sur des opérations de maintenance corrective. Les opérations de surveillance (inspection, visite, contrôle) sont nécessaires pour maitriser l'évolution de l'état réel du bien, effectuées de manière continue ou a des intervalles prédéterminés ou non, calculés sur le temps ou le nombre d'unités d'usage.

- **Les révisions :**

Ensemble des actions d'examens, de contrôle des interventions effectuées en vue d'assurer le bien contre toute défaillance majeure ou critique, pendant un temps ou pour un nombre d'unités d'usage donné. IL est d'usage de distinguer suivant l'étendue de cette opération les révisions

partielles, des révisions générales. Dans les deux cas, cette opération implique la dépose de différents sous-ensembles.

II.2. Généralité sur les méthodes d'analyse FMD :

II.2.1. Arborescence et caractéristiques FMD d'un système réparable :

II.2.1.1. Les trois niveaux de l'arborescence concernés par FMD :

Les équipements industriels inventoriés sont tous des systèmes réputés « réparables » et à ce titre, pris en responsabilité par la maintenance. Les trois niveaux de caractérisation FMD d'un équipement sont regroupés au tableau ci-dessous :

	Propriétés	Caractéristique FMD
Ensemble	Toujours réparable	Disponibilité
Module	Réparable ou consommable	Maintenabilité et fiabilité
composant	Consumable, parfois réparable	Fiabilité

Tableau VIII-2 : Niveau de caractérisation FMD d'un équipement. [9]

II.3. Analyses FMD - indicateurs opérationnels :

II.3.1. Temps de fiabilité, maintenabilité et disponibilité :

La figure II.1 schématise les états successifs que peut prendre un système réparable.

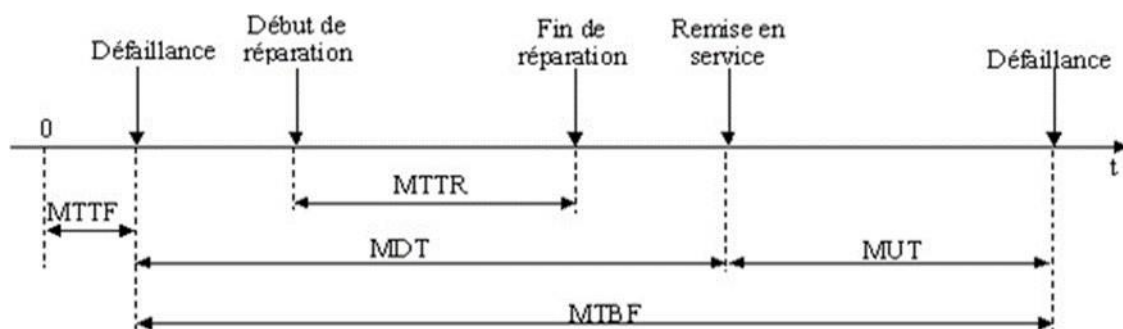


Figure VIII.3 : Les durées caractéristiques de FMD. [6]

En fait, les grandeurs portées par la figure sont des durées (TBF) auxquelles on fait correspondre des moyennes (MTBF) obtenues par exploitation statistique $m(t)$ ou probabiliste $E(t)$ des n durées constatées et enregistrées. Les sigles utilisés sont d'origine anglo-saxonne et correspondent aux notions suivantes :

- MTTF (mean time to [first] failure) : temps moyen avant-première défaillance ;
- MTBF (mean time between failure) : temps moyen entre deux défaillances successives ;
- MDT ou MTI (mean down time) : temps moyen d'indisponibilité ou temps moyen d'arrêt propre ;
- MUT (mean up time) : temps moyen de disponibilité ;
- MTTR (mean time to repair) : temps moyen de réparation.

Utilisation :

Dans cette analyse, le système ne peut prendre que deux états : 0 = il n'est pas opérationnel, ou indisponible ; 1 = il est opérationnel, ou disponible. Des analyses plus fines et plus complexes permettent d'intégrer un état intermédiaire nommé « mode dégradé », très utilisé en sûreté de fonctionnement. En maintenance, le choix d'un seuil d'admissibilité « s » permet de basculer de 1 à 0 face à une dégradation. MTTF est utilisée dans les systèmes « mono coup » ou non réparables. Dans ce cas : $MTTF = MTBF$. Dans les systèmes réparables, MTTF est un indicateur de qualité. Le premier TTF est à intégrer à la collecte des TBF. Nous proposons d'utiliser MTA (moyenne des temps d'arrêt) pour les temps d'arrêt relevés sous ce nom par la production. Et d'utiliser MTI (moyenne des temps d'indisponibilité propre) plutôt que MDT pour les temps d'arrêt de production imputable à la maintenance, l'équipement étant requis. MTI est important en gestion de la maintenance, puisque c'est le temps qu'il faut relever pour estimer les coûts indirects d'indisponibilité. Un cas fréquent se produit lorsque la $MTI = MDT \ll MUT$, il y a quasi-identité entre MUT et MTBF.

Par exemple : 15 minutes d'indisponibilité moyenne tous les trois mois. Notons que la francisation « moyenne des temps de bon fonctionnement » s'applique mieux, en toute rigueur, à la MUT qu'à la MTBF. La nature des MTBF et des MTTR est très différente : les TBF sont des temps d'activité machine, les TTR sont des temps d'activité humaine. [9]

II.4. Indicateurs de FMD :

Chacun des concepts FMD est défini rigoureusement par une probabilité $F(t)$, $M(t)$ et $D(t)$ quantifiable que nous étudierons dans chacun des chapitres qui leur est consacré. Des

indicateurs (ou estimateurs, en statistique) permettent une évaluation opérationnelle de ces grandeurs à partir de paramètres simples relevés sur site. Ils seront plus ou moins rigoureux, donc plus ou moins significatifs. [12]

II.4.1.1. Indicateurs de fiabilité :

Ils sont classés ici du plus approximatif vers le plus rigoureux.

- **N** : nombre de pannes : « ma voiture est souvent en panne, donc elle n'est pas fiable.
- **λ** : taux de défaillance moyen, exprimé en pannes/unité d'usage. Il est souvent supposé constant (hypothèse exponentielle dont la validité est toujours à vérifier). Dans ce cas, cet indicateur donne lieu à des analyses de fiabilité simples,
- **MTTF** : moyenne des temps de bon fonctionnement jusqu'à la première défaillance, dont la date d'arrivée est peu significative de la suite.
- **MTBF** calculée à partir d'une moyenne statistique d'un échantillon de n durées TBF.
- **R(t)** : fonction fiabilité (R vient de l'anglais reliability). C'est la fiabilité « stricte » définie comme la probabilité de bon fonctionnement d'un système à l'instant t, déterminée comme précédemment à partir d'un modèle probabiliste ajusté à un échantillon.
- **MTBF** calculée à partir de l'espérance mathématique de la variable aléatoire TBF en utilisant une loi de probabilité R(t) ajustée à un échantillon de n valeurs de TBF relevées.
- **$\lambda(t)$** : fonction taux de défaillance. Déduite de la fonction R(t), c'est un bon indicateur du comportement d'un système.

Dans tous les cas, le niveau de signification de l'indicateur dépendra de deux facteurs initiaux la taille N de l'échantillon collecté (d'où l'intérêt de regrouper des retours d'expérience comparables).

II.4.1.2. Indicateurs de maintenabilité [10] :

MTTR est l'indicateur de maintenabilité. Elle peut être obtenue par la moyenne statistique d'un échantillon de n valeurs TTR ou par l'espérance mathématique de la variable TTR obtenue à partir d'un modèle probabiliste. Notons que la durée d'intervention TTR n'est pas une donnée facile à acquérir, M(t) est la maintenabilité stricte. C'est la probabilité associée à un instant T d'une remise en état de fonctionnement. Elle est déterminée à partir d'un modèle probabiliste.

MTTR = Somme des temps de réparation / Nombre de réparations

- μ : représente le taux de réparation, si (μ) est constant au cours du temps alors :

$$\mu = 1 / \text{MTTR}$$

II.4.1.3. Indicateurs de disponibilité :

L'indicateur de base de la disponibilité opérationnelle est : $Dop = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR}) < 1$

Mais bien d'autres indicateurs peuvent être imaginés, plus ou moins rigoureux et choisis en fonction des données existantes.

Quelques exemples : $(TO - TA) / TO$ avec TO = temps d'ouverture et TA le cumul des temps d'arrêt, ou des temps d'arrêt imputés à la seule maintenance ;

MTBF-MTTR est un indicateur de disponibilité propre, MUT est un indicateur de disponibilité effective ; MTI est un indicateur d'indisponibilité propre.

❖ Remarque :

- **Disponibilité intrinsèque (D_i) :**

Définition : La disponibilité intrinsèque (D_i) est égale à la disponibilité précédente (D) en excluant la maintenance préventive et les délais logistiques. [11]

II.5. Tableau de synthèse des analyses FMD :

Arborescence d'un système	Caractéristique	Analyses correspondantes		
		R(t)	M(t)	D(t)
Ensemble	Réparable	MTBF	MTTR	Dop
	Non réparable (mono coup)	MTTF	×	×
Module interchangeable	Réparable	MTBF	MTTR	×
	Consommable	MTTF	×	×
Composant	Consommable	MTTF	×	×

Figure VIII.4 : les analyses FMD possible.

II.6. LA FIABILITE :

II.6.1. Définition de la fiabilité :

C'est aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise dans des conditions données, pendant une durée donnée. [13]

II.6.2. Objectifs de la fiabilité :

La fiabilité a pour objectif de :

- Déchiffrer une durée de vie ;
- Evaluer avec précision un temps de fonctionnement ;
- Déterminer la stratégie de l'entretien ;
- Choisir le stock. [12]

II.6.3. Les Principales lois de probabilité utilisées en fiabilité :

Dans les études de fiabilité des différents équipements, une variable aléatoire continue ou discrète peut être distribuée suivant diverses lois qui sont principalement :

- La loi exponentielle ;
- La loi de WEIBULL ;
- La loi normale ;
- La loi log-normale (ou loi de GALTON)
- La loi de POISSON ou loi de faibles probabilités.

II.6.3.1. Modèle de WEIBULL :

C'est la plus populaire des lois, utilisées dans plusieurs domaines (électronique, mécanique...). Elle permet de modéliser en particulier de nombreuses situations d'usure de matériel. Elle permet de caractériser le comportement du système dans les trois phases de vie, période de jeunesse, période de vie utile et période d'usure ou vieillissement. Dans sa forme la plus générale, la distribution de Wei bull dépend des trois paramètres suivants : β , γ et η . [11]

II.6.3.1.1. Les paramètres de Modèle de WEIBULL :

1. La densité de probabilité :

La densité de probabilité d'une loi de Wei bull a pour expression [14] :

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t-\gamma}{\lambda}\right)^{\beta-1} \cdot e - \left(\frac{t-\gamma}{\lambda}\right)^{\beta}$$

Où :

β est le paramètre de forme ($\beta > 0$)

η est le paramètre de d'échelle ($\eta > 0$)

γ est le paramètre de position ($-\infty \leq \gamma \leq +\infty$)

2.

La fonction de répartition :

La fonction de répartition s'écrit :

$$F(t) = 1 - e - \left(\frac{t-Y}{\lambda}\right)^\beta$$

3. La fonction de fiabilité R(t) :

La fonction de fiabilité s'écrit :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-Y}{\lambda}\right)^\beta}$$

4. Courbe de baignoire :

La figure schématisée suivante la courbe de baignoire

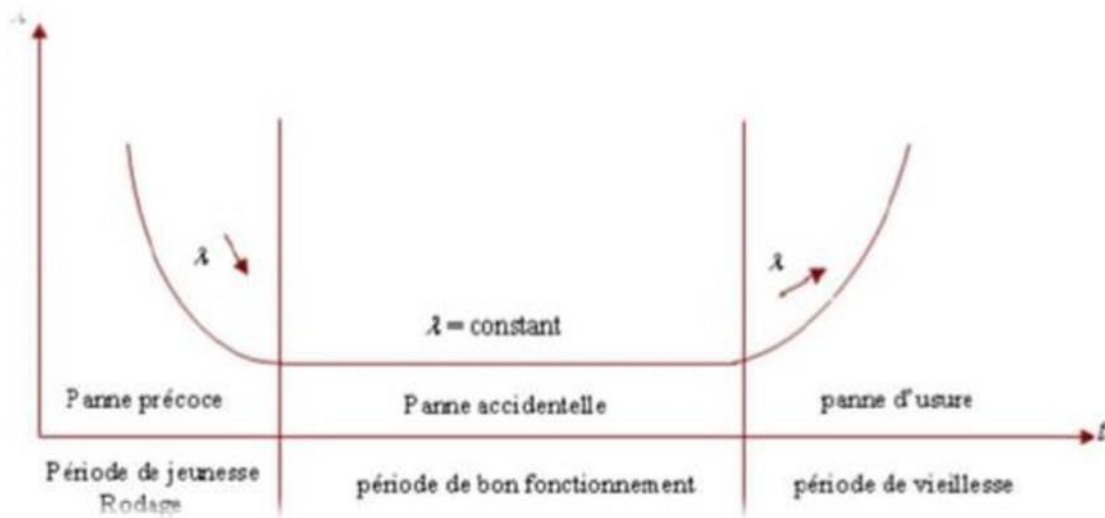


Figure VIII.5 : courbe de baignoire.

Paramètre de forme β

Comme indiquer ci- dessous :

Si $\beta > 1$, le taux de défaillance est croissant, caractéristique de la zone de vieillesse

- $1,5 < \beta < 2,5$: fatigue

- $3 < \beta < 4$: usure, corrosion

Si $\beta = 1$, le taux de défaillance est constant, caractéristique de la zone de maturité.

Si $\beta < 1$, le taux de défaillance est décroissant, caractéristique de la zone de jeunesse.

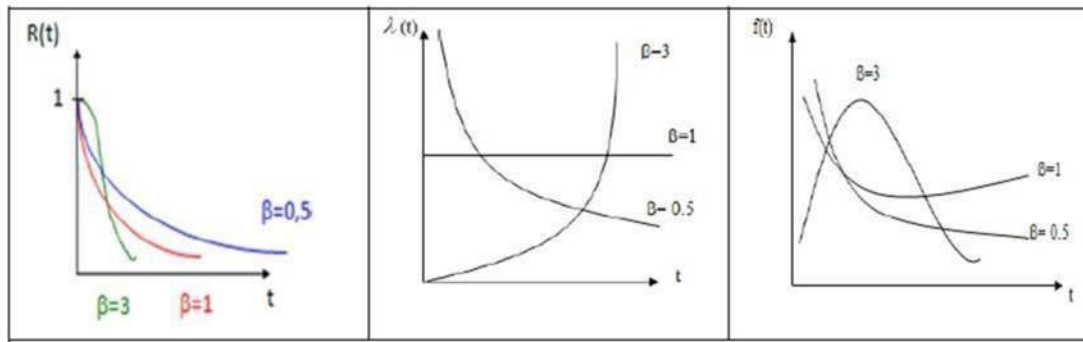


Figure VIII.6 : Variation de forme (β).

II.6.3.2. Domaine d'application :

La distribution de Weibull est souvent utilisée dans le domaine de l'analyse de la durée de vie, grâce à sa flexibilité car elle permet de représenter au moins approximativement une infinité de lois de probabilité.

de plus en plus de chances de tomber en panne quand le temps passe. [15]

II.6.3.3. Papier de Weibull :

Ce papier de Weibull sert à lire graphiquement les paramètres d'une loi de Weibull dans le cas où le paramètre γ est nul. En effet, la fonction de répartition associée à une loi de Weibull de paramètres $\beta, \gamma = 0, \eta$ est définie par :

$$f(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$$

$$\ln(1 - F(t)) = -\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta$$

$$\ln \left(-\ln(1 - F(t)) \right) = \ln \left(\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta \right)$$

Le paramètre se lit directement à l'intersection de la droite précédente avec l'axe des abscisses puisque celui-ci est gradué en échelle logarithmique.

II.6.3.4. Echelles utilisées sur le papier de Weibull :

Abscisse haute : échelle naturelle en X ;

Abscisse intermédiaire : échelle logarithmique (lecture du paramètre t) ;

Abscisse basse : échelle logarithmique (on fait correspondre à chaque valeur de t son logarithme népérien $\ln t$) ;

Ordonnée gauche : on place les valeurs de F(t) en pourcentage en échelle $\ln(-\ln(1 - F(t)))$;
Ordonnée sur l'axe X = -1 (lecture du paramètre) : ce sont les valeurs $\ln(-\ln(1 - F(t)))$;

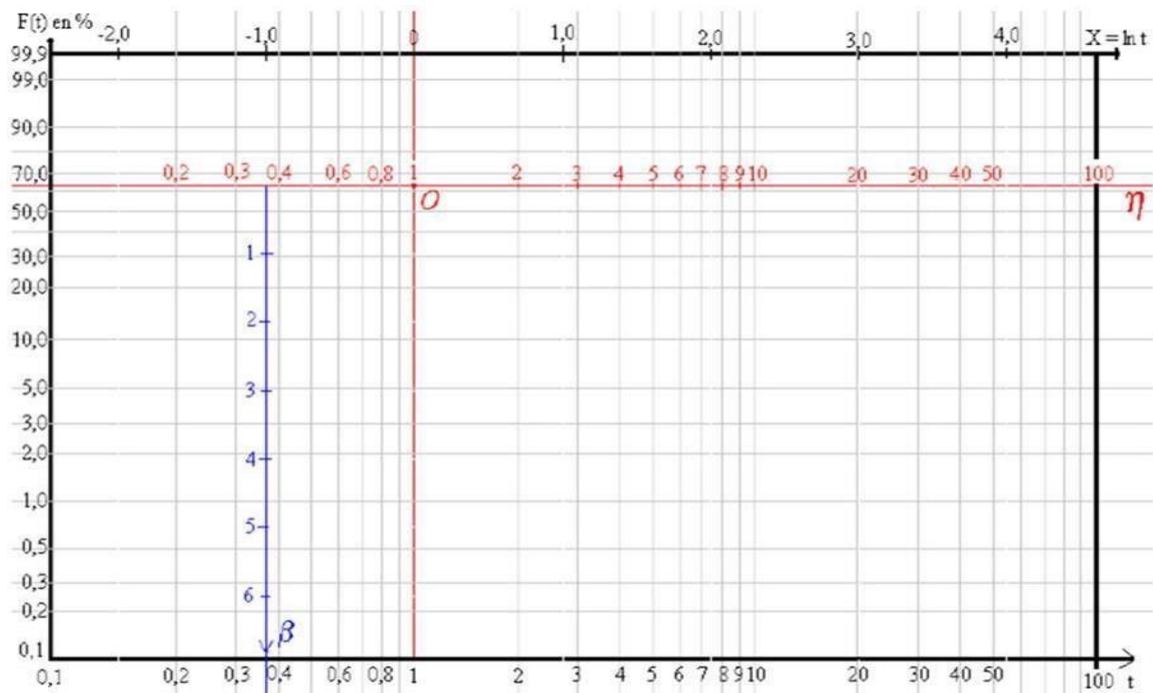


Figure VIII.7 : Papier de Weibull. [15]

II.6.4. La loi exponentielle :

En raison des applications multiples de cette loi qui n'est autre qu'un cas particulier de la loi de Weibull, on présentera dans ce qui suit un large développement de cette loi avec plusieurs applications.

Nous allons étudier des phénomènes physiques où la durée de vie est l'intervalle de temps écoulé entre l'instant de la mise en fonctionnement ou de la naissance, et l'instant de la première panne ou de la mort.

La plupart des phénomènes naturels sont soumis au processus de vieillissement. Il existe des phénomènes où il n'y a pas de vieillissement ou d'usure. Il s'agit en général de phénomènes accidentels. Pour ces phénomènes, la probabilité, pour un objet d'être encore en vie ou de ne pas tomber en panne avant un délai donné sachant que l'objet est en bon état à un instant t , ne dépend pas de t . Par exemple, pour un verre en cristal, la probabilité d'être cassé dans les cinq ans ne dépend pas de sa date de fabrication ou de son âge. Par définition, on dit qu'une durée de vie est sans usure si la probabilité de survie à l'instant t ne dépend pas de t . [15]

❖ Hypothèses :

- Le taux de défaillance $\lambda(t)$ est indépendant de l'âge du système.
- Pour le système qui opère sur demande, la panne à la n ème demande est indépendante de celles à la $n-1$ demande.

- Pour le système opérant en continu, ceci représente un $\lambda(t)$ constant

Les distributions relatives à cette loi sont représentées par les courbes de la figure en fonction du taux de défaillance d'un ou plusieurs composants supposés avoir un même λ

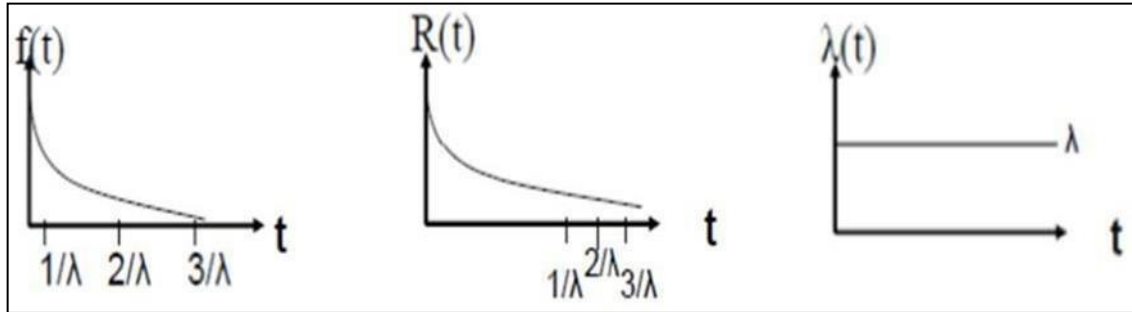


Figure VIII.8 : Distribution des fonctions de la loi exponentielle. [16]

II.6.5. La loi normale :

Cette loi est aussi appelée loi de Gauss, en l'honneur du grand mathématicien allemand Karl Friedrich Gauss (1777-1855).

La loi normale est la loi statistique la plus répandue et la plus utile, elle est utilisée afin d'approcher des probabilités associées à des variables aléatoires binomiales possédant un paramètre 'n' très grand. Elle représente beaucoup de phénomènes aléatoires. De plus, de nombreuses autres lois statistiques peuvent être approchées par la loi normale, tout spécialement dans le cas des grands échantillons.

Sa fonction de fiabilité est : $n(t) =$

$$n(t) = \frac{n}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t-\mu}{\sigma}}$$

Avec les paramètres de signification :

- μ : est la moyenne ;
- σ : l'écart type ;
- n : le nombre total d'individus dans l'échantillon ;
- $n(x)$: le nombre d'individus pour lesquels la grandeur analysée a la valeur x ;
- e : est la base de l'exponentielle.

II.6.6. La loi log normal :

On a pu voir que les valeurs possibles d'une variable aléatoire normale étaient l'ensemble des nombres réels. Pour une situation réelle ne pouvant prendre des valeurs négatives, on peut malgré tout utiliser une loi normale lorsque la Moyenne et l'écart type sont tels que la probabilité théorique d'avoir une valeur Négative est à toute fin pratique nulle.

En probabilité et statistique, une variable aléatoire X est dite suivre une loi log-normale de paramètres μ et σ si la variable $Y = \ln(X)$ suit une loi normale de paramètres μ et σ .

Une variable peut être modélisée par une loi log-normale si elle est le résultat de la multiplication d'un grand nombre de petits facteurs indépendants.

Sa fonction de probabilité est :

$$n(t) = \frac{n}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\log(t)-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Avec les paramètres de signification

- σ : l'écart type ;
- μ : c'est la moyenne.

II.6.7. Loi de Poisson :

Une variable aléatoire x suit une loi de « Poisson » si elle peut prendre les valeurs entières 0, 1, 2, 3...n. La probabilité pour que x soit égal à k est :

$$p(x = n) = e^{-\lambda} \cdot \frac{\lambda^n}{n!}$$

- λ : paramètre de la loi (constante positive).

II.7. MAINTENABILITE :

II.7.1. Définition de la maintenabilité :

C'est aptitude d'une entité à être maintenue ou rétablie dans un état dans lequel elle peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits. [18]

A partir de ces définitions, on distingue :

- **La maintenabilité intrinsèque** : elle est « construite » dès la phase de conception à partir d'un cahier des charges prenant en compte les critères de maintenabilité (modularité, accessibilité, etc.).

- **La maintenabilité prévisionnelle** : elle est également « construite », mais à partir de l'objectif de disponibilité.
- La maintenabilité opérationnelle : elle sera mesurée à partir des historiques d'interventions. L'analyse de maintenabilité permettra d'estimer la MTTR ainsi que les lois probabilistes de maintenabilité (sur les mêmes modèles que la fiabilité).

II.7.2. Objectifs de la maintenabilité :

- Exprime la capacité d'un système à être simplement et rapidement réparé ;
- Diminuer les temps et les coûts d'intervention ;
- Permet de réduire la durée des pannes ;

II.7.3. Les facteurs de maintenabilité :

La maintenabilité caractérise la facilité à remettre ou de maintenir un bien en bon état de fonctionnement. Cette notion ne peut s'appliquer qu'à du matériel maintenable, donc réparable.

« Les moyens prescrits » englobent des notions très diverses : moyens en personnel, appareillages, outillages, etc.

La maintenabilité d'un équipement dépend de nombreux facteurs :

Facteurs liés à la MAINTENANCE	Facteurs liés au CONSTRUCTEUR
<ul style="list-style-type: none"> - documentation - aptitude au démontage - facilité d'utilisation préparation et formation des personnels - moyens adéquats - études d'améliorations (maintenance méliorative) 	<ul style="list-style-type: none"> - conception - qualité du service après-vente - facilité d'obtention des pièces de rechange - coût des pièces de rechange

Tableau VIII.9 : Les facteurs de maintenabilité. [18]

❖ Remarque :

On peut améliorer la maintenabilité en :

- Développant les documents d'aide à l'intervention
- Améliorant l'aptitude de la machine au démontage (modifications risquant de coûter cher)
- Améliorant l'interchangeabilité des pièces et sous ensemble.

II.7.4. Critères de maintenabilité :

- **Accessibilité** :

Elle est caractérisée par la rapidité avec laquelle un élément peut être atteint. Elle doit être d'autant mieux maîtrisée que la fréquence probable des opérations de maintenance est grande. C'est le cas des filtres, des graisseurs, des points de réglage, de mesure, de surveillance, etc.

Dans certains cas, l'accessibilité peut être définie sur des bases réglementaires touchant à la sécurité (exemple : échafaudage) ou ergonomiques (dimensions de l'ouverture d'un « trou d'homme » ou d'une trappe de visite).

➤ **Déteçtabilité :**

Elle concerne la réduction des temps de localisation et de diagnostic, principalement pour les PC des équipements. Un logiciel de recherche et de localisation des défauts, les outils d'aide au diagnostic, une supervision, mais aussi un simple voyant ou le repérage des câbles et des points de mesure sont autant d'éléments de réduction des temps d'investigation. La réalisation d'une AMDEC amène le concepteur à évaluer le critère « déteçtabilité » et à proposer des solutions si nécessaire.

➤ **Démontrabilité :**

Elle concerne l'accès plus ou moins facile et plus ou moins rapide à des composants potentiellement « fragiles » et inaccessibles lorsque le sous-ensemble est monté. Elle se caractérise par des manœuvres rapides (portes de visites et capots avec verrous et charnières) demandant un minimum d'outils standards et facilitées par une documentation efficace (perspective éclatée montrant le fractionnement des éléments. [16])

II.7.5. Autres critères de maintenabilité :

Tout ce qui peut être intégré à la conception d'un équipement afin de faciliter sa maintenance ultérieure est un critère de maintenabilité. Il en est ainsi pour l'installation de compteurs d'unités d'usage, pour les taraudages permettant la fixation d'un accéléromètre de surveillance vibratoire, pour le repérage visuel des graisseurs, pour la présence d'un anneau d'élingage sur le bâti, etc.

- Le soutien logistique accompagnant l'équipement est également un critère de maintenabilité. Quelques exemples :

- La possibilité de dépannage par téléphone (télémaintenance) ;
- La formation des techniciens aux interventions correctives probables ;
- l'obtention rapide de pièces de rechange sans ambiguïté de références ;

La logistique de maintenance est distincte de la maintenabilité. Beaucoup d'éléments de la logistique de maintenance convergent avec les éléments de maintenabilité intrinsèque afin de

réduire les temps d'intervention et les coûts d'indisponibilité des équipements industriels.

Citons en particulier :

- la qualité de la documentation technique (DTE),
- la disponibilité des rechanges en stock interne,
- l'efficacité des moyens mis à disposition.

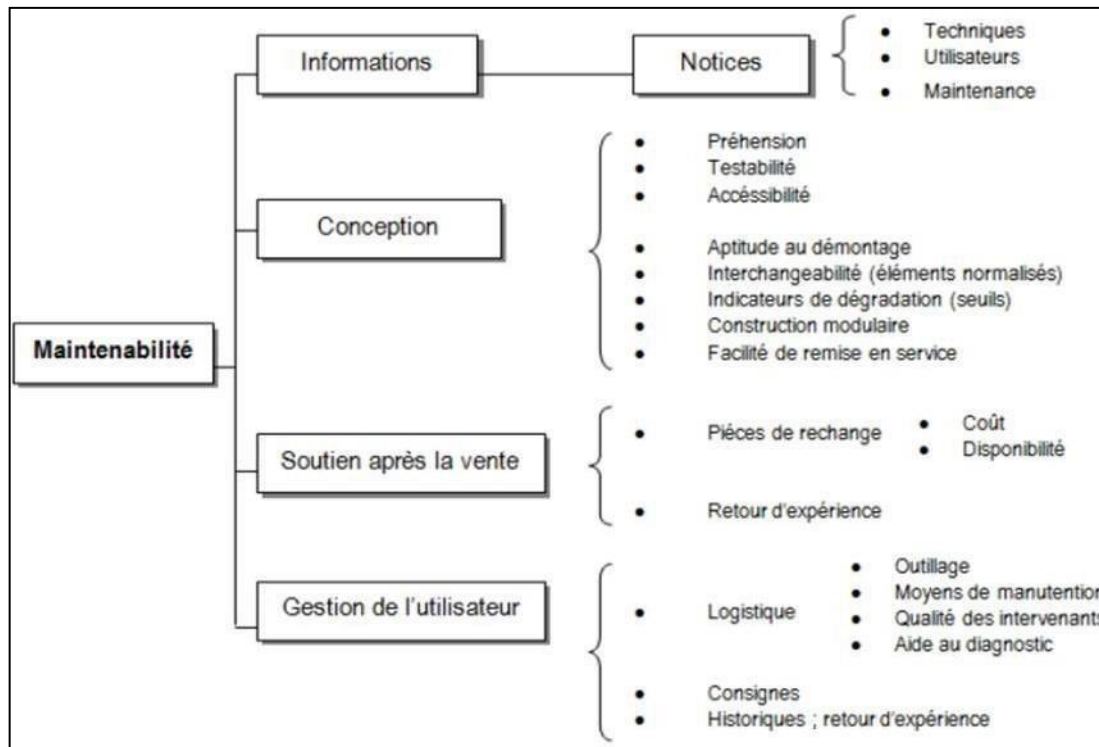


Figure VIII.10 : Les différents critères de maintenabilité. [17]

II.7.6. Analyse de la maintenabilité opérationnelle :

Comme pour la fiabilité, les analyses de Maintenabilité opérationnelle se justifient :

Dans le cadre d'une évaluation précise de la disponibilité opérationnelle d'un équipement.

Dans le cadre de la génération de standards de temps en interne afin d'améliorer l'ordonnancement ou de mieux maîtriser certains coûts directs.

Dans le cadre de la rédaction de clauses de maintenabilité quantifiées pour de futurs équipements.

Dans le cadre de la recherche d'amélioration permanente de l'efficacité des actions de maintenance.

Les analyses reposent sur le traitement d'échantillons de N durées d'intervention TTR collectées sur l'historique des interventions relatives à un équipement. Comme pour la fiabilité,

Ces données peuvent se rapporter à un système complet ou se limiter aux seules interventions sur un module sensible en particulier.

II.7.7. Approche mathématique de la maintenabilité $m(t)$:

La maintenabilité peut se caractériser par sa MTTR (Mean Time To Repair) ou encore Moyenne des Temps Techniques de Réparation :

$$MTTR = \frac{\sum \text{Temps d'intervention pour } n \text{ pannes}}{\text{nbrs de pannes}}$$

Les N valeurs de l'échantillon des durées d'intervention seront relevées à partir des bons de travaux complétés, puis portés sur l'historique d'un équipement, que ce soit sous une forme « papier » ou « écran ».

L'analyse de maintenabilité peut porter sur l'ensemble de l'équipement (afin de déterminer sa disponibilité opérationnelle le plus souvent), ou sur l'un quelconque de ses modules. C'est ainsi que sont élaborés par exemple les barèmes de temps de réparation automobile.

Il existe une analogie forte entre les notions de fiabilité et de maintenabilité. Les démarches d'analyse sont donc semblables :

La fonction de répartition est notée $M(t)$. Elle exprime la probabilité qu'une intervention ait une durée $TTR < t$, ou que le $M(t) = 1 - e^{-\mu t}$

Système en panne à $t = 0$ soit rétabli à t : $M(t) = \int_0^t g(t) \cdot dt = \text{prob}(TTR < t)$

De façon analogue au taux de défaillance, on définit un taux de réparation $\mu(t)$ tel que :

$$\mu(t) = \frac{g(t)}{1 - M(t)}$$

Tels que : $E(t) = MTTR = \tau = 1 / \mu$

II.8. DISPONIBILITE :

II.8.1. Définition de la disponibilité :

Aptitude à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données et à un instant donné.

II.8.2. Objectifs de la disponibilité :

- Avoir le moins possible d'arrêts de production ;

- Être rapidement remis en bon état s'il tombe en panne ;
- Facilité de remise en état.

II.8.3. Les facteurs de disponibilité :

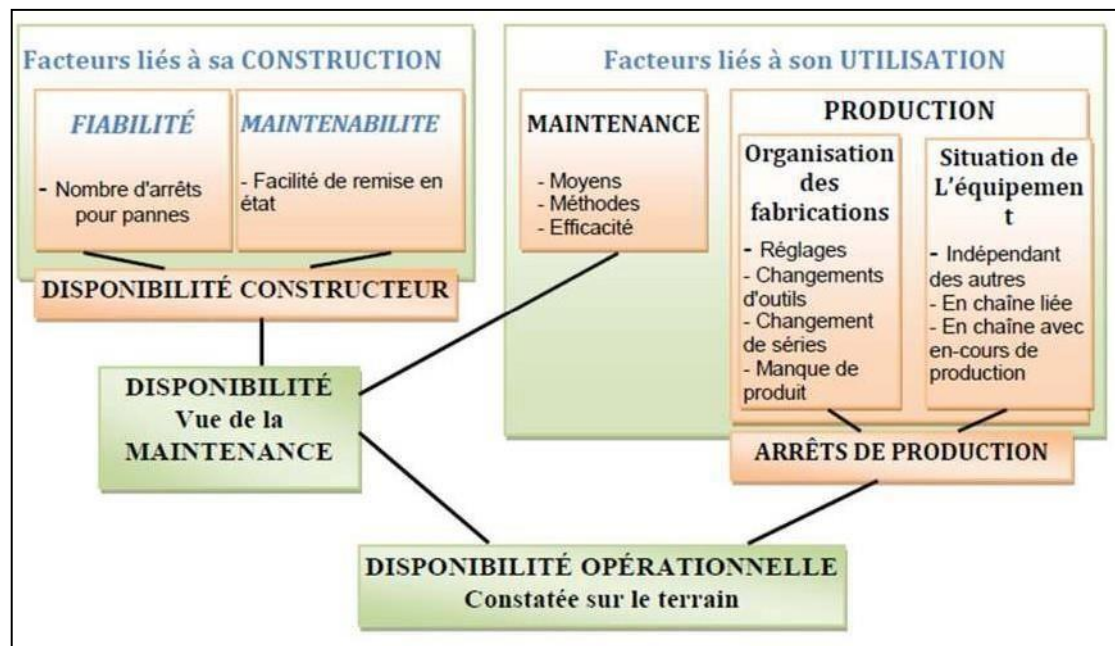


Figure VIII.11 : Les différents facteurs de disponibilité. [14]

La disponibilité allie donc les notions de fiabilité et de maintenabilité Augmenter la disponibilité passe par :

- L'allongement de la MTBF (action sur la fiabilité)
- La notion de le MTTR (action sur la maintenance)

II.8.4. Quantification de la disponibilité :

La disponibilité peut se mesurer :

- Sur un intervalle de temps donné (disponibilité moyenne),
- À un instant donné (disponibilité instantanée),
- À la limite, si elle existe, de la disponibilité instantanée lorsque $t \rightarrow \infty$ (disponibilité asymptotique).

La disponibilité moyenne sur intervalle de temps donné peut-être évaluée par le rapport suivant : $D_o = \text{temps de disponibilité} / \text{temps de disponibilité} + \text{de l'indisponibilité}$

OÙ : $D_o = TCBF / (TCBF + TCF)$

TCBF = temps cumulé de bon fonctionnement

Disponibilité intrinsèque :

Elle exprime le point de vue du concepteur. Ce dernier a conçu et fabriqué le produit en lui donnant un certain nombre de caractéristiques intrinsèques, c'est à dire des caractéristiques qui prennent en compte les conditions d'installation, d'utilisation, de maintenance et d'environnement, supposées idéales.

Disponibilité opérationnelle :

Il s'agit de prendre en compte les conditions réelles d'exploitation et de maintenance. C'est la disponibilité du point de vue de l'utilisateur.

Le calcul de D_o fait appel aux mêmes paramètres TBF, TTR et TTE sauf que ces 3 paramètres ne sont plus basés sur les conditions idéales de fonctionnement mais sur les conditions réelles (historiques d'exploitation).

II.8.5. Approche mathématique de la disponibilité

II.8.5.1. Modèles d'évaluation de D_{op} Disponibilité opérationnelle propre [18] :

Disponibilité opérationnelle propre :

$$\frac{MTBF}{MTBF + MTI} = \frac{MTBF + RT}{MTBF + MTTR + MTL} = \frac{MTBF}{MTBF + MMT}$$

- MTBF : moyenne des temps de bon fonctionnement
- MTI : moyenne des temps d'indisponibilité
- RT : « ready time » ou temps moyens d'attente, le système étant prêt à fonctionner
- MTL : moyenne des temps logistiques

$$D_{op} = \frac{T_o \cdot T_{ap}}{T_o} = \frac{TMc \cdot N}{TMc \cdot N + T_{ap}}$$

II.8.5.2. Modélisation de la disponibilité instantanée

On se place dans l'hypothèse exponentielle, avec les taux de défaillance λ et de réparation μ constants et indépendants du temps :

$$\mu = 1/MTTR$$

$$\lambda = 1/\text{MTBF}$$

On définit la disponibilité instantanée d'un système réparable par :

$$D(t) = \frac{\mu}{\mu + \lambda} + \frac{\lambda}{\mu + \lambda} e^{-(\mu + \lambda)t}$$

Disponibilité : $D(t) = P_0(t)$ Probabilité que le système fonctionne = probabilité qu'il y ait 0 défaillance. Indisponibilité : $I(t) = 1 - D(t) = P_1(t)$ + Probabilité de non fonctionnement = probabilité qu'il y ait une défaillance. [18]

La qualité initiale du système garantit que : $P_0(0) = 1$ que $P_1(0) = 0$.

Par complémentarité, $P_1(t) = 1 - P_0(t)$.

Quand $t \rightarrow +\infty$ tend vers une limite asymptotique D_∞ qui se traduit par les formules suivantes :

$$D_\infty = \frac{\mu}{\mu + \lambda} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} + \frac{1}{1 + \frac{\lambda}{\mu}} = \frac{1}{1 + \frac{\text{MTTR}}{\text{MTBF}}}$$

Le rapport (MTTR / MTBF) est appelé le « rapport de maintenance »

II.9. Conclusion

Dans ce chapitre on étudier L'analyse FMD (fiabilité, maintenabilité et disponibilité). Il se situe entre un texte de fiabilité, maintenabilité et disponibilité purement théorique pour toutes les parties principales de FMD. On sait que l'analyse de la fiabilité constitue une phase indispensable dans toute étude de sûreté de fonctionnement. A l'origine, la fiabilité concernait les systèmes à haute technologie (centrales nucléaires, aérospatial). Aujourd'hui, la fiabilité est devenue un paramètre clé de la qualité et d'aide à la décision, dans l'étude de la plupart des composants, produits et processus "grand public » : Transport, énergie, bâtiments, composants électroniques, composants mécaniques.

CHAPITRE III

Etude de levage auxiliaire du pont 704

III.1. Introduction

Dans ce chapitre en applique l'analyse FMD sur levage auxiliaire des pont 704 pour vérifier la disponibilité de la machine et aussi nous avons concentrons au grand problème qui nous causer la plus panne répétitive.

Et en fin en propose des solutions pour éviter la défaillance.

III.2. GÉNÉRALITÉS SUR LES PONTS ROULANTS

Les ponts roulants sont utilisés dans de nombreux secteurs industriels pour lever et déplacer des charges lourdes. Leur capacité de levage dépend de plusieurs facteurs, notamment :

- **Capacité nominale :**

Chaque pont roulant a une capacité de levage maximale spécifiée par le fabricant. Cette capacité est généralement exprimée en tonnes métriques (par exemple, 5 tonnes, 10 tonnes, etc.). Il est important de respecter cette limite de charge pour des raisons de sécurité.

- **Portée :**

La portée du pont roulant fait référence à la distance horizontale entre les supports du pont. Elle influe sur la capacité de levage, car plus la portée est grande, plus le pont roulant doit être conçu pour supporter une charge étendue sur une plus grande surface.

- **Hauteur de levage :**

Il s'agit de la distance verticale maximale sur laquelle le pont roulant peut soulever une charge. Elle est généralement mesurée depuis le point d'appui du crochet jusqu'au sol.

- **Classe de fonctionnement :**

Les ponts roulants sont généralement classés en différentes catégories en fonction de leur utilisation prévue et de leur durée de fonctionnement. Les classes de fonctionnement vont de légères (par exemple, 15 % du temps de fonctionnement à pleine charge) à sévères (par exemple, 50 % du temps de fonctionnement à pleine charge). La classe de fonctionnement affecte la capacité de levage, car un fonctionnement plus intensif peut nécessiter une réduction de la charge nominale.

Il est important de consulter les spécifications techniques du fabricant et de suivre les recommandations d'utilisation du pont roulant pour garantir un levage sûr et efficace des charges. De plus, les normes de sécurité et les réglementations locales peuvent également imposer des limites de levage spécifiques à respecter.

III.3. GÉNÉRALITÉS SUR LES LEVAGES

Les levages font référence à l'action de soulever et de déplacer des objets lourds à l'aide d'équipements spécifiques tels que des grues, des palans, des treuils, des ponts roulants.

Quelques généralités sur les levages :

- **Équipements de levage :**

Il existe une variété d'équipements de levage disponibles, adaptés à différents besoins et environnements. Les grues mobiles, les grues à tour, les ponts roulants, les chariots élévateurs, les treuils et les palans sont quelques exemples courants d'équipements de levage utilisés dans diverses industries.

- **Capacité de levage :**

Chaque équipement de levage a une capacité de levage spécifiée, qui indique la charge maximale qu'il peut soulever en toute sécurité. Cette capacité est déterminée par le fabricant et doit être respectée pour garantir la sécurité des opérations de levage.

- **Facteurs de sécurité :**

Les opérations de levage doivent toujours être effectuées conformément aux normes de sécurité appropriées. Cela implique de respecter les charges de travail sûres, de prendre en compte les conditions environnementales, d'utiliser des dispositifs de sécurité tels que les élingues, les harnais et les filets de protection, et de suivre des procédures d'exploitation appropriées.

- **Formation et certification :**

Les opérateurs d'équipements de levage doivent être formés et certifiés pour manipuler ces machines en toute sécurité. Ils doivent avoir une connaissance approfondie des techniques de levage, de l'utilisation de l'équipement, des facteurs de sécurité et des procédures d'urgence.

- **Inspection et entretien :**

Les équipements de levage doivent faire l'objet d'inspections régulières pour s'assurer de leur bon fonctionnement et de leur conformité aux normes de sécurité. Tout défaut ou dysfonctionnement doit être signalé et résolu immédiatement. De plus, un entretien adéquat est essentiel pour prolonger la durée de vie des équipements et maintenir leur performance optimale.

- **Réglementations locales :**

Les opérations de levage sont généralement régies par des réglementations et des normes de sécurité spécifiques propres à chaque pays ou région. Il est important de se conformer à ces réglementations pour éviter les accidents et les problèmes juridiques.

Il est essentiel de respecter les bonnes pratiques de levage et de sécurité pour prévenir les accidents, protéger les travailleurs et assurer l'efficacité des opérations de levage.

III.4. LE LEVAGE AUXILIAIRE DU PONT 704 :

Le pont 704 a une très grande importance sur notre installation qui est situer dans le hall de l'affinage son rôle est alimenter les trois cv par la ferraille après le chargement de la fonte liquide.

Le pont est composé de six mouvement (translation, direction principale, direction auxiliaire, levage principale, levage auxiliaire, levage auxiliaire secondaire).

Le levage auxiliaire et un levage électromagnétique ce type de levage utilise un champ magnétique généré par un électroaimant pour soulever et manipuler des objets ferromagnétiques tels que des pièces métalliques lourdes. Ce type de levage est largement utilisé dans l'industrie pour déplacer des charges lourdes de manière rapide et efficace.

L'électroaimant utilisé dans le levage électromagnétique est constitué d'un noyau en matériau magnétique doux (comme le fer) et d'une bobine de fil conducteur enroulée autour du noyau. Lorsqu'un courant électrique est appliqué à la bobine, un champ magnétique est créé, ce qui permet de générer une force de levage sur les objets ferromagnétiques.

L'avantage principal du levage électromagnétique est sa capacité à soulever des charges lourdes sans avoir besoin de mécanismes mécaniques complexes. Il permet également un contrôle précis du levage et du relâchement des objets, ce qui est utile lorsqu'une manipulation précise est requise. De plus, le levage électromagnétique ne nécessite pas d'attaches ou de crochets, ce qui facilite le processus de levage et de déplacement des objets.

Cependant, il convient de noter que le levage électromagnétique présente certaines limites. Il est efficace uniquement sur des objets ferromagnétiques et ne fonctionne pas sur des matériaux non magnétiques tels que l'aluminium, le cuivre ou le plastique. De plus, la capacité de charge maximale dépend de la puissance de l'électroaimant utilisé.

En raison de la nature électrique du levage électromagnétique, il est essentiel de prendre des précautions de sécurité appropriées lors de son utilisation. Cela peut inclure des mesures telles que l'isolation adéquate des circuits électriques, l'utilisation d'un contrôle de puissance approprié et le respect des réglementations en matière de sécurité sur le lieu de travail.

Il est important de noter que les réglementations et les normes concernant l'utilisation du levage électromagnétique peuvent varier d'une juridiction à l'autre. Par conséquent, il est recommandé de consulter les directives et les recommandations spécifiques de votre pays ou de faire appel à des professionnels qualifiés pour s'assurer d'une utilisation sûre et conforme de cette technique de levage.



Figure III.1 - levage auxiliaire du pont 704

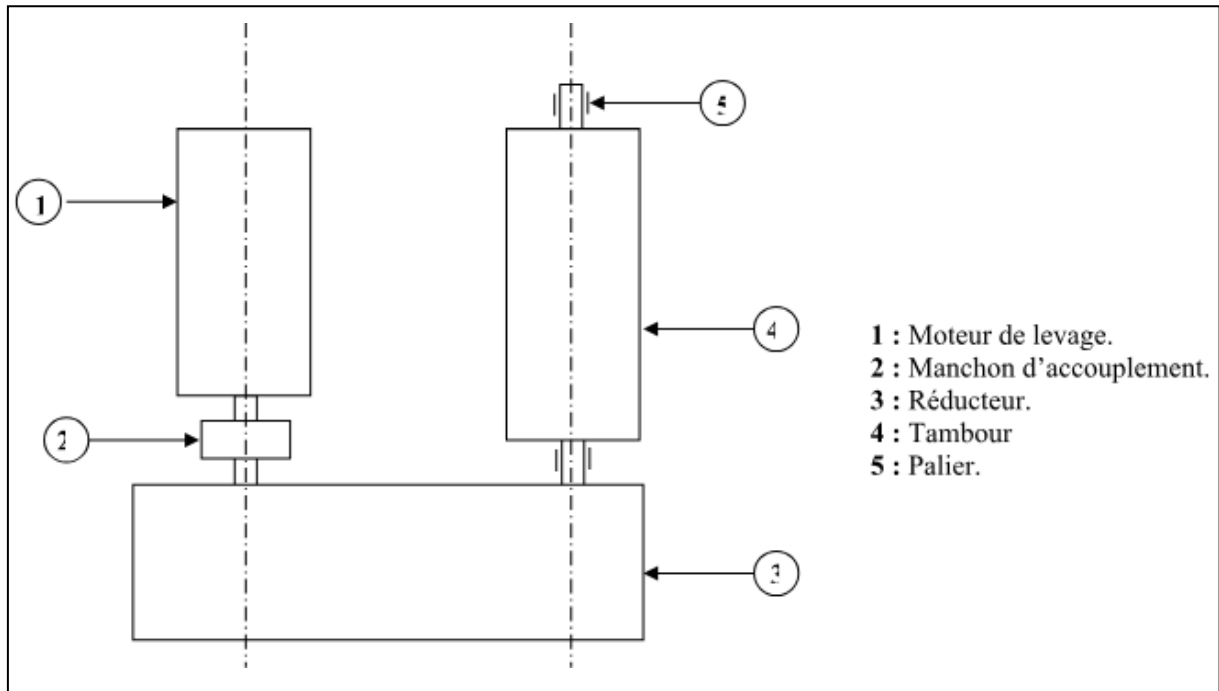


Figure III.2 – chaine cinématique du mécanisme de levage

III.5. Historique des pannes :

L'historique des données de levage du pont 704 pour 1 ans sont regroupée dans le tableau suivant :

Date de démarrage	Date d'arrêt	Installation	Travaux réalisés	Durée d'intervention (H)
11/01/2020	11/01/2020	Pont 704 levage auxiliaire	Réglage moteur a rotor bobiné	1,25
04/02/2020	04/02/2020	Pont 704 levage auxiliaire	Défaut sur direction de chariot	0,5
08/02/2020	08/02/2020	Pont 704 levage auxiliaire	Réglage moteur a rotor bobiné	0,5
09/02/2020	09/02/2020	Pont 704 levage auxiliaire	Défaut circuit de puissance	0,5
11/02/2020	11/02/2020	Pont 704 levage auxiliaire	Cisaillement des vise d'accouplement	0,5
14/02/2020	14/02/2020	Pont 704 levage auxiliaire	Défaut de fusible thyristor	0,47
23/02/2020	23/02/2020	Pont 704 levage auxiliaire	Réglage moteur de freinage	0,5
25/02/2020	25/02/2020	Pont 704 levage auxiliaire	Cisaillement des vise d'accouplement	0,72
28/02/2020	28/02/2020	Pont 704 levage auxiliaire	Dépannage levage	1,6
11/03/2020	11/03/2020	Pont 704 levage auxiliaire	Cisaillement des vise d'accouplement	0,5
15/03/2020	15/03/2020	Pont 704 levage auxiliaire	Réglage moteur de freinage	0,33
06/04/2020	06/04/2020	Pont 704 levage auxiliaire	Réglage system frein	0,33
09/04/2020	09/04/2020	Pont 704 levage auxiliaire	Réglage moteur a rotor bobiné	0,67
12/04/2020	12/04/2020	Pont 704 levage auxiliaire	Raccordement câble levage	0,67
16/04/2020	16/04/2020	Pont 704 levage auxiliaire	Cisaillement des vise d'accouplement	0,62
18/04/2020	18/04/2020	Pont 704 levage auxiliaire	Défaut circuit de puissance	0,65
23/04/2020	23/04/2020	Pont 704 levage auxiliaire	Défaut sur direction de chariot	0,6
25/10/2020	25/10/2020	Pont 704 levage auxiliaire	Réglage moteur a rotor bobiné	1,5
02/11/2020	02/11/2020	Pont 704 levage auxiliaire	Cisaillement des vise d'accouplement	6,5
04/11/2020	04/11/2020	Pont 704 levage auxiliaire	Réglage moteur de freinage	5
05/11/2020	05/11/2020	Pont 704 levage auxiliaire	Cisaillement des vise d'accouplement	7

12/11/2020	12/11/2020	Pont 704 levage auxiliaire	Réglage système de freinage	0,5
23/11/2020	23/11/2020	Pont 704 levage auxiliaire	Réglage moteur de freinage	5
01/12/2020	01/12/2020	Pont 704 levage auxiliaire	Défaut sur direction de chariot	7
06/12/2020	06/12/2020	Pont 704 levage auxiliaire	Cisaillement des vise d'accouplement	2,83
31/12/2020	31/12/2020	Pont 704 levage auxiliaire	Dépannage levage	2,5
05/01/2021	05/01/2021	Pont 704 levage auxiliaire	Défaut de fusible thyristor	0,5
11/01/2021	11/01/2021	Pont 704 levage auxiliaire	Raccordement câble levage	1,67
15/01/2021	15/01/2021	Pont 704 levage auxiliaire	Cisaillement des vise d'accouplement	1

Tableau. III.3. L'historique des données de levage.

Historique des pannes avec TTR et TBF :

Date de démarrage	Date d'arrêta	TTR	TBF
11/01/2020	11/01/2020	1,25	577
04/02/2020	04/02/2020	0,5	95
08/02/2020	08/02/2020	0,5	28
09/02/2020	09/02/2020	0,5	54
11/02/2020	11/02/2020	0,5	66
14/02/2020	14/02/2020	0,47	220
23/02/2020	23/02/2020	0,5	43
25/02/2020	25/02/2020	0,72	74
28/02/2020	28/02/2020	1,6	263
11/03/2020	11/03/2020	0,5	95
15/03/2020	15/03/2020	0,33	530
06/04/2020	06/04/2020	0,33	72
09/04/2020	09/04/2020	0,67	77
12/04/2020	12/04/2020	0,67	92
16/04/2020	16/04/2020	0,62	46
18/04/2020	18/04/2020	0,65	118
23/04/2020	23/04/2020	0,6	4439
25/10/2020	25/10/2020	1,5	192
02/11/2020	02/11/2020	6,5	52
04/11/2020	04/11/2020	5	26
05/11/2020	05/11/2020	7	167

12/11/2020	12/11/2020	0,5	258
23/11/2020	23/11/2020	5	194
01/12/2020	01/12/2020	7	122
06/12/2020	06/12/2020	2,83	601
31/12/2020	31/12/2020	2,5	115
05/01/2021	05/01/2021	0,5	149
11/01/2021	11/01/2021	1,67	77
15/01/2021	15/01/2021	1	359

Tableau. III.4 : Historique du levage avec TTR et TBF.

$$\text{TBF1} = [([\text{Date prochain d'arrêt}] - [\text{Date de début d'arrêt}]) * 24] - \text{TTR}$$

EX :

$$\text{TBF1} = (04/02/2020 - 11/01/2020) - 1,25 = 577\text{h}$$

III.5.1. Calcul les paramètres de weibul :

a) Trace de la droite de WEIBULL :

Le tableau suivant comporte les TBF levage par ordre croissant, et les F(i) levage par levage des rangs moyen $F(i) = n_i / n + 1$ (dans notre cas $20 < N < 50$) pour déterminer

Graphiquement les paramètres de WEIBULL (β, η, γ). ET on trace la courbe de WeiBull :

Rang	TBF	n_i	$\sum n_i$	$F(i) = \sum n_i / n + 1$	F(i)%
1	26	1	1	0,033	3,3
2	28	1	2	0,067	6,7
3	43	1	3	0,1	10
4	46	1	4	0,133	13,3
5	52	1	5	0,167	16,7
6	54	1	6	0,2	20
7	66	1	7	0,233	23,3
8	72	1	8	0,267	26,7
9	74	1	9	0,3	30
10	77	1	10	0,333	33,3
11	77	1	11	0,367	36,7
12	92	1	12	0,4	40
13	95	1	13	0,433	43,3

14	95	1	14	0,467	46,7
15	115	1	15	0,5	50
16	118	1	16	0,533	53,3
17	122	1	17	0,567	56,7
18	149	1	18	0,6	60

19	167	1	19	0,633	63,3
20	192	1	20	0,667	66,7
21	194	1	21	0,7	70
22	220	1	22	0,733	73,3
23	258	1	23	0,767	76,7
24	263	1	24	0,8	80
25	359	1	25	0,833	83,3
26	530	1	26	0,867	86,7
27	577	1	27	0,9	90
28	601	1	28	0,933	93,3
29	4439	1	29	0,967	96,7

Tableau. III.5: Résultats de calcul de F(ti)

A partir de papier de weibull ou logiciel Statistiques

On déduire les paramètres : β, η et γ

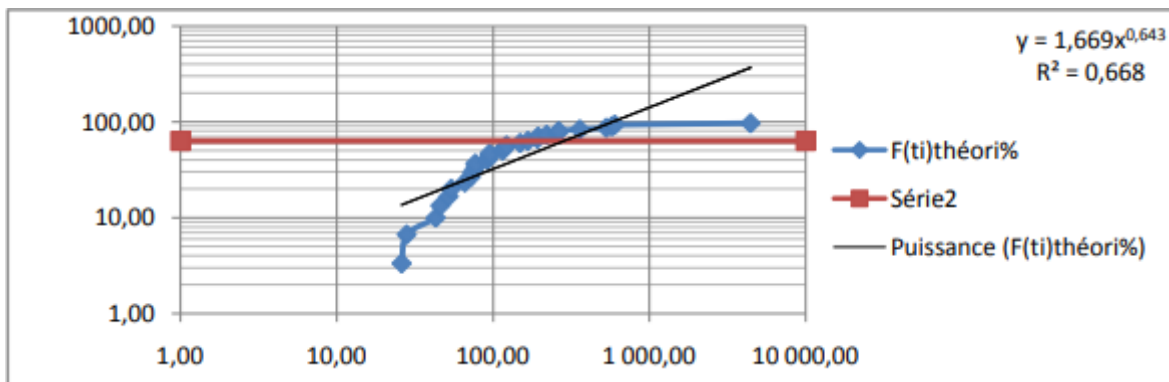


Figure III.6: papier de Wei Bull en logiciel statistica.

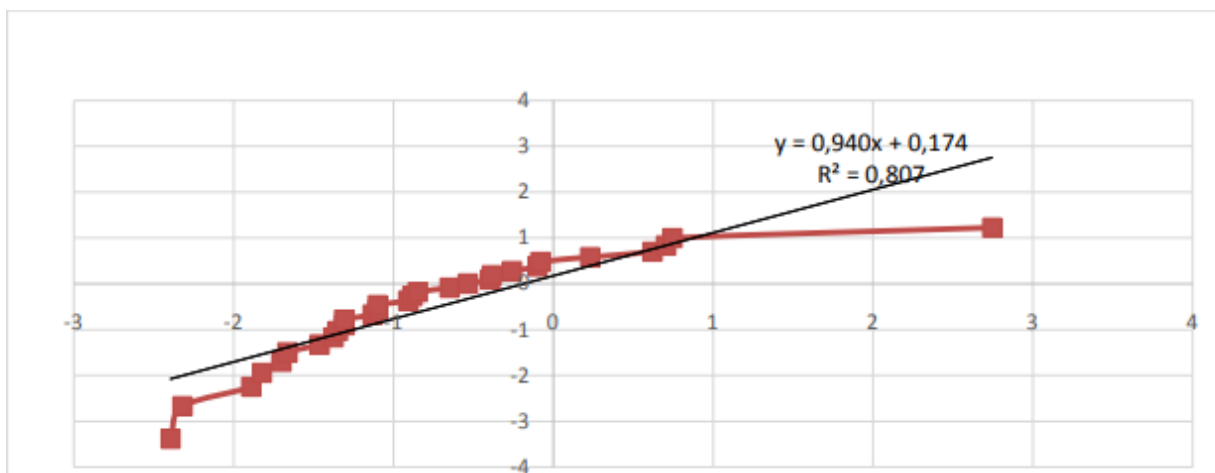


Figure III.7 : Papier de Wei Bull en logiciel statistica.

b) Recherche des valeurs des trois paramètres :

Utilise le papier de WEIBULL pour détermine β, η et γ .

$\gamma=0$ (Parce que on a une droite)

$\beta=0,94$

$\eta=\text{LN}(63,2)-\text{LN}(1,669) = 284,8\text{h } 0,643$.

c) Test (KOLMOGOROV SMIRNOV) :

Avant la validation de toutes les Loïs de fiabilité, il est nécessaire de tester l'hypothèse pour savoir si nous devons accepter ou rejeter le modèle proposé par le test de K-S avec un seuil de confiance de $\alpha = 20\%$. Ce test consiste à calculer l'écart entre la fonction théorique $F_e(t_i)$ et la fonction réelle $F(t)$ et prendre le maximum en valeur absolue D_n .max.

Cette valeur est comparée avec D_n . α Qui est donnée par la table de Kolmogorov Smirnov (Voir annexe1). Si D_n .max. $> D_n$. α on refuse l'hypothèse.

$D_{Nmax}=|F(i) - F(t)|$. $F(i) = n_i / n+1$ $20 < n$

$F(i) = n_i / n+1$ $20 < n$

$F(t) = 1-R(t)$

On montre que :

$D_n = \text{MAX} = |F(i) - F(t)|$. Suit une loi ne dépendant que de n et on écrit : $P [\text{MAX} = |F(i) - F(t)|$

Rang	TBF	F(ti) théorie	F(ti)	Dn max
1	26	0,033	0,1	0,067
2	28	0,067	0,107	0,04
3	43	0,1	0,156	0,056
4	46	0,133	0,165	0,032
5	52	0,167	0,183	0,016
6	54	0,2	0,189	0,011
7	66	0,233	0,224	0,009
8	72	0,267	0,24	0,026
9	74	0,3	0,246	0,054
10	77	0,333	0,254	0,079
11	77	0,367	0,254	0,113

12	92	0,4	0,292	0,108
13	95	0,433	0,3	0,133
14	95	0,467	0,3	0,167
15	115	0,5	0,347	0,153
16	118	0,533	0,354	0,179
17	122	0,567	0,363	0,204
18	149	0,6	0,42	0,18
19	167	0,633	0,454	0,179
20	192	0,667	0,499	0,168
21	194	0,7	0,502	0,198
22	220	0,733	0,544	0,189
23	258	0,767	0,598	0,169
24	263	0,8	0,605	0,195
25	359	0,833	0,712	0,121
26	530	0,867	0,834	0,033
27	577	0,9	0,855	0,045
28	601	0,933	0,867	0,066
29	4439	0,967	1	0,033

Tableau III.8: test de kolmogrov-smirnov

D'après la table de K-S:

$DN_{max} < DN_{\alpha}$ Ce qui veut dire que le modèle de WeiBull est accepté.

Nous avons pris la valeur maximale $DN_{max} = |F(i) - F(t)|$.

$DN_{max} = 0,2038$ tandis que $DN_{\alpha} = D17,0.20 = 0,3399$

$0,2038 < 0,339$ donc l'hypothèse du modèle de WeiBull est acceptable.

Le MTBF (Moyen de Tempe de bon fonctionnement):

Elle est donnée par la formule suivante :

$$MTBF = A \cdot \eta + \gamma.$$

$\beta=0,94$ alors d'après la table de valeur A et B en fonction de β on a:

$$[A=1,0234, B=1,07769 \text{ (voir annexe tab.2)}]; \gamma=0; \eta=284,8 \text{ h}$$

$$MTBF = 1,0234 \cdot 284,8 +$$

$$0 \text{ MTBF} = 291,46 \text{ h.}$$

1. Calcul de l'écart type :

$$\sigma = B \cdot \eta$$

$$\sigma = 1,07769 \cdot 284,8$$

$$\sigma = 306,92$$

Calculs des fonctions de MTBF :

a) La densité de probabilité en fonction de MTBF :

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^\beta} = 0,00118616 = 0,12\%$$

b) La fonction de réparation en fonction de MTBF :

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^\beta} = 0,64011858 = 64\%$$

c) La fiabilité en fonction de MTBF :

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - 0,64 = 0,36$$

$$R(\text{MTBF}) = 36\%$$

On remarque que la fiabilité de levage est faible.

III.5.2. Présentation des courbes $R(t)$, $f(t)$, $F(t)$, $\lambda(t)$:

a. Courbe de la densité de la probabilité $f(t)$:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^\beta} = 0,0011861 = 0,12\%$$

TBF	$f(t_i)$
577	0.00343
95	0.00339
28	0.00312
54	0.00307
66	0.00298
220	0.00295

43	0.00279
74	0.00272
263	0.0027
95	0.00266
530	0.00266
72	0.0025
77	0.00246
92	0.00246
46	0.00227
118	0.00224
4439	0.00221
192	0.00199
52	0.00186
26	0.00169
167	0.00168
258	0.00153
194	0.00133
122	0.00131
601	0.00093
115	0.00052
149	0.00045
77	0.00042
359	0.00005

Tableau. III.9: Résultat du calculs de $f(t)$

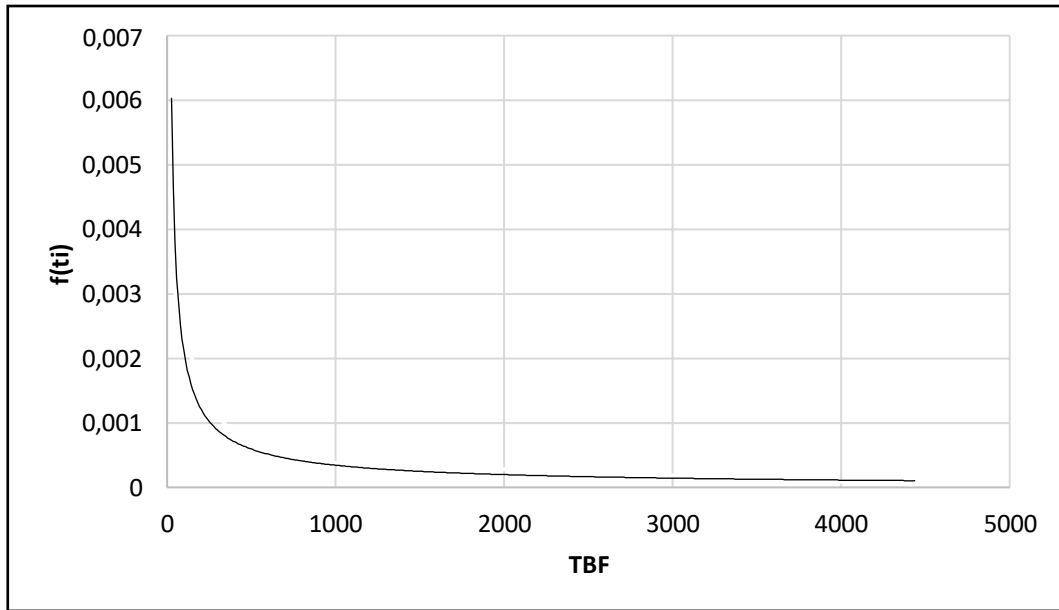


Figure III.10: La Courbe Densité De Probabilité.

Analyse de la courbe :

D'après cette courbe on remarque que la fonction $f(t)$ (densité de probabilité) diminue avec le l'évaluation de TBF.

b. Courbe fonction de répartition $F(t)$:

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

TBF	F(ti)
26	0,1
28	0,107
43	0,156
46	0,165
52	0,183
54	0,189
66	0,224
72	0,24
74	0,246
77	0,254
77	0,254
92	0,292
95	0,3

95	0,3
115	0,347
118	0,354
122	0,363
149	0,42
167	0,454
192	0,499
194	0,502
220	0,544
258	0,598
263	0,605
359	0,712
530	0,834
577	0,855
601	0,867
4439	1

Tableau. III.11: Résultat du calcul de $F(t)$

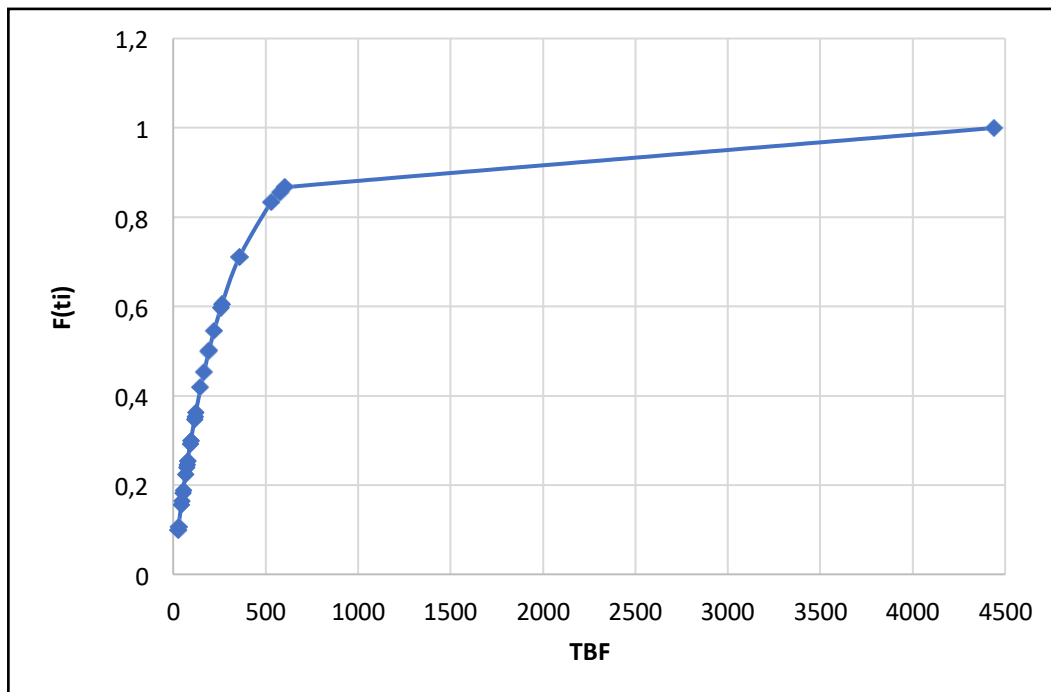


Figure III.12: La Courbe De Fonction Répartition

Analyse de la courbe :

La fonction de défaillance croissant en fonction de temps, et pour $t=MTBF$,

$$F(MTBF) = 0,64 = 64\%$$

La fiabilité :

La fonction fiabilité de Celle de répartition :

$R(t) = 1 - F(t)$, après calcul la fiabilité de la BEH aux temps $t=MTBF$, on déduit que la valeur n'est pas satisfaisante donc on peut dire que la BEH n'est pas fiable à $t=MTBF$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

$$R(t=MTBF) = 0,36$$

TBF	R(t)
577	0,9
95	0,893
28	0,844
54	0,835
66	0,817
220	0,811
43	0,776
74	0,76
263	0,754
95	0,746
530	0,746
72	0,708
77	0,7
92	0,7
46	0,653
118	0,646
4439	0,637
192	0,58
52	0,546
26	0,501
167	0,498
258	0,456

194	0,402
122	0,395
601	0,288
115	0,166
149	0,143
77	0,133
359	0,1

Tableau. III.13 : Résultat du calcul de R(t)

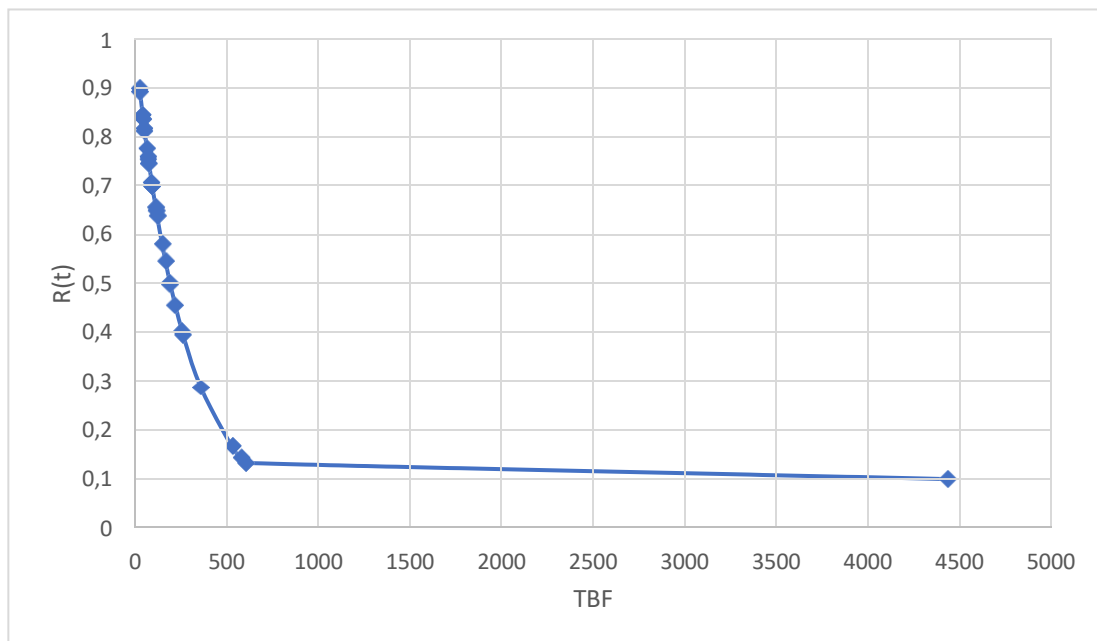


Figure III.14: La Courbe De la Fonction Fiabilité

Analyse de la courbe :

D'après le graphe, la fonction fiabilité diminue en fonction de la tempe avec une moyenne de $R(\text{MTBF}) = 36\%$

c. Courbe du taux de défaillance :

$$\lambda = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1}$$

$$\lambda(t=\text{MTBF}) = 0,0033 \text{ panne/heure}$$

TBF	λ
26	0,00381
28	0,00379
43	0,0037
46	0,00368
52	0,00366
54	0,00365
66	0,0036
72	0,00358
74	0,00358
77	0,00357
77	0,00357
92	0,00353
95	0,00353
95	0,00353
115	0,00349
118	0,00358
122	0,00347
149	0,00343
167	0,00341
192	0,00338
194	0,00338
220	0,00335
258	0,00332
263	0,00332
359	0,00326
530	0,00318
577	0,00316
601	0,00316
4439	0,0028

Tableau. III.15: Résultat du calculs de $\lambda(t)$

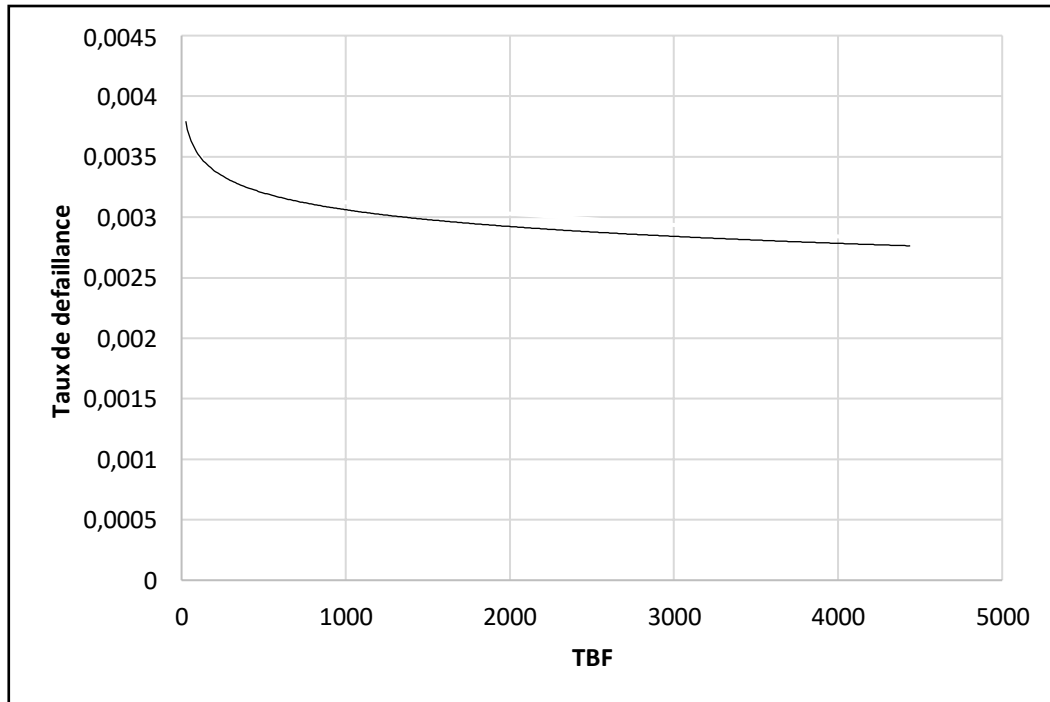


Figure III.16: Courbe du taux de défaillance.

Analyse de la courbe :

Le taux de défaillance est décroissant en fonction de temps. Cette diminution est considérée normale c.-à-d. pas rapide.

III.5.3. Calcul la Maintenabilité de levage :

III.5.3.1. Application de la Maintenabilité D'après l'historique des pannes de la turbine :

$$MTTR = \Sigma TTR / N.$$

TTR : temps de réparation.

N : nombre de panne.

$$MTTR = 54,91 / 29 = 1,89h.$$

Taux de réparation (μ):

$$\text{Avec } \mu = 1 / MTTR = 1 / 1,89 = 0,5281 \text{ intervention / heure.}$$

La fonction de maintenance :

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t}$$

$$M(TTR) = 1 - e^{-(0,5281 * 1,89)}$$

$$M(MTTR) = 0,6321 = 63\%$$

III.5.3.2. Les calculs de la fonction de Maintenabilité M(t) :

Nous avons calculé la fonction de Maintenabilité M(t), pour tracer la courbe (M(t), TTR).

TTR	M(t)	Pourcentage (%)
0,33	0,15990475	15,9904749
0,33	0,15990475	15,9904749
0,47	0,2197649	21,9764904
0,5	0,23202646	23,202646
0,5	0,23202646	23,202646
0,5	0,23202646	23,202646
0,5	0,23202646	23,202646
0,5	0,23202646	23,202646
0,5	0,23202646	23,202646
0,5	0,23202646	23,202646
0,5	0,23202646	23,202646
0,5	0,23202646	23,202646
0,5	0,23202646	23,202646
0,6	0,27152356	27,1523564
0,62	0,2791758	27,91758
0,65	0,2905037	29,0503702
0,67	0,29795656	29,7956562
0,67	0,29795656	29,7956562
0,72	0,316248	31,6248
1	0,41021664	41,0216642
1,25	0,48314867	48,3148666
1,5	0,54706199	54,7061987
1,6	0,57035672	57,0356722
1,67	0,58594646	58,5946464
2,5	0,7328647	73,2864698
2,83	0,7755809	77,5580902
3,33	0,82765207	82,7652071
5	0,92863873	92,863873
5	0,92863873	92,863873
6,5	0,96767777	96,7677768
7	0,97517738	97,5177381

Tableau III.17 : Résultat des calculs de Maintenabilité M(t)

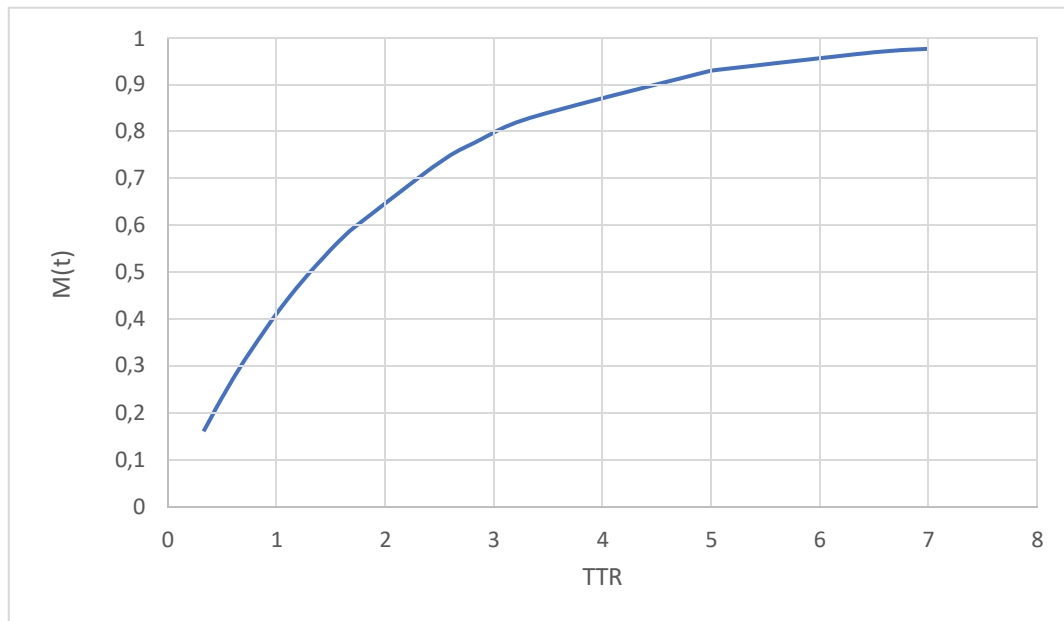


Figure III.18 : Courbe de la maintenabilité

Analyse de la courbe :

La Maintenabilité EST croissant en fonction de du temps de réparation, est $M(MTTR) = 63,21\%$ C'est-a-dire que la Maintenabilité exercée est bonne.

III.5.4. Étude de disponibilité

III.5.4.1. Application la disponibilité :

a) **Disponibilité intrinsèque à l'asymptotique :**

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{291,46}{(291,46 + 1,89)} = 0,9935$$

b) **Disponibilité instantanée :**

$$D(t) = \frac{\mu}{\mu + \lambda} + \frac{\lambda}{\mu + \lambda} e^{-(\lambda + \mu)t}$$

$$\lambda = 1/MTBF = 1/291,46 = 0,00343095$$

$$\mu = 1/MTTR = 1/1,89 = 0,52813695$$

$$D(MTBF) = 0,9935456 + 0,0064544 * 3,33638E-70 = 0,9935456 \quad D(MTBF) = 99,35\%$$

Rang	TTR	D(t)
1	0,33	0,99891223
2	0,33	0,99891223
3	0,47	0,99852408
4	0,5	0,99844459
5	0,5	0,99844459
6	0,5	0,99844459
7	0,5	0,99844459
8	0,5	0,99844459
9	0,5	0,99844459
10	0,5	0,99844459
11	0,5	0,99844459
12	0,6	0,99818862
13	0,62	0,99813904
14	0,65	0,99806564
15	0,67	0,99801736
16	0,67	0,99801736
17	0,72	0,99789888
18	1	0,99729054
19	1,25	0,99681885
20	1,5	0,99640585
21	1,6	0,99625541
22	1,67	0,99615477
23	2,5	0,99520771
24	2,83	0,99493295
25	3,33	0,99459851
26	5	0,99395214
27	5	0,99395214
28	6,5	0,9937037
29	7	0,99365615

Tableau III.19 : Tableau de disponibilité instantané.

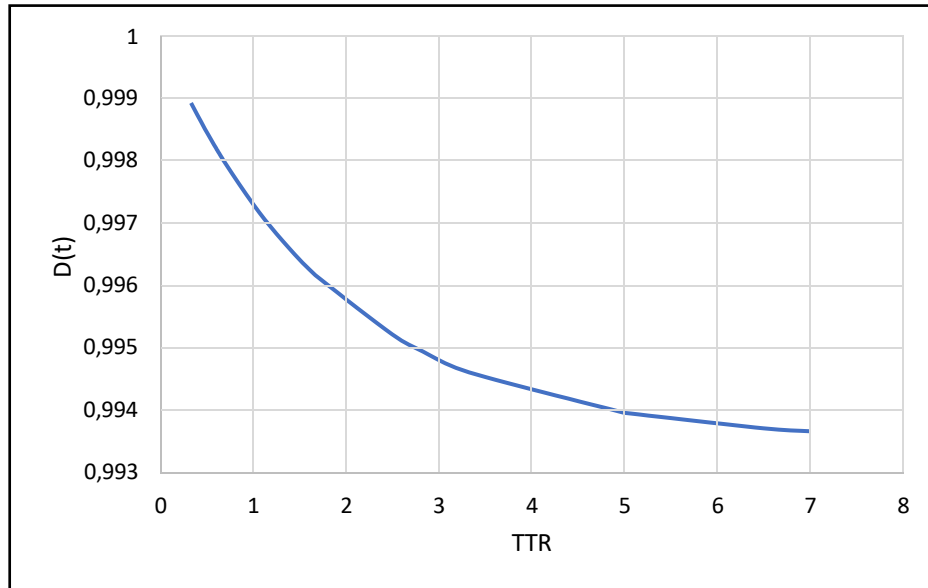


Figure III.20: La Courbe de disponibilité instantanée

Analyse de la courbe :

La disponibilité est décroissante en fonction de temps, pour augmenter la disponibilité d'une turbine consiste à diminuer le nombre de ses arrêts (augmenté sa fiabilité) et réduire le temps nécessaire pour résoudre les causes de ceux-ci (augmenté sa maintenabilité).

- Explication

On s'attend à ce que l'étude détaillée de FMD permette de choisir une meilleure politique de maintenance, permettant moins de temps d'arrêt, indisponibilité

Étant donné que la fiabilité est de 36%, c'est-à-dire qu'elle est très faible, il faut connaître la raison de la faible fiabilité de la machine.

III.6. L'histogramme des causes des pannes :

III.6.1. L'histogramme des causes des pannes en fonction de temps d'arrêt

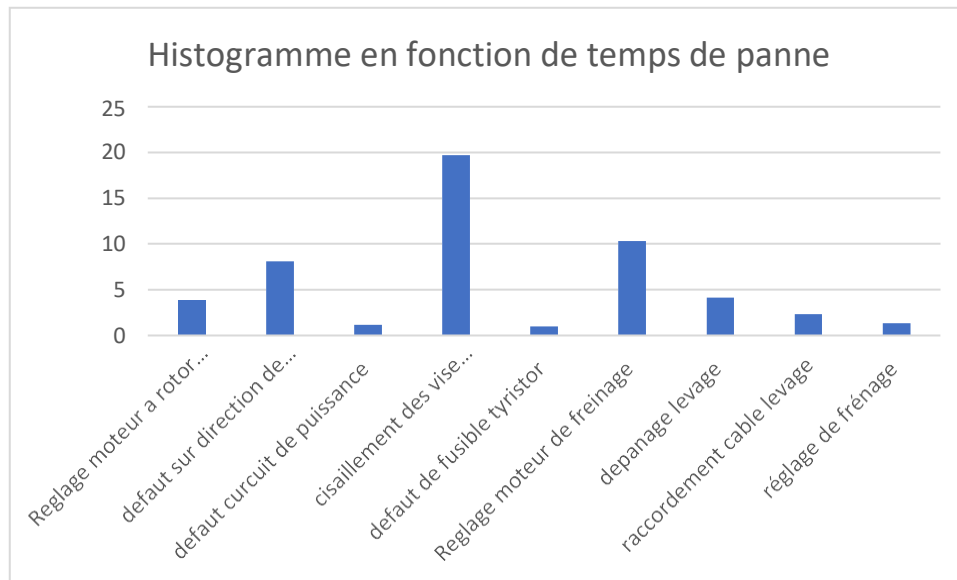


Figure III.21: L'histogramme des causes des pannes en fonction de temps d'arrêt.

III.6.2. L'histogramme des causes des pannes en fonction de nombre d'arrêt

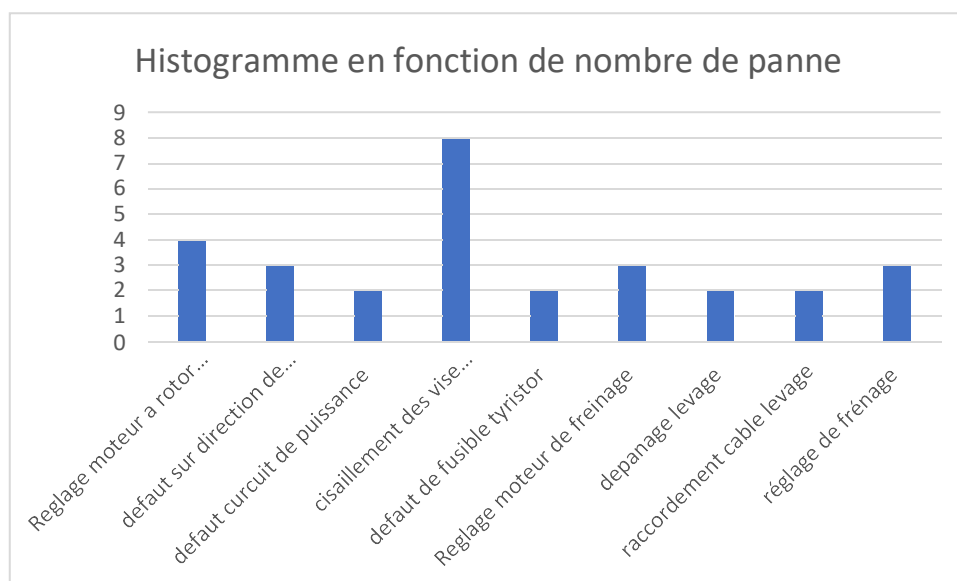


Figure III.22: L'histogramme des causes des pannes en fonction de nombre d'arrêt.

➤ **Interprétation :**

D'après les histogrammes des causes des pannes en fonction de temps d'arrêt et de nombre d'arrêt en a vu que le grand problème de cette machine à cause de cisaillement des vis d'accouplement.

III.6.3. Analyse du problème :

Ces vis et de matière de Acier42CD4 et il fabrique an l'atelier Magrébin de Maintenance (AMM).

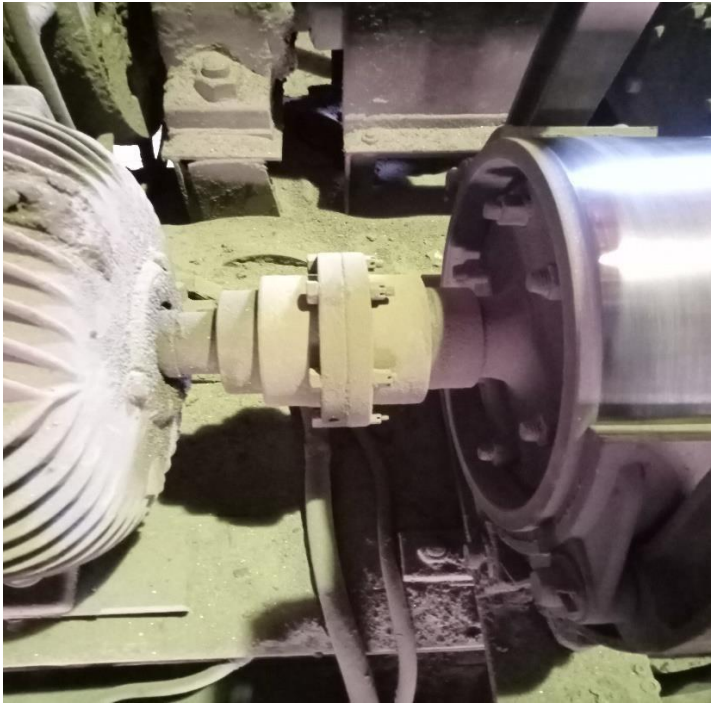
Des propriétés de cette matière :

Re : 500/900 (N/mm²)

Cette matière a une bonne trempabilité à l'huile. Bonne résistance au sue charge à l'état traite.

Les photos suivent la forme de ces vis et sa position dans l'accouplement de levage :





III.6.4. Calcule la contrainte :

On a :

- La vitesse : 10 m/min
- La puissance : 17 KW
- Diamètre : 180 mm

On a :

$$V = \omega * \frac{d}{1000}$$

Donc :

$$\omega = \frac{V * 1000}{d}$$

$$\omega = 55,56 \text{ rad/mn}$$

Et :

$$\omega = \frac{\pi * n}{30}$$

$$n = \frac{\omega * 30}{\pi} = 530 \text{ tr/min}$$

Le moment :

$$Mt = \frac{30 * P}{\pi * n}$$

$$Mt = 306,45 \text{ N} * \text{m}$$

$$Ft = Mt * \frac{d}{2}$$

$$F(t) = 27,58 \text{ N} * \text{m}$$

Calcul la section

$$S = \frac{\pi * d^2}{4}$$

$$S = 0,025 \text{ m}^2$$

Calcul la contrainte

$$\delta = \frac{Ft}{S}$$

$$\delta = 1103,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

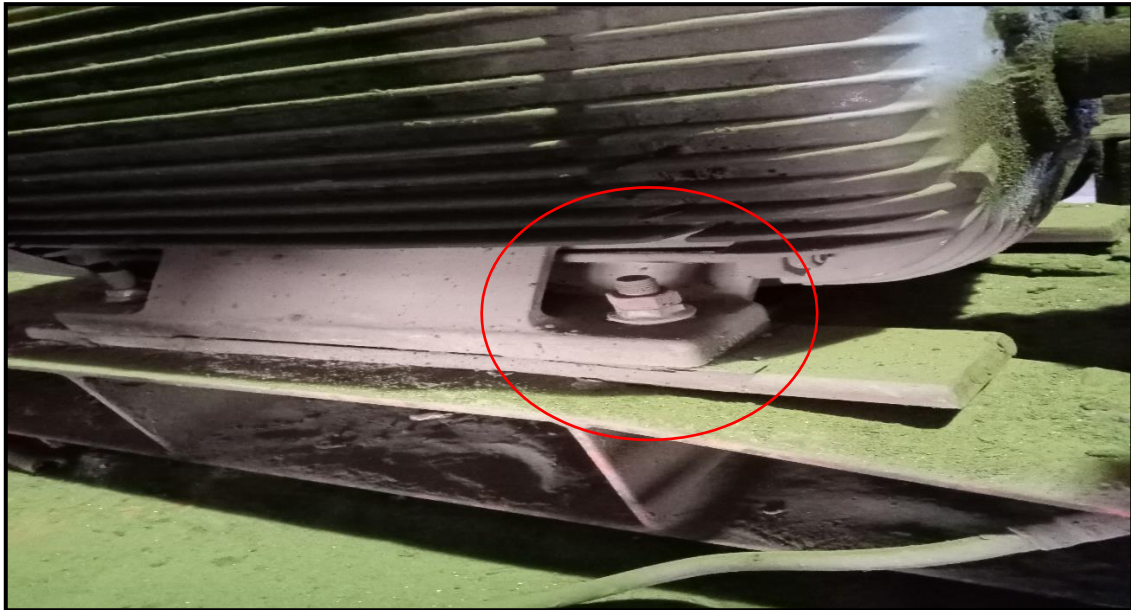
Coefficient de sécurité entre [1,5-2]

Donc

$$\delta * 1,5 > \text{Re} : 500/900 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

- Donc les vis sans cassé parce que la contrainte très élèves par rapport à la matière proposée par l'entreprise. En plus il y a un problème d'alignement qui va augmenter la contrainte puisque les vis sans décaler de leur position.

La photo suivante qui représente montre un support du bois sous le moteur électrique de levage (le bois ce n'est pas un métier résistant dans ce cas).



➤ **Proposition :**

D'après l'étude FMD et l'étude de l'histogramme je propose de chercher autre matière de la vis où pour la contrainte il faut sera inférieur ou égal à la contrainte admissible de la matière d'origine où soit par le traitement, soit par la matière correspondant et plus l'alignement il faut faire exact et aussi la surface du contact est importante.

III.7. Conclusion :

Au terme de notre étude, nous pouvant constate et conclure qu'il est très important de connaître la

Méthode de calcul de tous les équipements des levages avec une étude détaille des problèmes.

La validation des Lois de fiabilité nous Donne que 36% de fiabilité (faible fiabilité).

❖ CONCLUSION GÉNÉRALE

La productivité de l'entreprise et la fiabilité des équipements sont liées directement aux nœuds et dure des pannes répétitives des équipements.

La maintenance à l'ACO2 joue un rôle crucial dans la gestion des équipements et des systèmes, en assurant leur bon fonctionnement, en prolongeant leur durée de vie et en minimisant les temps d'arrêt. L'adoption de stratégies de maintenance préventive et prédictive peut aider à optimiser les performances et à réduire les coûts associés à la maintenance corrective.

Et nous souhaitons que cette étude continue pour améliorer la santé de machine, car FMD influence directement sur la production et la productivité.

❖ **Annexe 01** : Tableau de loi Kolmogorov-Smirnov [2]

N	Niveau significatif				
	0,2	0,15	0,1	0,05	0,01
1	0,900	0,925	0,950	0,975	0,995
2	0,684	0,726	0,776	0,842	0,929
3	0,565	0,597	0,642	0,708	0,828
4	0,494	0,525	0,564	0,624	0,733
5	0,446	0,474	0,510	0,565	0,669
6	0,410	0,436	0,470	0,521	0,618
7	0,381	0,405	0,438	0,486	0,577
8	0,358	0,381	0,411	0,457	0,543
9	0,339	0,360	0,388	0,432	0,514
10	0,322	0,342	0,368	0,410	0,490
11	0,307	0,326	0,352	0,391	0,468
12	0,295	0,313	0,338	0,375	0,450
13	0,284	0,302	0,325	0,361	0,433
14	0,274	0,292	0,314	0,349	0,418
15	0,266	0,283	0,304	0,338	0,404
16	0,252	0,274	0,295	0,328	0,392
17	0,250	0,266	0,286	0,318	0,381
18	0,244	0,259	0,278	0,309	0,371
19	0,237	0,252	0,272	0,301	0,363
20	0,231	0,246	0,264	0,294	0,356
25	0,210	0,220	0,240	0,270	0,320
30	0,190	0,200	0,220	0,240	0,290
35	0,180	0,190	0,210	0,230	0,270
>35	$\frac{1,07}{\sqrt{N}}$	$\frac{1,22}{\sqrt{N}}$	$\frac{0,188}{\sqrt{N}}$	$\frac{1,36}{\sqrt{N}}$	$\frac{1,63}{\sqrt{N}}$

❖ **Annexe 02** : Distribution de Weibull : valeurs des coefficients A et B en fonction du paramètre de forme. [2]

β	A	B	β	A	B	β	A	B
0,2	120	1 901	1,5	0,9027	0,613	4	0,9064	0,254
0,25	24	199	1,55	0,8994	0,593	4,1	0,9077	0,249
0,3	92,625	50,08	1,6	0,8966	0,574	4,2	0,9086	0,244
0,35	5,291	19,98	1,65	0,8942	0,556	4,3	0,9102	0,239
0,4	33,234	10,44	1,7	0,8922	0,54	4,4	0,9146	0,235
0,45	24,686	6,46	1,75	0,8906	0,525	4,5	0,9125	0,23
0,5	2	4,47	1,8	0,8893	0,511	4,6	0,9137	0,226
0,55	17,024	3,35	1,85	0,8882	0,498	4,7	0,9149	0,222
0,6	1,546	2,65	1,9	0,8874	0,486	4,8	0,916	0,218
0,65	13,663	2,18	1,95	0,8867	0,474	4,9	0,9171	0,214
0,7	12,638	1,85	2	0,8862	0,463	5	0,9162	0,21
0,75	11,906	1,61	2,1	0,8857	0,443	5,1	0,9192	0,207
0,8	1,133	1,43	2,2	0,8856	0,425	5,2	0,9202	0,203
0,85	1,088	1,29	2,3	0,8859	0,409	5,3	0,9213	0,2
0,9	10,522	1,17	2,4	0,8865	0,393	5,4	0,9222	0,197
0,95	1,0234	1,08	2,5	0,8873	0,38	5,5	0,9232	0,194
1	1	1	2,6	0,8882	0,367	5,6	0,9241	0,191
1,05	0,9803	0,934	2,7	0,8893	0,355	5,7	0,9251	0,186
1,1	0,9649	0,878	2,8	0,8905	0,344	5,8	0,926	0,165
1,15	0,9517	0,83	2,9	0,8919	0,334	5,9	0,9269	0,183
1,2	0,9407	0,787	3	0,893	0,316	6	0,9277	0,18
1,25	0,99314	0,75	3,1	0,8943	0,325	6,1	0,9266	0,177
1,3	0,9236	0,716	3,2	0,8957	0,307	6,2	0,9294	0,175
1,35	0,917	0,667	3,3	0,897	0,299	6,3	0,9302	0,172
1,4	0,9114	0,66	3,4	0,8984	0,292	6,4	0,931	0,17
1,45	0,9067	0,635	3,5	0,8997	0,285	6,5	0,9316	0,168
1,5	0,9027	0,613	3,6	0,9011	0,278	6,6	0,9325	0,166
1,55	0,8994	0,593	3,7	0,9025	0,272	6,7	0,9335	0,163
1,6	0,8966	0,574	3,8	0,9083	0,266	6,8	0,934	0,161
1,65	0,8942	0,556	3,9	0,9051	0,26	6,9	0,9347	0,15

Bibliographique

CHAPITRE 1

D'après l'unité ACO2 SIDE HADJAR

CHAPITRE 2

[9]P. Lyonnet . Ingénierie de la Fiabilité. Edition Tec et Doc, Lavoisie , Paris 2006.

[11] Jan Claude Lageron « cours de Fiabilité en Mécanique » M20S/IMdR2009 779 page

[12] Barge P. Evaluation et Validation de La Fiabilité et de la disponibilité des Systèmes D'Automatisation à Intelligence Distribuée, en Phase Dynamique. Thèse de Doctorat de l'UHPNancy 1, France, 2003

[13] Olivier Basile. Modélisation de la fiabilité des équipements mécaniques. Travail de fin D'études, Faculté Polytechnique de Mons, 2001.

[15]. Dragan Komljenovic, Structure de système et redondance, Cours Ecole de Technologie Supérieure, Université de Québec

[16]. Hathat Abdelkader, Deblaoui Hicham Mémoire (Etude analytique FMD d'une turbine DR990) université Kasdi Merbah – ouargla 2014/2015

[17]. Olivier Basile. Modélisation de la fiabilité des équipements mécaniques. Travail de fin D'études, Faculté Polytechnique de Mons, 2001.

[18]. P. Chapouille. Fiabilité. Maintenabilité. Techniques de l'ingénieur, 6 : T4300-T4305,