

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE

N° : MEI/05/2021



FILIERE : Electromécanique

OPTION : Maintenance des équipements

industriels

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Professionnel

Par : TALEB Ahmed Hashed Mohammed Aqel
AL-MAQTRI Ehab Tawfik Hasan Thabit

Intitulé

Etude de maintenance de la presse 1600T (Algal+)

Soutenu devant le jury composé de :

Pr GHEMARI Zine

Université de M'sila

Président

Dr DEFDAF Mabrouk

Université de M'sila

Rapporteur

Dr CHERIF Bilal Djamal Eddine

Université de M'sila

Examineur

Année universitaire:2021/2020

Remerciements

Nous remercions avant tout notre seigneur le tout puissant, le miséricordieux de nous avoir donnés la capacité, la volonté et la force afin de mener à bien ce projet de fin d'étude.

*Nous commençons par remercier Monsieur **DAFDAL MABROUK** qui nous a fait l'honneur d'être notre encadreur. Nous le remercions profondément pour son encouragement continue et aussi d'être toujours là pour nous écouter, nous aider et nous guider à retrouver Le bon chemin par sa sagesse et ses précieux conseils, Ainsi que son soutien moral et sa preuve de compréhension, ce qui nous a donné la force et le courage d'accomplir ce projet.*

Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

*Nous remercions aussi les ingénieurs et les techniciens d'ALGAL+ en particulier chef de dép. Maintenance **MUSTAPHA HAJI**.*

Nous remercions également les membres de jury qui nous font honneur en acceptant d'examiner et de juger notre travail

En fin, nous ne pouvons achever ce mémoire sans exprimer notre gratitude à tous les professeurs de département d'électrique, pour leur dévouement et leur assistance tout au long de nos études universitaires.

Dédicaces

J'ai toujours pensé faire où offrir quelque chose à mes parents en signe de reconnaissance pour tout ce qu'ils ont consenti comme efforts, rien que pour nous voir réussir, et voilà, l'occasion est venue.

*A mon Chèr Père **HASHED***

*A ma Chère Mère **BAHJAH***

A ceux qui nos ont donné la vie, symbole de beauté, et de fierté, de sagesse et de patience.

*A ceux qui sont la source de mon inspiration et de mon courage, à qui
je*

dois de l'amour et de la reconnaissance.

A mes frères et sœurs .

A tous mes amis, en particulier mon collègue et frère

Muhammad Muharram

◀TALEB AHMED▶

Dédicaces

أقدم شكري وامتناني لمن كانوا سبب في استمرار واستكمال مسيره حياتي
من وقفوا معي بأشد الظروف ومن حفزوني على المثابرة والاستمرار
الى من تركونا و القلب يتألم على فراقهم ابي و جدتي وعمتي رحمه الله عليهم
الى جدي وامي واخوتي الذين كانوا قوتي و سهلوا علي ايام غربتي
الى اعمامي وعماتي واخوالي وخالاتي وابنائهم
الى كل من لم يدخر جهدا في مساعدتي
الى كل الاصدقاء ومن كانوا برفقتي أثناء دراستي
الى كل من ذكره القلب ونسيه العقل.

المقطري ايهاب

Sommaire.....	i
Liste des Figures.....	vi
Liste des Tableaux.....	viii
Symboles.....	ix
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	2

CHAPITRE I

I. Introduction.....	5
I.1 Description de l'entreprise ALGAL PLUS.....	5
I.1.1 Présentation de la société ALGAL PLUS	5
I.1.2 Les activités de cette société	6
I.1.3 Cartographies des processus ALGAL PLUS.....	6
I.1.4 Les unités d'entreprise.....	7
I.1.5 Les étapes de fabrication	8
I.1.5.1 Unité de recyclage et valorisation.....	8
I.1.5.1.1 L'atelier de tri	8
I.1.5.1.2 La refonte	8
I.1.5.2 Le four de fusion	8
I.1.5.3 Le four d'homogénéisation	9
I.1.5.4 La chambre de refroidissement	10
I.1.5.5 Sciage et stockage des billettes.....	10
I.1.5.6 Unité d'extrusion	10
I.1.5.7 L'unité de l'anodisation et laquage	11
I.1.5.7.1 L'anodisation.....	11
I.1.5.7.2 Laquage de l'aluminium	11
I.2 Généralité de la maintenance	12

I.2.1 Définition de la maintenance	12
I.2.2 Le rôle de la maintenance.....	12
I.2.3 Les types de maintenance	13
I.2.3.1 La maintenance corrective.....	14
I.2.3.1.1 Maintenance palliative (Dépannage)	14
I.2.3.1.2 Maintenance curative	15
I.2.3.2 Maintenance préventive	15
I.2.3.2.1 La maintenance conditionnelle.....	15
I.2.3.2.2 La maintenance systématique	16
I.2.3.2.3 La Maintenance prévisionnelle.....	16
I.2.4 Autres types de maintenance	17
I.2.4.1 La maintenance d'amélioration.....	17
I.2.5 Opération de la maintenance	18
I.2.5.1 Opérations de la maintenance corrective.....	18
I.2.5.2 Opérations de la maintenance préventive.....	18
I.2.6 Choix de méthode de maintenance	19
I.2.7 Objectif de la maintenance	20
I.2.8 Les temps de maintenance.....	21
I.2.9 Les niveaux de la maintenance	22
I.2.10 Evolution de la maintenance	23
I.2.11 Conclusion.....	23

Chapitre II

II. Introduction.....	25
II.1 Analyse FMD.....	25
II.1.1 La fiabilité.....	25
II.1.1.1 Objectifs de la fiabilité	25

II.1.1.2 Les différents types de fiabilité.....	25
II.1.1.3 Paramètres nécessaires alla mesure de fiabilité	26
II.1.1.4 Les Principales lois de probabilité utilisées en fiabilité	27
II.1.1.5 Présentation du modèle de Weibull	27
II.1.1.5.1 Domaine d'utilisation.....	27
II.1.1.5.2 Expressions mathématiques.....	28
II.1.1.5.3 Préparation des données	30
II.1.1.5.4 Test de KOLMOGOROV- SMIRNOV.....	31
II.1.2 La maintenabilité	32
II.1.3 La disponibilité	32
II.1.3.1 Les type de disponibilités.....	32
II.2 Diagramme causes-effet (ou ISHIKAWA ou en ARETE DE POISSON).....	33
II.3 Méthode ABC (Diagramme Pareto).....	34
II.4 L'analyse de Arbre de défaillances	35
II.5 Analyse préliminaire des risques (APR)	35
II.6 L'analyse AMDEC	35
II.6.1 Principe de l'AMDEC	36
II.6.2 Types de l'AMDEC	36
II.6.2.1 AMDEC-Produit	36
II.6.2.2 AMDEC-Moyen de production.....	36
II.6.2.3 AMDEC-Procédé	36
II.6.3 Butes et objectif de L ' AMDEC	37
II.6.4 La méthode AMDEC a pour objectif aussi à.....	38
II.6.4.1 Terminologies	38
II.6.4.2 La grille de AMDEC	41
II.6.5 Démarche pratique de l'AMDEC	42
II.6.6 Avantages et inconvénients des méthodes AMDEC	43

II.7 Conclusion.....	43
 <u>Chapitre III</u> 	
Introduction	45
III.1 Etude FMD (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité).....	46
III.1.1 Calcul les paramètres de Wei bull	46
III.1.2 Test (Kolmogorov Smirnov).....	48
III.1.3 Exploitation les paramètres de WEIBULL	50
III.1.3.1 Le MTBF	50
III.1.3.2 La densité de probabilité en fonction de MTBF	50
III.1.3.3 La fonction de répartition en fonction de MTBF	50
III.1.3.4 La fiabilité en fonction de MTBF	50
III.1.3.5 Le taux de défaillance en fonction de MTBF.....	50
III.1.3.6 Calcul du temps souhaitable pour une intervention systématique	50
III.1.4 Étude de modèle de Wei bull	51
III.1.4.1 La fonction de la densité de probabilité.....	51
III.4.2 Fonction de répartition F(t)	52
III.1.4.3 La fiabilité	53
III.4.4 Le taux de défaillance	55
III.1.5 Calcul la Maintenabilité	56
III.1.6 Calcul la disponibilité	58
III.2 Méthodes d'analyse prévisionnelle « ABC (Pareto) »	60
II.3 Le diagramme de Pareto en N / Nt / t	61
III.3.1 Tableau de l'indice de fiabilité N	61
III.3.2 Tableau de l'indice de l'indisponibilité Nt	63
III.3.3 Tableau de l'indice de maintenabilité t	64
III.4 Etude AMDEC.....	65

III.4.1 Définition du critère G, F, N	65
III.4.2 Tableau AMDEC de la presse 1600T.....	67
III.4.3 Classement les résultants de criticité.....	73
III.4.4 Classification des éléments par leur criticité	74
III.5 Conclusions.....	75
Conclusion générale.....	77
Références et Bibliographie.....	80

Chapitre I

Figure I.1 : Cartographie de la chaine de valeurs ALGAL PLUS.....	6
Figure I.2 : Cartographie des processus ALGAL PLUS.....	7
Figure I.3 : Représentation la situation du service de maintenance dans une entreprise.....	7
Figure I.4 : four de fusion.....	9
Figure I.5 : moules des billettes.....	9
Figure I.6 : four d’homogénéisation	9
Figure I.7 : chambre de refroidissement	10
Figure I.8 : Scie à billettes	10
Figure I.9 : Principe d'extrusion.....	11
Figure I.10 : Principe de l’anodisation	11
Figure I.11 : Principe de laquage.....	12
Figure I.12 : le rôle de la maintenance	13
Figure I.13 Les différentes stratégies de maintenance.....	14
Figure I.14 : intervention préventive systématique.....	16
Figure I.15 : Choix de méthode de maintenance	20
Figure I.16 : les temps de maintenance.....	21

Chapitre II

Figure II.1 : Les trois périodes de la courbe en baignoire avec différentes valeurs de β	29
Figure II.2 : Allure d’un taux de défaillance « en baignoire »	29
Figure II.3 : Les courbes de $f(t)$	30
Figure II.4 : Représentation graphique du diagramme de causes à effets.....	33
Figure II.5 : Diagramme de Pareto ou courbe ABC.....	34
Figure II.6 : Méthode d’optimisation de la maintenance par l’AMDEC	37

Chapitre III

Figure III.1: papier de Wei Bull. en logiciel minitab18.....	47
Figure III.2 : Courbe de la densité de la probabilité logiciel minitab18.....	52
Figure III.3 : Courbe de la fonction de répartition F(t)	53
Figure III.4 : Courbe de la fonction de la fiabilité R(t)	55
Figure III.5 : Courbe du taux de défaillance λ (t).....	56
Figure III.6 : Courbe maintenabilité M(t)	58
Figure III.7: Courbe de Disponibilité instantané.....	60
Figure III.8 : La courbe d'ABC.....	61
Figure III.9 : La courbe Pareto en N.....	53
Figure III.10 : La courbe Pareto en Nt.....	64
Figure III.11 : La courbe Pareto en t	65
Figure III.12 : Résultats de criticité	73

Chapitre I

Tableau I.1 : Les niveaux de la maintenance	22
---	----

Chapitre II

Tableau II.1 : échelle de fréquence F.....	39
Tableau II.2 : échelle de gravite G à 5 niveaux	39
Tableau II.3 : échelle de détection D.....	40
Tableau II.1 : Critère de criticité.....	40
Tableau II.1 : La grille AMDEC.....	41

Chapitre III

Tableau III.1 : Dossier historique de la presse 1600 t	45
Tableau III.2 : calcul la Fonction de réparation réelle.....	46
Tableau III.3 : test de Kolmogorov-Smirnov.....	48
Tableau III.4 : Calcul la fonction de la densité de probabilité.....	51
Tableau III.5 : Calcul la Fonction de répartition F(t).....	53
Tableau III.6 : Calcul de la fiabilité.....	54
Tableau III.7 : Calcul le taux de défaillance.....	55
Tableau III.8 : Calcul La maintenabilité.....	57
Tableau III.9 : Calcul la disponibilité instantanée.....	59
Tableau III.10 : calcul l'analyse ABC (Pareto).....	60
Tableau III.11 : Pareto en N.....	52
Tableau III.12 : Pareto en Nt.....	63
Tableau III.13 : Pareto en t	64
Tableau III.14 : AMDEC de la presse 1600T.....	67
Tableau III.1 : 5 Classification des éléments par leur criticité.....	74

SYMBOLES

MTBF	: Moyenne de temps de bon fonctionnement
MTTR	: Moyenne de temps de réparation
R (t)	: Fonction de fiabilité
F (t)	: Fonction de défaillance
f (t)	: Densité de probabilité
D	: Disponibilité
λ (t)	: Taux de défaillance
μ	: Taux de réparation
γ	: Paramètre de position
η	: Paramètre d'échelle
β	: Paramètre de forme
Γ	: Paramètre de position
a et b	: Nombre réel
FMD	: Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité
M(t)	: Fonction maintenabilité
ABC	: méthode de Pareto (priorité d'actions)
ni	: cumuler les avaries
C	: La criticité
F	: La fréquence d'apparition
G	: La Gravité
D	: Le risque de non détection
AMDEC	: analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité

Introduction générale

Au début, la maintenance était destinée à remplir essentiellement sa fonction de réparation, c'est-à-dire, remettre en fonctionnement l'équipement défaillant sans pouvoir tenir compte des autres considérations économiques, techniques, sociales et de sécurité. Dans les dernières années, surtout avec l'évolution technologique des systèmes industriels dans plusieurs domaines de l'aéronautique, du nucléaire, de la pétrochimie etc., les industriels ont réfléchi à améliorer la maintenance de leur système de production . [1]

A l'heure actuelle, Le maintien des équipements de production est un enjeu clé pour la productivité des usines aussi bien que pour la qualité des produits. En effet, l'évolution technologique, l'esprit innovateur des entreprises et leur souci continu de réduire la fréquence des pannes de leurs équipements, font de la maintenance un outil indispensable à la bonne marche d'une entreprise. [2]

Dans un tel contexte, rester toujours performant, passe obligatoirement par le maintien en état de fonctionnement de l'outil de production, qui reste toujours la préoccupation majeure les gestionnaires dans un monde industriel où les notions de réactivité, de coûts et de qualité ont de plus en plus d'importance, et où il est vital de pouvoir s'appuyer sur un production performant à tout instant .[3]

L'évolution technique a contribué à l'amélioration de la situation des entreprises industrielles en termes de fiabilité et de réduction du nombre d'interventions. Cette amélioration s'accompagne par une bonne gestion des outils et moyens techniques et une exigence en personnels de plus en plus spécialisés. Malgré le niveau de fiabilité atteint, le «zéro panne» reste impossible. [4]

Ce présent mémoire, préparé dans le cadre de l'obtention du diplôme de master en génie électrique, option maintenance industrielle des équipements , consiste à approcher la problématique de l'amélioration de la production des équipements au niveau d'unité d'extrusion en aluminium Spécifiquement (presse 1600 T) dans l'entreprise ALGAL+ . En effet, ce travail a été élaboré pour éviter le grand nombre des défaillances dans cette unité, dont le coût de la maintenance des machines revient très cher à l'entreprise.

Notre travail est structuré comme suit :

Le premier chapitre consiste deux parties

- La première partie Une brève explication de la société ALGAL+.
- La deuxième partie présentera une vue générale sur la maintenance : définitions et classification de leurs types ...etc.

Le deuxième chapitre présente l'état de l'Analyse FMD et d'autres d'aide à la décision,

Le troisième chapitre nous allons utiliser les méthodes d'optimisation, en se basant, sur des outils, comme (AMDC et ABC), qui sont très connues en fiabilité, en particulier, la loi de "Weibull" qui est très utilisée dans le diagnostic des équipements mécaniques.

Afin de concrétiser notre étude, nous avons développé les méthodes graphiques et analytiques pour déterminer et valider les paramètres de dégradation, utilisés pour l'évaluation du taux de défaillance des équipements au niveau de la chaîne de production et déterminer, ainsi, le type de la maintenance à appliquer.

Chapitre I :
Description de l'entreprise
et
Généralité de la maintenance

Introduction

La maintenance est devenue une nécessité dans les entreprises, elle consiste à conserver ou à remettre un équipement en état de bon fonctionnement. Dans ce sens, les entreprises font appel aux services de maintenance pour la bonne marche de l'exploitation de ses équipements. Ces services organisent les moyens humains et matériels pour accomplir leur fonction de maintenance.

Les installations, les équipements tendent à se détériorer dans le temps sous l'action de causes multiples telles que l'usure, la déformation due au fonctionnement ou l'action des agents corrosifs (agents chimiques, atmosphères, etc.). Ces détériorations peuvent provoquer l'arrêt de fonctionnement, diminuer les capacités de production, mettre en péril la sécurité des biens et des personnes, provoquer des rébus ou diminuer la qualité, augmenter les coûts de fonctionnement (augmentation de la consommation d'énergie, etc.) ou diminuer la valeur marchande de ces moyens. Maintenir c'est donc effectuer des opérations de dépannage, graissage, visite, réparation, amélioration etc., qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la continuité et la qualité de la production. Bien maintenir c'est aussi ces opérations au coût global optimum. [I.1]

Ce chapitre donne un aperçu de l'entreprise de transformation d'aluminium ALGAL PLUS à M'sila avec une explication des procédés de fabrication de l'aluminium. En plus de quelques notions générales de maintenance ; définition, rôle , objective ,et types de maintenance.

I.1 Description de l'entreprise ALGAL PLUS**I.1.1 Présentation de la société ALGAL PLUS**

La société ALGAL+ est une société installée à M'sila située dans wilaya de M'SILA plus précisément dans la zone industrielle spécialisée à la transformation de l'aluminium. La fonction principale est la production des profilés d'aluminium de toutes les formes selon l'exigence du client en utilisant la technique de l'extrusion. Cette entreprise est un complexe industriel qui a été installée dans l'année 1985 par la société japonaise qu'est appelée **UBE**, il y a deux presses d'extrusion UBE à une commande Automatique, une chaîne verticale de thermo laquage et faux bois, une chaîne d'anodisation et de coloration chimique, deux ateliers de fonderie (refonte), un atelier de tri/traitement de déchets et plus des ateliers en cours de constructions.[I.2]

Il y a des autres unités et des ateliers on va les sites dans le développement la suite.

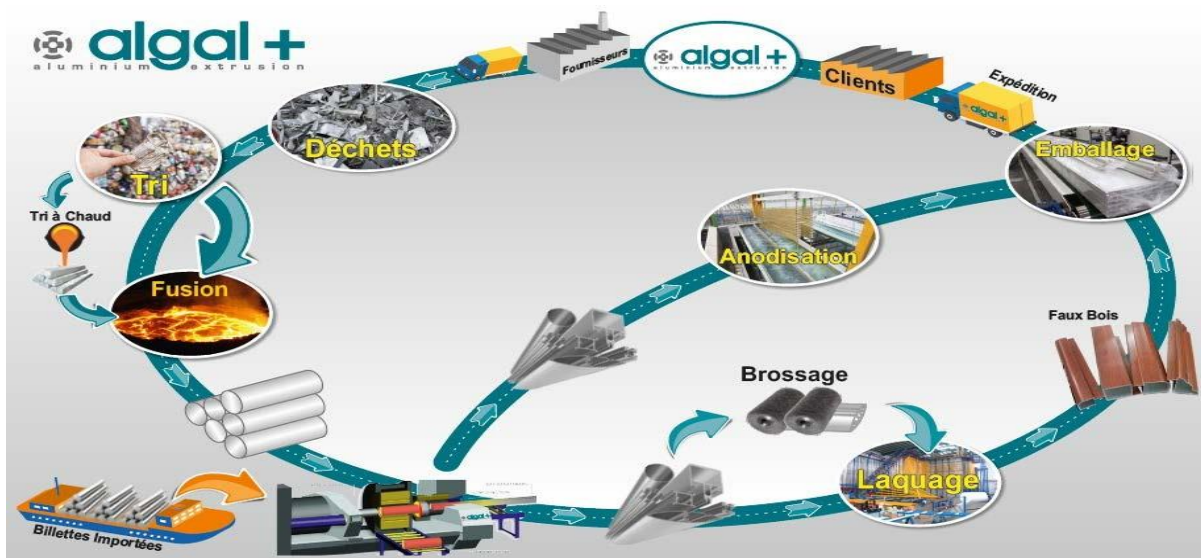


Figure I.1 : Cartographie de la chaîne de valeurs ALGAL PLUS. [I.2]

I.1.2 Les activités de cette société

- La production des plusieurs types des profilés d'aluminium.
- Traitement des surfaces, anodisation, coloration et laquage.
- Fournir des matériaux préliminaires comme les billettes, lingots, produits chimiques, les filières et pièces de rechanges.
- Produite les séries des profilés :29000, 41000, 42000 et de la longueur 600 mm
- La capacité de fabrication de 32 tonnes/jour.
- Exportation des profilés extrudé.

I.1.3 Cartographies des processus ALGAL PLUS

Avec une progression de 3000 tonnes/an sur les huit prochaines années, pour atteindre une capacité de production de l'ordre de 40000 tonnes/an aux dix années prochaines.

Le complexe d'aluminium M'SILA conservera sa position de leader pour répondre à la demande croissante du marché. En effet, les installations déjà installées sur une superficie de 123000 m², à savoir station électrique haute tension 63KV, station électrique moyenne tension 30KV, station essence, station de traitement des eaux, sont dimensionnées pour accueillir quatre autres presses en plus des presses en service. [I.2]

La figure 1.1 montre le processus de la production de profils d'aluminium et dévers processus de support.

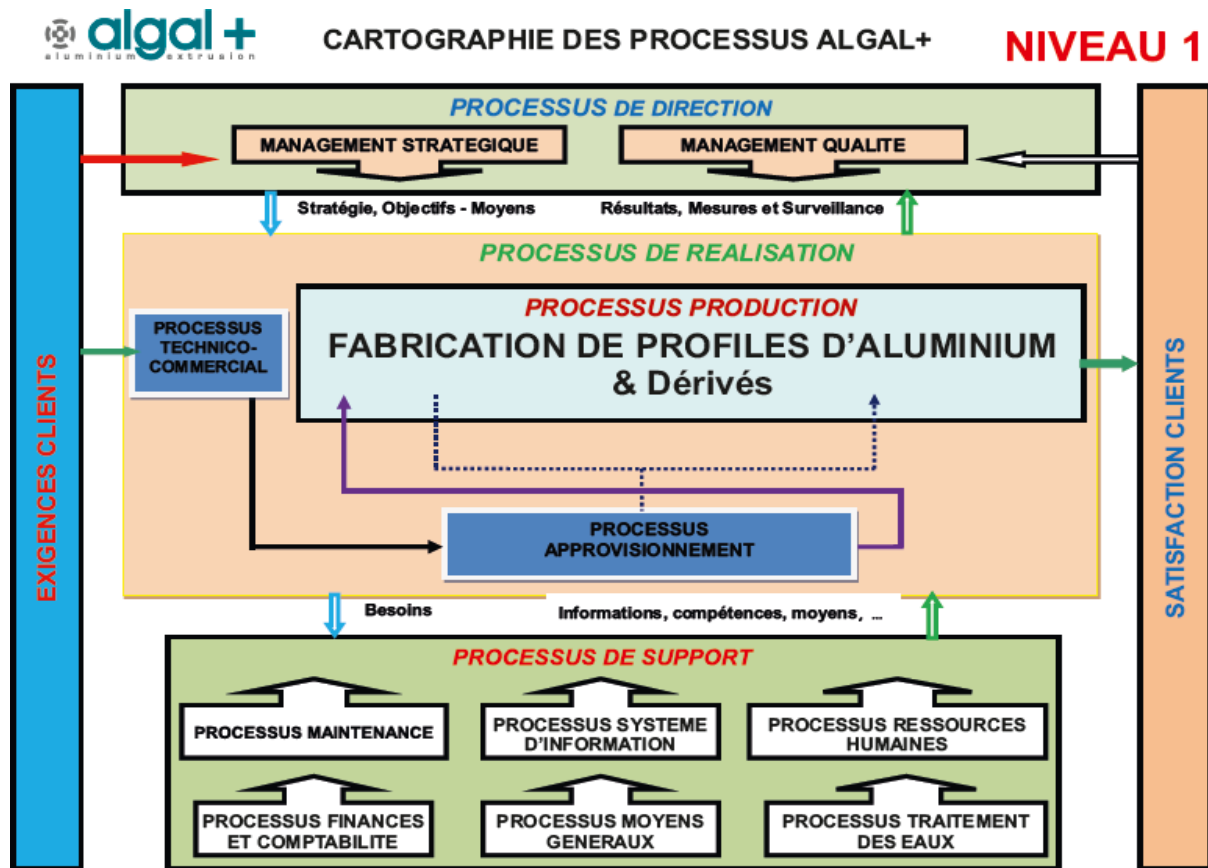


Figure I.2 : Cartographie des processus ALGAL PLUS. [I.2]

I.1.4 Les unités d'entreprise

Le Figure suivant illustre la répartition géographique des différentes unités.

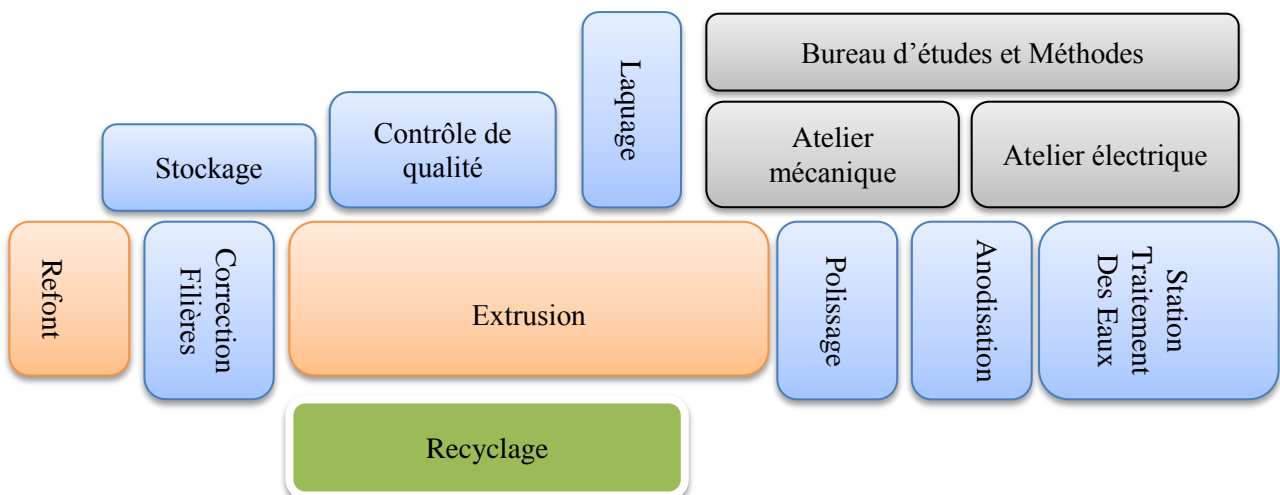


Figure I.3 : Représentation la situation du service de maintenance dans une entreprise.

I.1.5 Les étapes de fabrication

I.1.5.1 Unité de recyclage et valorisation

Dans cette unité, on refond (recycle) les produits défectueux apparus dans le processus de fabrication des profilés ainsi que les déchets en Aluminium provenant de l'extérieur, tout ça pour obtenir les billettes.

- Il y a deux billettes sont réalisés :
 - Billette de diamètre 172 mm et poids linéaire 62.8 kg/m.
 - Billette de diamètre 216 mm et poids linéaire 98.9 kg/m.
- La longueur de billette est de 3700 mm max.

Pour fabriquer la billette il faut passe par les deux ateliers mentionnés ci-dessus.

I.1.5.1.1 L'atelier de tri

Cet atelier chargé a découpe les pièces en l'aluminium des grandes dimensions a des petites, et après le découpage on faire sortir les éléments non désirés par des procédés comme le plastique, le fer, le cuivre pour garder la teneur de l'aluminium nette .

Ces pièces sont des déchets de l'extérieur (toute pièces en aluminium).

I.1.5.1.2 La fonte

Dans cette unité, on refond (recycle) les produits défectueux apparus dans le processus de fabrication des profilés ainsi que les déchets en aluminium provenant de l'extérieur pour produire les billettes.

I.1.5.2 Le four de fusion

dans la l'atelier de refont il y a deux fours de fusion de même construction et de même mission qui est la fusion de notre métal, donc le four est un récipient dans laquelle s'accumule l'aluminium fondu à haute température, les matériaux réfractaires en contact avec le métal fondu doivent supporter suffisamment l'atmosphère réductrice à haute température, le four porté à une température de l'atmosphère de 900 à 100° C et à une température du métal fondu de 720 à 750 °C , le four construite à l'intérieur par céramique et à l'extérieur par une superalliage à base de nickel.



Figure I.4 : four de fusion.

Après la fusion d'aluminium on l'oriente a travers une conduite et on le décharge dans des moules prenant la forme d'une billette.

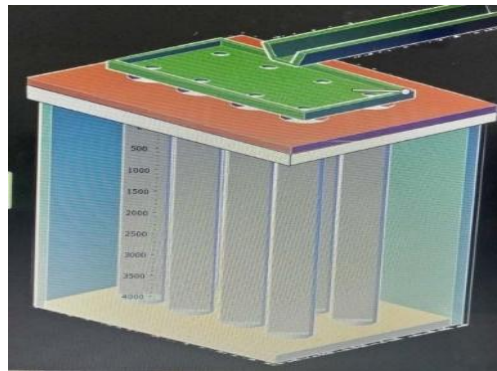


Figure I.5 : moules des billettes. [I.2]

I.1.5.3 Le four d'homogénéisation

On oriente les billettes vers cette étape pour fait l'homogénéisation des phases de métal par le chauffage pour assurer la distribution uniforme pendant 7 hours de réchauffement et 4 autre hours de maintien sous haute température de 560 °C,



Figure I.6 : four d'homogénéisation .

I.1.5.4 La chambre de refroidissement

Après le réchauffement des billettes on les prend à une chambre de refroidissement, cette dernière assurée par turboventilateur.



Figure I.7 : chambre de refroidissement .

I.1.5.5 Sciage et stockage des billettes

Les deux bouts des billettes coulées par la machine de coulée ne sont pas lisses et possèdent une crique et un dépôt d'oxyde. Par conséquent, il y a lieu de couper leurs deux bouts. La machine à couper réservée à cet usage est généralement une scie circulaire. Pour le débitage du métal doux tel que l'aluminium, il faut que l'opération soit effectuée avec les dents plus espacés et à une grande vitesse de coupe.



Figure I.8 : Scie à billettes.

Cette étape c'est la dernière dans l'unité de recyclage et valorisation, donc on sauter à l'unité de l'extrusion.

I.1.5.6 Unité d'extrusion

L'extrusion est un processus de déformation plastique dans lequel un bloc de métal (Billette) est forcé à s'écouler par compression à travers l'ouverture de filière d'un Inférieure à celle de la billette d'origine, comme le montre la Figue. 3. L'extrusion est un procédé de compression directe.

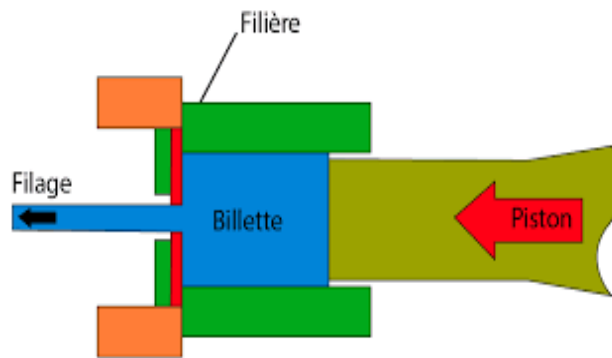


Figure I.9 : Principe d'extrusion. [I.2]

I.1.5.7 L'unité de l'anodisation et laquage

La coloration ou bien la peinture des profilés se fait dans cette unité, mais avant de faire ça il faut on fait polissage pour traiter la surface, elle retirera toute trace de coupe.

I.1.5.7.1 L'anodisation

S'agit d'une technique basée sur l'électrolyse qui dépose sur la surface de la pièce une couche protectrice alors les profilés deviennent plus durs et résistants.

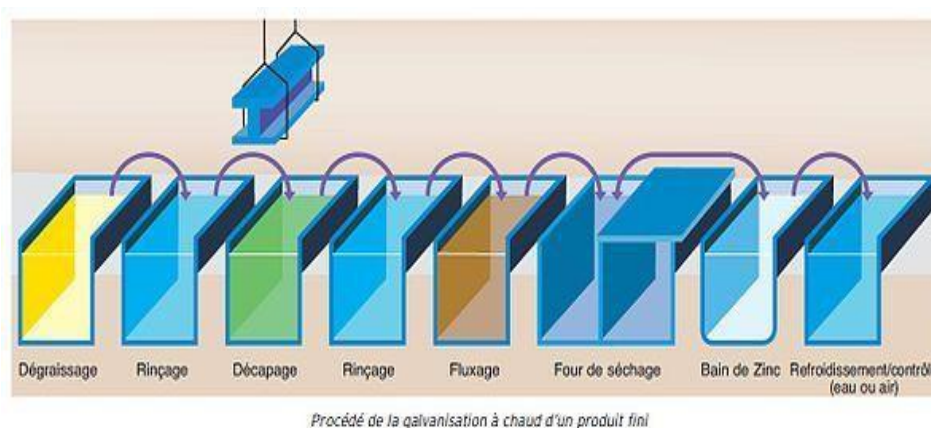


Figure I.10 : Principe de l'anodisation. [I.2]

I.1.5.7.2 Laquage de l'aluminium

Laquage de l'aluminium est un procédé par lequel on applique sur l'aluminium de la peinture (sous forme de poudre) qui est ensuite polymérisée et cuite. Avant de laquage, l'aluminium subit différentes étapes de traitement de surface (le dégraissage), le laquage de l'aluminium permet d'obtenir une très vaste palette de couleurs et rend le matériau particulièrement résistant aux rayures et aux chocs, donne les profilés une excellente durée de vie.



Figure I.11 : Principe de laquage. [I.2]

I.2 Généralité de la maintenance

I.2.1 Définition de la maintenance

D'après la norme AFNOR X 60-000(Association française de normalisation), La maintenance est l'ensemble des actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise. [I.3]

La définition de la maintenance fait donc apparaître 3 notions :

- Maintenir : qui suppose un suivi et une surveillance.
- Rétablir : qui sous-entend l'idée d'une correction de défaut.
- Coût optimal : qui conditionne l'ensemble des opérations dans un souci d'efficacité économique. [I.4]

I.2.2 Le rôle de la maintenance

Le service maintenance doit mettre en œuvre la politique de maintenance définie par la direction de l'entreprise ; cette politique doit permettre aux systèmes de production d'atteindre un Rendement maximal. Cependant, tous les équipements n'ont pas le même degré d'importance du point de vue maintenance. Le service devra donc dans le cadre de la politique globale, définir les stratégies les mieux adaptées aux Diverses situations. [I.5]

La fonction maintenance sera alors amenée à établir des prévisions ciblées :

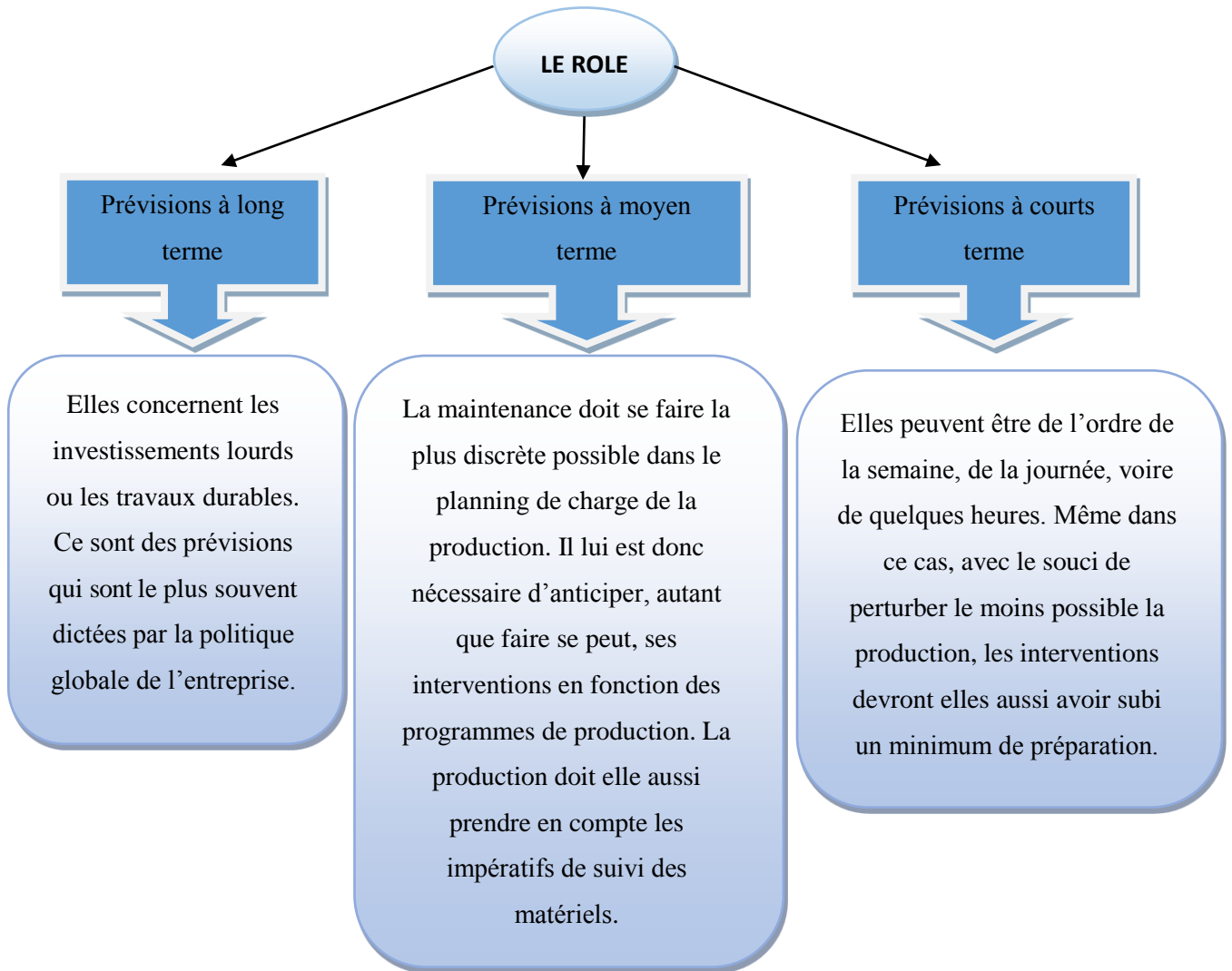


Figure I.12 : le rôle de la maintenance .[I.5]

I.2.3 Les types de maintenance

Les stratégies de maintenance peuvent être répertoriées en deux grandes catégories : la maintenance corrective et la maintenance préventive. La maintenance corrective est la maintenance qui intervient suite à la défaillance du système alors que la maintenance préventive est réalisée lorsque le système est encore en fonctionnement.

Le recours à l'une ou à l'autre de ces stratégies diffère suivant l'élément considéré mais aussi le type de structure, la politique d'exploitation et de suivi, les coûts, la disponibilité de l'information, etc. Dans la figure 2, nous présentons les différentes stratégies suivant le type de maintenance étudiée. Alors que la mise en place d'opérations correctives ne dépend que de l'occurrence d'une panne, les maintenances préventives peuvent être programmées en fonction de différents paramètres. [I.6]

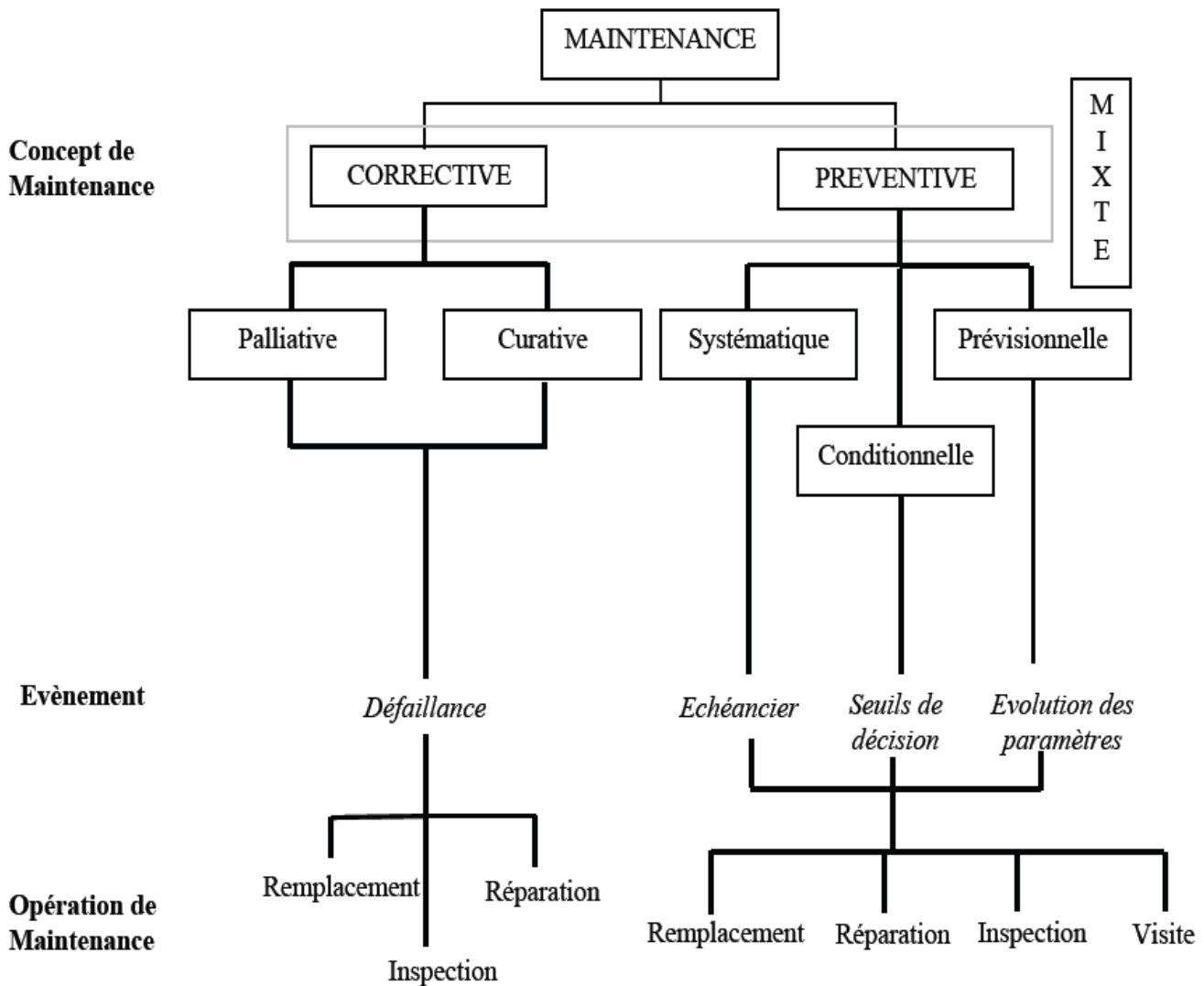


Figure I.13 Les différentes stratégies de maintenance.[I.6]

I.2.3.1 La maintenance corrective

C'est une maintenance après la défaillance. La maintenance corrective a pour objet de redonner au matériel des qualités perdues nécessaires à son utilisation.

Les défauts, pannes ou avaries diverses exigeant une maintenance corrective entraînent un indisponibilité immédiate ou à très brève échéance des matériels affectés ou / et une dépréciation en quantité ou / et en qualité des services rendus. [I.7]

Il y a deux types de Maintenance corrective :

I.2.3.1.1 Maintenance palliative (Dépannage)

C'est une remise en état de fonctionnement effectuée in-situ parfois sans interruption du fonctionnement de l'ensemble concerné. Elle a un caractère « Provisoire » et doit être suivie par une action corrective durable. [I.8]

I.2.3.1.2 Maintenance curative

Il s'agit des réparations faites in-situ ou en atelier central parfois après dépannage, ce type de maintenance a un caractère « définitif ».

I.2.3.2 Maintenance préventive

La maintenance préventive effectuée selon des critères prédéterminés, dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation service rendu.

Elle doit permettre d'éviter des défaillances des matériels en cours d'utilisation. L'analyse des coûts doit mettre en évidence un gain par rapport aux défaillances qu'elle permet d'éviter. [I.7]

Le but de la maintenance préventive est de

- augmenter la durée de vie des matériels ;
- diminuer la probabilité des défaillances en service ;
- diminuer le temps d'arrêt en cas de révision ou de panne ;
- prévenir et aussi prévoir les interventions de la maintenance corrective coûteuse ;
- permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions ;
- éviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, etc.;
- diminuer le budget de la maintenance ;
- supprimer les causes d'accidents graves.

Il y a trois types de Maintenance préventive :

I.2.3.2.1 La maintenance conditionnelle

Maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement intégrant les actions qui en découlent. La surveillance du fonctionnement et des paramètres peut être exécutée selon un calendrier, ou à la demande, ou de façon continue.

Remarque : la maintenance conditionnelle est donc une maintenance dépendante de l'expérience et faisant intervenir des informations recueillies en temps réel. La maintenance préventive conditionnelle se caractérise par la mise en évidence des points faibles. Suivant le cas, il est souhaitable de les mettre sous surveillance et, à partir de là, de décider d'une intervention lorsqu'un certain seuil est atteint. Mais les contrôles demeurent systématiques et font partie des moyens de contrôle non destructifs.

Tous les matériels sont concernés. Cette maintenance préventive conditionnelle se fait par des mesures pertinentes sur le matériel en fonctionnement.

Les paramètres mesurés peuvent porter sur :

- Le niveau et la qualité de l'huile.
- Les températures et les pressions.
- La tension et l'intensité des matériels électriques.
- Les vibrations et les jeux mécaniques.

De tous les paramètres énumérés, l'analyse vibratoire est de loin la plus riche quant aux informations recueillies. Sa compréhension autorise la prise de décisions qui sont à la base d'une maintenance préventive conditionnelle. La surveillance est soit périodique, soit continue. [I.9]

I.2.3.2 La maintenance systématique

Maintenance programmée : « Maintenance préventive exécutée selon un calendrier préétabli ou selon un nombre défini d'unités d'usage ». Maintenance systématique : « Maintenance préventive exécutée sans contrôle préalable de l'état du bien et à des intervalles définis ». Toutes ces définitions se recoupent dans la figure 2.5. Nous noterons T la période d'intervention prédéterminée, I_{ps} chaque intervention préventive systématique. [I.10]

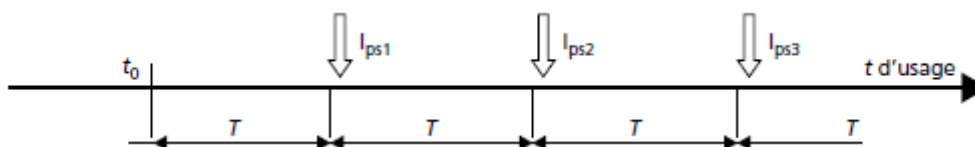


Figure I.14 : intervention préventive systématique.[I.10]

I_{ps} =intervention préventive systématique

I.2.3.2.3 La Maintenance prévisionnelle

Parfois appelée « maintenance prédictive», la maintenance prévisionnelle est, selon l'AFNOR, « Maintenance exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation du bien ». Elle est basée sur l'analyse de l'évolution des paramètres techniques qui permettent de quantifier l'état du bien et de déceler les dégradations potentielles dès leur apparition, elle permet d'anticiper et de prévoir au mieux le moment où l'intervention devra être réalisée.

I.2.4 Autres types de maintenance

Ces activités complètent les actions de maintenance citées précédemment et participent pour une part non négligeable à l'optimisation des coûts d'exploitation. [I.4]

I.2.4.1 La maintenance d'amélioration

L'amélioration des biens d'équipements consiste à procéder à des modifications, des changements, des transformations sur un matériel. Dans ce domaine, beaucoup de choses restent à faire. Il suffit de se référer à l'adage suivant : « on peut toujours améliorer ». C'est un état d'esprit qui nécessite une attitude créative. Cependant, pour toute maintenance d'amélioration une étude économique sérieuse s'impose pour s'assurer de la rentabilité du projet.

Les améliorations à apporter peuvent avoir comme objectif l'augmentation des performances de production du matériel ; l'augmentation de la fiabilité (diminuer les fréquences d'interventions) ; l'amélioration de la maintenabilité (amélioration de l'accessibilité des sous- systèmes et des éléments à haut risque de défaillance) ; la standardisation de certains éléments pour avoir une politique plus cohérente et améliorer les actions de maintenance, l'augmentation de la sécurité du personnel.

- **Rénovation**

C'est l'inspection complète de tous les organes, la reprise dimensionnelle complète ou le remplacement des pièces déformées, la vérification des caractéristiques et éventuellement, la réparation des pièces et sous-ensembles défectueux. C'est donc une suite possible à une révision générale. Une rénovation peut donner lieu à un échange standard.

- **Reconstruction**

« Action suivant le démontage du bien principal et remplacement des biens qui approchent de la fin de leur durée de vie et/ou devraient être systématiquement remplacés ». La reconstruction diffère de la révision en ce qu'elle peut inclure des modifications et/ou améliorations. L'objectif de la reconstruction est normalement de donner à un bien une vie utile qui peut être plus longue que celle du bien d'origine. La reconstruction impose le remplacement de pièces vitales par des pièces d'origine ou des pièces neuves équivalentes. La reconstruction peut être assortie d'une modernisation ou de modifications. Les modifications peuvent apporter un plus en terme de disponibilité (redondance), d'efficacité, de sécurité, etc.... Attention toutefois à une forme particulière de reconstruction : c'est la « cannibalisation » qui consiste à récupérer, sur le matériel mis au rebut (casse), des éléments en bon état, de durée de vie espérée inconnue, et de les utiliser en rechanges ou en pièces de rénovation. Est-ce une bonne solution ?...

- **Modernisation**

C'est le remplacement d'équipements, d'accessoires, des logiciels par des sous ensembles apportant, grâce à des perfectionnements techniques n'existant pas sur le bien d'origine, une amélioration de l'aptitude à l'emploi du bien. Une modernisation peut intervenir dans les opérations de rénovation ou de reconstruction. [I.11]

I.2.5 Opération de la maintenance

Il existe des définitions normatives des différentes opérations de maintenance.

I.2.5.1 Opérations de la maintenance corrective

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

- **test** : c'est à dire la comparaison des mesures avec une référence.
- **détection** ou action de déceler l'apparition d'une défaillance.
- **localisation** ou action conduisant à rechercher précisément les éléments par lesquels la défaillance se manifeste.
- **diagnostic** ou identification et analyse des causes de la défaillance.
- **dépannage, réparation** ou remise en état (avec ou sans modification).
- **contrôle** du bon fonctionnement après intervention.
- **amélioration éventuelle** : c'est à dire éviter la réapparition de la panne.
- **historique** ou mise en mémoire de l'intervention pour une exploitation ultérieure.

I.2.5.2 Opérations de la maintenance préventive

- **Inspection** : contrôle de conformité réalisé en mesurant, observant, testant ou calibrant les caractéristiques significatives d'un bien ; elle permet de relever des anomalies et d'exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique, ni d'arrêt de la production ou des équipements (pas de démontage).

- **Contrôle** : vérification de la conformité à des données préétablies, suivie d'un jugement. Ce contrôle peut déboucher sur une action de maintenance corrective ou alors inclure une décision de refus, d'acceptation ou d'ajournement.

- **Visite** : examen détaillé et prédéterminé de tout (visite générale) ou partie (visite limitée) des différents éléments du bien et pouvant impliquer des opérations de maintenance du premier et du deuxième niveau ; il peut également déboucher sur la maintenance corrective.

- **Test** : comparaison des réponses d'un système par rapport à un système de référence ou à un phénomène physique significatif d'une marche correcte.

- **Echange standard** : remplacement d'une pièce ou d'un sous-ensemble défectueux par une pièce identique, neuve ou remise en état préalablement, conformément aux prescriptions du constructeur.

- **Révision** : ensemble complet d'examens et d'actions réalisées afin de maintenir le niveau de disponibilité et de sécurité d'un bien. Une révision est souvent conduite à des intervalles prescrits du temps ou après un nombre déterminé d'opérations.

Une révision demande un démontage total ou partiel du bien. Le terme révision ne doit donc pas être confondu avec surveillance. Une révision est une action de maintenance de niveau 4.

Les trois premières opérations sont encore appelées « **opérations de surveillance** ». Elles caractérisent parfaitement la phase d'apprentissage et sont absolument nécessaires si on veut maîtriser l'évolution de l'état réel d'un bien. On accepte donc de payer pour savoir puis pour prévenir. Elles sont effectuées de manière continue ou à intervalles prédéterminés ou non, calculés sur le temps ou sur le nombre d'unités d'usage. [I.4]

I.2.6 Choix de méthode de maintenance

Le choix entre les méthodes de maintenance s'effectue dans le cadre de la politique de la maintenance et doit s'opérer en accord avec la direction de l'entreprise. Pour choisir, il faut donc être informé des objectifs de la direction, des directions politiques de maintenance, mais il faut connaître le fonctionnement et les caractéristiques des matériels, le comportement du matériel en exploitation, les conditions d'application de chaque méthode, les coûts de maintenance et les coûts de perte de production. Le diagramme suivant synthétise selon la norme NF 13306 les méthodes de maintenance. [I.12]

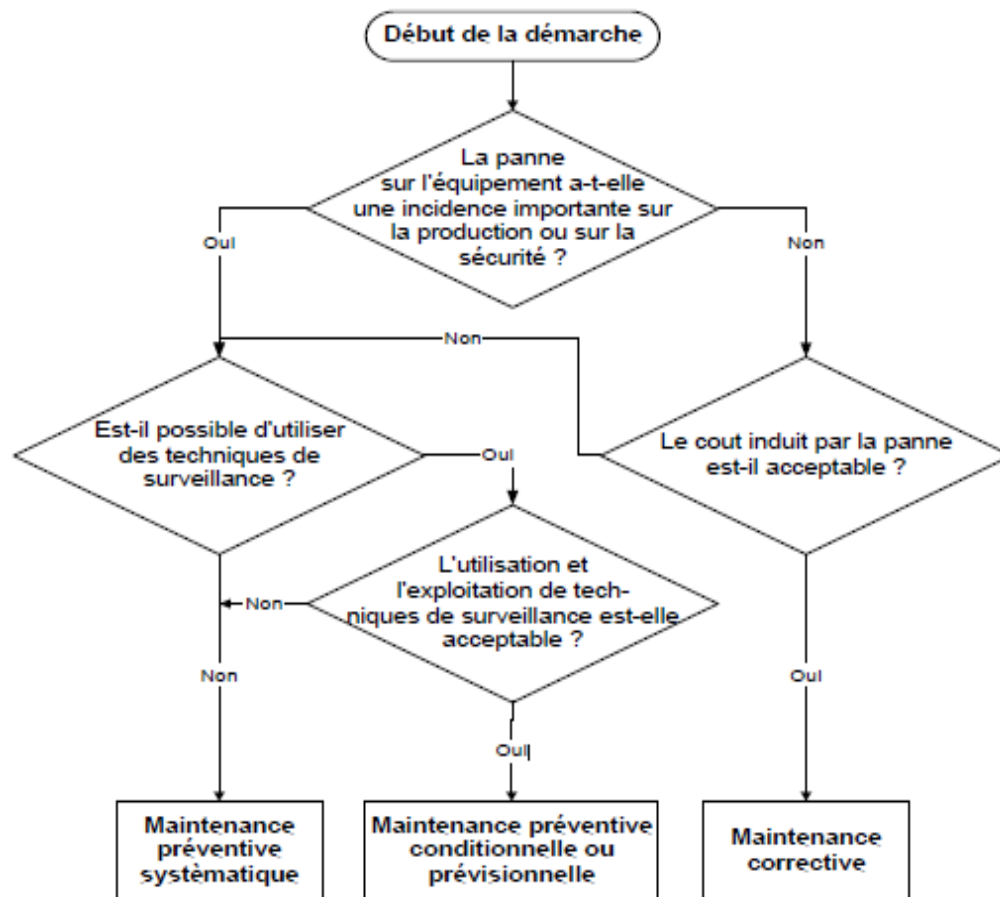


Figure I.15 : Choix de méthode de maintenance. [I.13]

I.2.7 Objectif de la maintenance

L'objectif des équipes de maintenance est de maintenir les installations de production en parfait état et d'assurer le rendement global maximum tout en optimisant le coût. L'obtention du meilleur rendement passe par la prévention des pannes, le respect des cadences de production et l'amélioration continue de la qualité des produits. Maintenir, ce n'est plus subir les pannes mais maîtriser les défaillances par l'optimisation de la politique de maintenance, par une bonne prévention, par des réparations rapides et efficaces, enfin par l'amélioration du matériel. [I.14]

Pour assurer correctement cette mission, il est nécessaire de se doter en plus de la compétence technique des hommes, d'une organisation efficace et d'outils adéquats. C'est la nature de l'entreprise qui fixe les l'objectifs, des services de la maintenance. On peut classer les objectifs de la maintenance on deux catégories :

- 1- Les objectifs financiers,
- 2- Les objectifs opérationnels.

Le fait que ces deux objectifs sont différents expliquera pourquoi la production et la maintenance sont souvent à couteau tirés et pourquoi les deux attitudes sont apparemment opposées.

❖ Objectifs financiers

- 1- Réduire au minimum les dépenses de la maintenance.
- 2- Augmenter au maximum les profits.
- 3- Avoir des dépenses de maintenance en fonction de l'age des installations et de son taux

❖ Objectifs opérationnels

- 1- Maintenir les équipements.
- 2- Assurer la disponibilité maximale des installations et des équipements.
- 3- Fournir un service qui élimine la panne a tous les moments à tout prix.
- 4- Pousser à la dernière limite la durée de vie de l'installation.
- 5- Assurer une performance (rendement) de haute qualité.

I.2.8 Les temps de maintenance

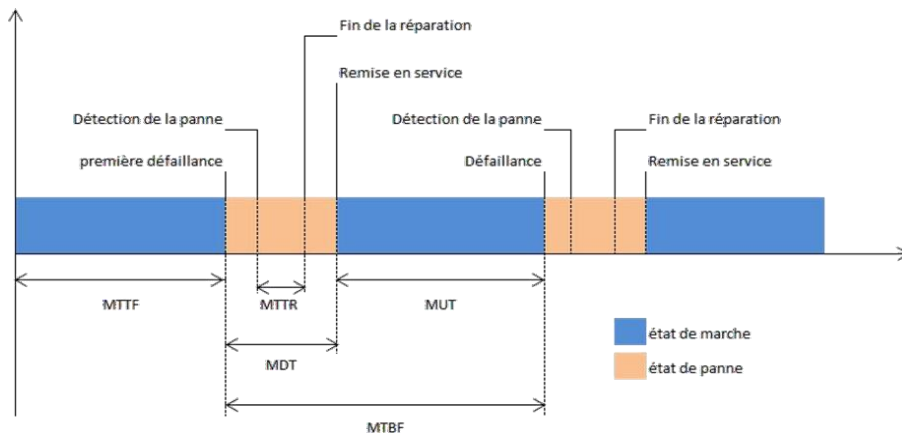


Figure I.16 : les temps de maintenance. [I.15]

La MTBF : est la moyenne des temps de bon fonctionnement (TBF).

Un temps de bon fonctionnement est le temps compris entre deux défaillances.

La MTTR : est la moyenne des temps techniques de réparation (TTR).

Le TTR : est le temps durant lequel on intervient physiquement sur le système défaillant. Il débute lors de la prise en charge de ce système jusqu'après les contrôles et essais avant la remise en service.

La MTTA : est la moyenne des temps techniques d'arrêt (TTA).

Les temps techniques d'arrêt sont une partie des temps d'arrêt que peut connaître un système de production en exploitation. Ils ont pour cause une raison technique et, ce faisant, sont à distinguer des arrêts inhérents à la production (attente de pièce, de matière, d'énergie, changement de production, etc.). [I.15]

I.2.9 Les niveaux de la maintenance

Les niveaux de maintenance (AFNOR) sont donnés dans le tableau suivant :

Niveaux AFNOR	Types de travaux	Personnel d'intervention	Moyen
1 ^{er} niveau	Réglages prévus par simples le constructeur au moyen d'organes accessibles sans aucun démontage d'équipements ou échange d'éléments accessibles en toute sécurité.	Pilote ou conducteur de system	Outillage défini dans les instructions d'utilisation
2 ^{ème} niveau	Dépannage par échange standard d'éléments prévus à cet effet ou d'opérations mineures de maintenance préventive (rondes).	Technicien habilité	Outillage léger défini dans les instructions d'utilisation et pièces de rechange disponibles sans délai
3 ^{ème} niveau	Identification et diagnostic de pannes, réparation par échange de composants fonctionnels, réparations mécanisé use mineures.	Technicien spécialisé	Outillage prévu et appareils de mesure, banc d'essai de contrôle
4 ^{ème} niveau	Travaux importants de maintenance corrective ou préventive.	Equipe encadrée par un technicien spécialisé	Outillage générale et spécialisé, matériels d'essais, de contrôle.
5 ^{ème} niveau	Travaux de rénovation, de reconstruction ou réparation importantes confiées à un atelier central.	Equipe complète et polyvalente	Moyens proches de la fabrication

Tableau I.1 : Les niveaux de la maintenance. [I.16]

I.2.10 Evolution de la maintenance

Au fil du développement de la concurrence et de la course à la compétitivité qui entraîne la recherche de la qualité totale et surtout la réduction des coûts, au fur et à mesure de la complexification et de l'automatisation des processus de production, la maintenance est devenue une des fonctions stratégiques de l'entreprise. Loin d'être aujourd'hui stabilisée, elle évolue au gré des nouvelles technologies de l'information et de communication NTIC, l'introduction de nouvelles méthodes de gestion, du développement technologique des outils de production, en particulier dans les domaines de la mesure et du contrôle de fonctionnement, de la systématisation progressive, de l'usage des normes et des procédures. [I.17]

I.2.11 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé une vue générale de la fonction d'entretien, c'est-à-dire l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de gestion administrée pendant le cycle de vie d'un actif et destinées à en prendre soin ou à le restaurer dans un état honnête. Au cours de laquelle il peut exécuter la fonction spécifiée. La maintenance a longtemps joué un rôle curatif dont le seul objectif était de réduire les temps d'arrêt des machines. Cette maintenance curative était centrée sur le court terme et ne résolvait en rien les problèmes liés à l'inévitable dégradation.

La maintenance est de plus en plus prise en compte au stade de la planification, en surveillant les pannes possibles, leurs conséquences et en planifiant les fonctions de diagnostic, pendant un esprit.

Chapitre II :

Outils d'analyse des défaillanc

II.Introduction

L'échec est un changement ou une interruption de la capacité d'un produit à remplir sa fonction requise, Elle est détectée et analysée par de nombreux outils d'aide à la décision Parmi eux figurent les analyses FMD, ABC et AMDEC.

Dans ce chapitre, nous expliquons comment utiliser les outils d'analyse des défaillances.

II.1 Analyse FMD

II.1.1 La fiabilité

D'après la norme (NORME X60—500). La fiabilité est l'aptitude (la probabilité) d'une entité à accomplir une fonction requise pendant un intervalle de temps donné, dans des conditions données.

II.1.1.1 Objectifs de la fiabilité

La fiabilité a pour objectif de :

- Mesurer une garantie dans le temps ;
- Evaluer rigoureusement un degré de confiance ;
- Déchiffrer une durée de vie ;
- Evaluer avec précision un temps de fonctionnement ;
- Déterminer la stratégie de l'entretien ;
- Choisir le stock [II.2]

II.1.1.2 Les différents types de fiabilité

On distingue plusieurs types de fiabilité (termes spécifiques) :

- **La fiabilité opérationnelle** (observée ou estimée) déduite de l'analyse d'entités identiques dans les mêmes conditions opérationnelles à partir de l'exploitation d'un retour d'expérience.
- **La fiabilité prévisionnelle** (prédite) correspondant à la fiabilité future d'un système et établie par son analyse, connaissant les fiabilités de ses composants.
- **La fiabilité extrapolée** déduite de la fiabilité opérationnelle par extrapolation ou interpolation pour des conditions ou des durées différentes.

- **La fiabilité intrinsèque ou inhérente** qui découle directement des paramètres de conception. Sans modification de conception des entités, il n'est pas possible d'obtenir un niveau de fiabilité au plus égal à la fiabilité intrinsèque. [II.3]

II.1.1.3 Paramètres nécessaires alla mesure de fiabilité :

- **Densité de probabilité :**

La densité de probabilité de l'instant de la défaillance T s'obtient en dérivant la fonction de repartition F (t):

$$f(t) = \frac{df(t)}{dt} = - \frac{dR(t)}{dt}$$

- **Fonction de répartitions :**

C'est la probabilité pour que le dispositif soit en panne à l'instant ti

$$F(t_i) = \Pr(T < t_i)$$

Notons que ces deux fonctions sont complémentaires :

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

- **La fonction de fiabilité :**

Nous appelons R (t) la fonction de fiabilité, qui représente la Probabilité de fonctionnement sans défaillances pendant un temps (t), ou la probabilité de survie Jusqu'à un temps (t). La probabilité d'avoir au moins une défaillance avant le temps (t), qui représente la probabilité Cumulative des défaillances, est appelé : « probabilité de défaillance ».

- **Taux de défaillance**

Prenons maintenant une pièce ayant servi pendant une durée t et encore survivante. La probabilité qu'elle tombe en panne entre l'âge t qu'elle a déjà et l'âge T + d t est représentée par la probabilité conditionnelle qu'elle tombe en panne entre T et T + d t, sachant qu'elle a survécu jusqu'à T. D'après le théorème des probabilités conditionnelles cette probabilité est égale à:

$$\lambda(t)d(t) = \frac{F(t + dt) - F(t)}{R(t)} = \frac{dF(t)}{1 - F(t)}$$

La MTBF :

Le temps moyen jusqu'à défaillance (ou moyenne des temps de bon fonctionnement) est: [II.4]

$$MTBF = \int_0^{\infty} R(t)dt \quad MTBF = \frac{\Sigma \text{ temps de bon fonctionnement}}{\text{nombre d'intervalles de temps de bon fonctionnement}}$$

II.1.1.4 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 : [II.2]

➤ Lois continues

- La loi exponentielle
- La loi de WEIBULL
- La loi normale
- La loi log-normale (ou loi de GALTON)

➤ Lois discrètes

- La loi binomiale
- La loi de POISSON ou loi de faibles probabilités

Dans cette étude, nous ferons référence à une étude sur une loi de Weibull

II.1.1.5 Présentation du modèle de Weibull**II.1.1.5.1 Domaine d'utilisation**

Le modèle de Weibull est très utilisé en fiabilité, en particulier dans le domaine de la mécanique. Ce modèle à trois paramètres β , η et γ a l'avantage d'être très souple et de pouvoir ajuster correctement aux plusieurs sortes de résultats expérimentaux et opérationnels. Contrairement aux modèles exponentiels la loi de Weibull couvre les cas où le taux de défaillance λ est variable et permet donc de s'ajuster aux périodes de jeunesse et aux différentes formes de vieillissement. Son utilisation implique des résultats d'essai sur échantillons ou la saisie des résultats en fonctionnement (TBF intervalle entre défaillances).

Ces résultats permettent d'estimer la fonction de répartition $F(t)$ correspondant à chaque instant. La connaissance du paramètre λ est un outil de diagnostic du mode de défaillance. [II.5]

II.1.1.5.2 Expressions mathématiques

Soit la variable aléatoire continue t , distribuée suivant une loi de Weibull.

A. Densité de probabilité $f(t)$

En fiabilité, elle représente la probabilité instantanée de défaillance (juste au temps t).

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

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

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

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

B. La fonction de répartition $F(t)$

Elle représente la probabilité cumulée de défaillance entre 0 et t

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

C. La fonction de fiabilité $R(t)$

C'est la probabilité de non défaillance au-delà du temps t .

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

Où

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

D. Le taux de défaillance $\lambda(t)$

C'est la probabilité de défaillance à l'instant $(t + dt)$, sachant que le dispositif était bon à l'instant t .

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

Avec $\lambda(t)$ taux de défaillance de la pièce d'âge t .

On a donc :

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

$\lambda(t)$ S'exprime également par l'inverse d'un temps, mais n'est pas une densité de probabilité.

L'expérience montre que pour la plupart des composants, le taux de défaillance suit une courbe en baignoire représenté sur la figure suivante : [II.6]

- **Signification des différents paramètres**

Paramètre de forme

Ce paramètre donne l'allure de la distribution des défaillances, il est sans dimensions.

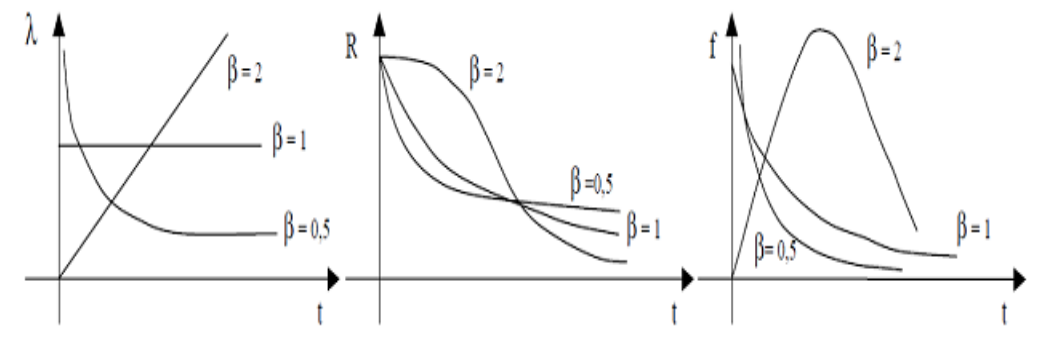


Figure II.1 : Les trois périodes de la courbe en baignoire avec différentes valeurs de β .

Courbe de défaillance

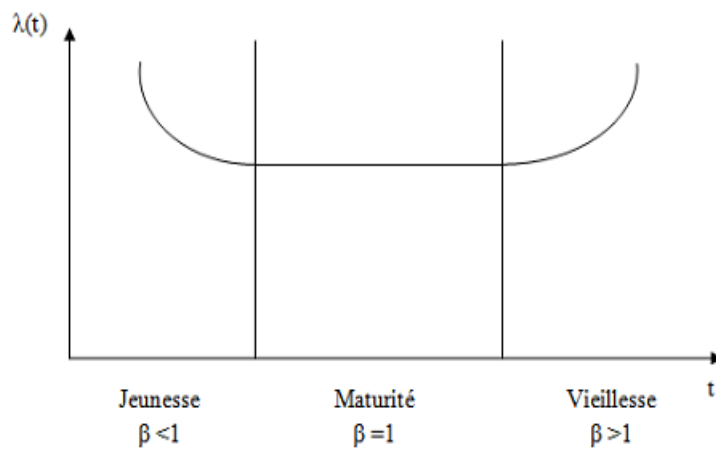


Figure II.2 : Allure d'un taux de défaillance « en baignoire » .

- $\beta < 1$: Correspond à la zone décroissante de la courbe, c'est la période de mise en place de rodage de l'installation (période de jeunesse).
- $\beta = 1$: Correspond à la zone où le taux de défaillance est pratiquement constant, c'est la période de défaillance aléatoire qui ne présente généralement avec un symptôme de dégradation préalable (vie utile). C'est la période la plus longue.
- $\beta > 1$: Correspond à la zone croissante rapide, c'est la période de vieillesse provoqué par l'usure mécanique.

Paramètre de position

Le paramètre de position gamma donne des indications sur le retard de la fonction f (t). La figure (II.7) montre cette variation. [II.7]

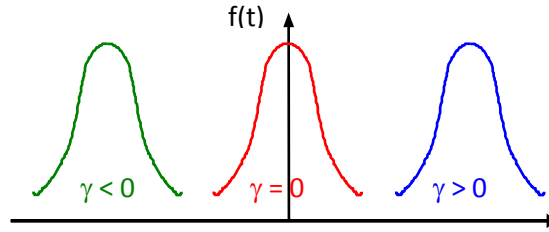


Figure II.3 : Les courbes de f(t).

- Avec $\gamma < 0$ ceci explique qu'une probabilité de défaillance est déjà présente au moment de l'installation du système.
- Avec $\gamma = 0$ une probabilité de défaillance sera présente dès la mise en service du Système.
- Avec $\gamma > 0$ une probabilité de défaillance dans les premières utilisations du système est nulle.

Paramètre d'échelle η

En faisant le changement de variable $X = t - \gamma$, il existe des tables donnant les valeurs de f(t) et F(t) pour $\beta = 1$, à partir desquelles on peut trouver les valeurs de f(t) et de F(t) quel que soit β .

Cas particulier

Pour $\gamma = 0$ et $\beta = 1$, on trouve la loi exponentielle ; en effet

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^1} = e^{-\left(\frac{1}{\eta}\right)t} \quad \left(\text{Loi exponentielle de paramètre } \lambda = \frac{1}{\eta}\right)$$

- Pour $\beta \geq 3$ On se rapproche d'une loi normale et ceci est d'autant plus vrai que β est grand. [II.8]

II.1.1.5.3 Préparation des données

- Calcul des TBF.
- Classement des TBF en ordre croissant.
- N = nombre de TBF.
- Recherche des données F(i) : F(i) représente la probabilité de panne au temps correspondant au TBF de l'ième défaillant.

Si $N > 50$, regroupement des TBF par classes avec la fréquence cumulée

$$F(t) = \frac{N_i}{N} = \frac{\sum R_i}{N} \approx F(t)$$

Si $20 < N < 50$, On affecte un rang "Ni" à chaque défaillance (approximation des rangs Moyens)

$$F(t) = \frac{N_i}{N + 1} \approx F(t)$$

Si $N < 20$, On affecte un rang "Ni" à chaque défaillance (approximation des rangs médians) [II.8]

$$F(t) = \frac{N_i - 0.3}{N + 0.4} \approx F(t)$$

II.1.1.5.4 Test de KOLMOGOROV- SMIRNOV

À l'une restriction n'est nécessaire, quel que soit la taille (n) on peut l'appliquer. L'idée du test est de comparer la fonction réelle de répartition des défaillances à la fonction de répartition théorique. Il consiste à mesurer l'écart point par point entre ces deux fonctions :

$$D_{n_{\max}} = |F(i) - F(t)|$$

Où : $F(t)$ est la fonction de répartition réelle ; elle peut être obtenue par la méthode des rangs moyens .

$$F(i) = \frac{\sum n_i}{N}$$

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

On montre que $D_n = \text{Max}|F(i) - F(t)|$ suit une loi ne dépendant que de η , et on écrit que :

$$P(\text{Max}|F(i) - F(t)| < D_{n,\alpha}) = 1 - \alpha$$

* **Si** $D_{n_{\max}} > D_{n_\alpha}$ on refuse l'hypothèse du modèle théorique.

* **Si** $D_{n_{\max}} < D_{n_\alpha}$ on accepte l'hypothèse du modèle théorique.

α : le seuil de confiance ou le niveau significatif, dépend de la politique de maintenance exigée.

Remarque : la valeur de D_{n_α} est donnée par la table de Kolmogorov-Smirnov. [II.9]

II.1.2 La maintenabilité

La maintenabilité est « l'aptitude d'un dispositif à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il peut accomplir sa fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions, avec des procédures et des moyens précis ».

La maintenabilité caractérise la facilité de remettre ou de maintenir un bien en bon état de fonctionnement.

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

La maintenabilité est caractérisée par la moyenne des temps techniques de réparation MTTR :

$$MTTR = \frac{\Sigma TTR}{N}$$

Taux de réparation μ

$$\mu = \frac{1}{MTTR}$$

La probabilité de réparation d'un composant est principalement fonction du temps écoulé depuis l'instant de défaillance. Il existe un certain délai t avant que le composant puisse être réparé. Ce délai t comprend le temps de détection et le temps d'attente de l'équipe de réparation. [II.4]

II.1.3 La disponibilité

La norme AFNOR X 60-500 définit la disponibilité comme « l'aptitude d'une entité à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou pendant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires de maintenance soit assurée ».

II.1.3.1 Les type de disponibilité

a) Disponibilité intrinsèque

Cette disponibilité est évaluée en prenant en compte les moyennes des temps de bon fonctionnement et les moyennes des temps de réparation.

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

b) Disponibilité instantanée

C'est la probabilité pour qu'un dispositif puisse accomplir une fonction requise dans des conditions données et une instante donnée. [II.10]

$$D(t) = \frac{\mu}{\mu+\lambda} + \frac{\lambda}{\mu+\lambda} e^{-t(\mu+\lambda)} \quad \text{ou} \quad \mu = \frac{1}{MTTR}$$

λ : Taux de défaillance.

$$\lambda = \frac{1}{MTBF}$$

II.2 Diagramme causes-effet (ou ISHIKAWA ou en ARETE DE POISSON)

La méthode 5M est une méthode d'analyse qui sert à rechercher et à représenter de manière synthétique les différentes causes possibles d'un problème. Elle fut créée par le professeur Kaoru Ishikawa (1915-1989) d'où son appellation « Méthode d'Ishikawa ». La méthode d'Ishikawa utilise une représentation graphique (diagramme) en forme de poisson pour matérialiser de manière structurée le lien entre les causes et leur effet (défaut, panne, dysfonctionnement...). Ce qui d'autre part lui a valu les appellations de « diagramme en arêtes de poisson », et « diagramme de causes à effet ». Caractéristiques et démarche de la méthode Ishikawa Kaoru Ishikawa classe les différentes causes d'un problème en 5 grandes familles : [II.11]

Les 5M. :

- Matière : les différents consommables utilisés, matières premières...
- Milieu : le lieu de travail, son aspect, son organisation physique...
- Méthodes : les procédures, le flux d'information...
- Matériel : les équipements, machines, outillages, pièces de rechange...
- Main d'œuvre : les ressources humaines, les qualifications du personnel

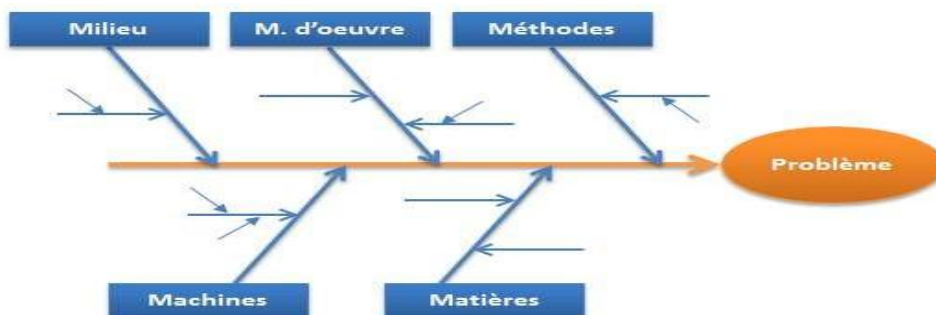


Figure II.4 : Représentation graphique du diagramme de causes à effets.

II.3 Méthode ABC (Diagramme Pareto)

La courbe de PARETO est un moyen simple pour classer les équipements par ordre de mérite d'intervention. Cette méthode et son utilisation sont aussi connus sous le nom de la « Règle des 20/80 » ou « Méthode de ABC ». Voir **Figure II.5** .

Les objectifs sont :

- Faire apparaître les causes essentielles d'un phénomène.
- Hiérarchiser les causes d'un phénomène.
- Evaluer les effets d'une solution.
- Mieux cibler les actions à mettre en œuvre.

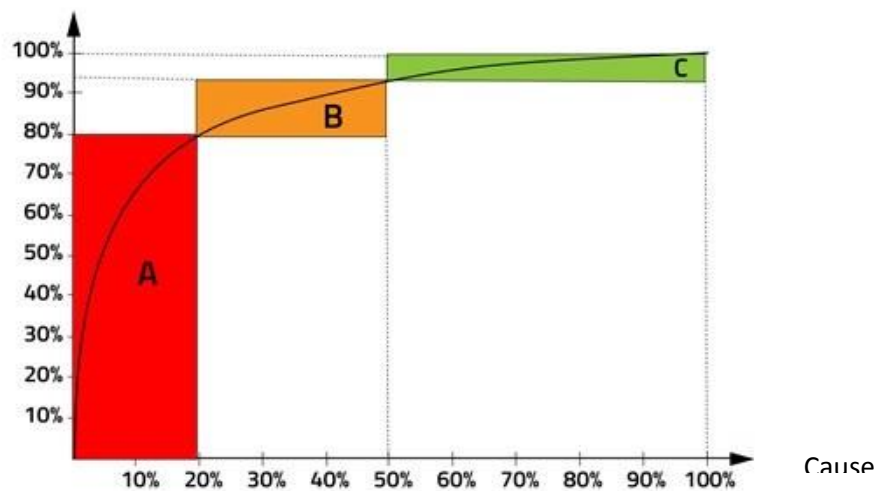


Figure II.5 : Diagramme de Pareto ou courbe ABC.

Dans la **Figure II.5** on observe trois zones.

- **Zone A** : 20% des pannes occasionnent 80% des coûts (nombre de panne, temps de réparation etc.) ;
- **Zone B** : les 30% de pannes supplémentaires ne coûtent que 15% supplémentaires ;
- **Zone C** : les 50% de pannes restantes ne concernent que 5% du coût global (du nombre de panne, total temps d'intervention etc). [II.12]

II.4 L'analyse de Arbre de défaillances

L'arbre de défaillances partage les mêmes bases booléennes et probabiliste que le diagramme de fiabilité. Toutefois, contrairement au diagramme de fiabilité qui modélise le fonctionnement du système, l'arbre de défaillances modélise la défaillance du système. Un arbre de défaillances (fault tree, FT) est un graphe direct acyclique. C'est une représentation graphique de la propagation des défaillances dans un système, représentant la manière dont la défaillance des composants conduit à la défaillance du système. La défaillance du système est communément nommée évènement redouté. Un arbre de défaillances est constitué d'évènements représentant la défaillance des composants, qui sont supposés indépendants, et de portes logiques. [II.13]

II.5 Analyse préliminaire des risques (APR)

L'Analyse Préliminaire des Risques (APR) est une méthode d'usage très général couramment utilisée pour l'identification des risques au stade préliminaire de la conception d'une installation ou d'un projet. En conséquence, cette méthode ne nécessite généralement pas une connaissance approfondie et détaillée de l'installation étudiée. [II.14]

II.6 L'analyse AMDEC

L'AMDEC est une méthode de prévention des risques. L'AMDEC est utilisée pour améliorer la fiabilité d'un produit, d'un processus ou encore d'un moyen de production. Elle permet d'évaluer la criticité des défaillances potentielles d'un système.

Son exploitation est d'autant plus fructueuse que l'analyse est précoce dans un projet. Les retombées en sont multiples:

On peut citer parmi les plus fréquentes :

- la qualité d'un produit.
- la sécurité d'un système.
- la mise au point de l'amélioration d'un processus de fabrication ou d'assemblage.

L'adaptation d'un programme de maintenance préventive ou prédictive, l'établissement de procédures d'assurance qualité, de plan de prévention de défauts et de surveillance, etc. [II.15]

II.6.1 Principe de l'AMDEC

L'AMDEC est d'identifier et de hiérarchiser les modes potentiels de défaillance susceptibles de se produire sur un équipement, d'en rechercher les effets sur les fonctions principales des équipements et d'en identifier les causes. Pour la détermination de la criticité des modes de défaillance, l'AMDEC requiert pour chaque mode de défaillance la recherche de la gravité de ses effets, la fréquence de son apparition et la probabilité de sa détectabilité. Quand toutes ces informations sont disponibles, différentes méthodes existent pour déduire une valeur de la criticité du mode de défaillance. Si la criticité est jugée non acceptable, il est alors impératif de définir des actions correctives pour pouvoir corriger la gravité nouvelle du mode de défaillance (si cela est effectivement possible), de modifier sa fréquence d'apparition et d'améliorer éventuellement sa détectabilité. [II.16]

II.6.2 Types de l'AMDEC**II.6.2.1 AMDEC-Produit**

(Ou projet ou composants ou conception) qui analyse la conception d'un produit pour en améliorer la fiabilité.

L'AMDEC-Conception est avant tout une méthode prévisionnelle utilisée par les concepteurs. Dans ce contexte, elle vise essentiellement à améliorer la qualité, la fiabilité, la maintenabilité des équipements neufs. Elle permet de proposer des modifications constructives dès la conception du produit, de préparer les recommandations de maintenance préventive, de souligner au concepteur des points particuliers tels que l'accessibilité, l'interchangeabilité et la modularité et de réduire les risques de défaillance du matériel. Elle est surtout utilisée dans le secteurs de la qualité et de la maintenance.

II.6.2.2 AMDEC-Moyen de production

Ou processus qui analyse des opérations de production pour améliorer la qualité de fabrication du produit.

Elle se focalise sur un moyen de production afin de diminuer la quantité de rebuts et le taux de défaillances, et d'augmenter sa capacité. Elle est surtout utilisée dans les secteurs de la qualité et de la maintenance

II.6.2.3 AMDEC-Procédé

Qui est utilisé afin d'améliorer et de fiabiliser le procédé, en constatant les effets des défaillances sur la productivité. Elle permet de valider la gamme de contrôle d'un produit afin qu'il satisfasse aux caractéristiques du bureau d'études. Elle est surtout utilisée dans le domaine de la maintenance . [II.17]

II.6.3 Butes et objectif de L ' AMDEC

Le concept de coopération homme-machine est né suite à l'apparition des outils d'aide à la décision en tant qu'assistant d'un décideur humain et donc à la possibilité de partager les taches entre eux, dans ces circonstances le groupe fait appel à l'outil AMDEC en vue d'obtenir des conseils qu'il utilise dans la prise de décision. Il guide le groupe dans sa démarche de résolution de problème pour l'amener à découvrir lui-même la solution. Par conséquent il a l'atout de réduire les coûts de maintenance.

Bien que les coûts de maintenance dépendent des caractéristiques du matériel qui se présentent sous trois formes : caractéristiques pouvant être données par le fournisseur, caractéristiques propres à l'exploitant et caractéristiques communes à l'exploitant et au fournisseur , les coûts de la maintenance se composent essentiellement en deux composantes :
les coûts directs et les coûts indirects.

L'étude AMDEC permet principalement d'optimiser les coûts indirects (**Figure II.6**). En effet elle constitue une méthode de diagnostic intelligente dans la mesure où elle permet de prévoir un certain nombre de faiblesses, de défauts, d'anomalies et de pannes au niveau de l'ensemble des éléments qui concourent à la fabrication d'un produit. [II.18]

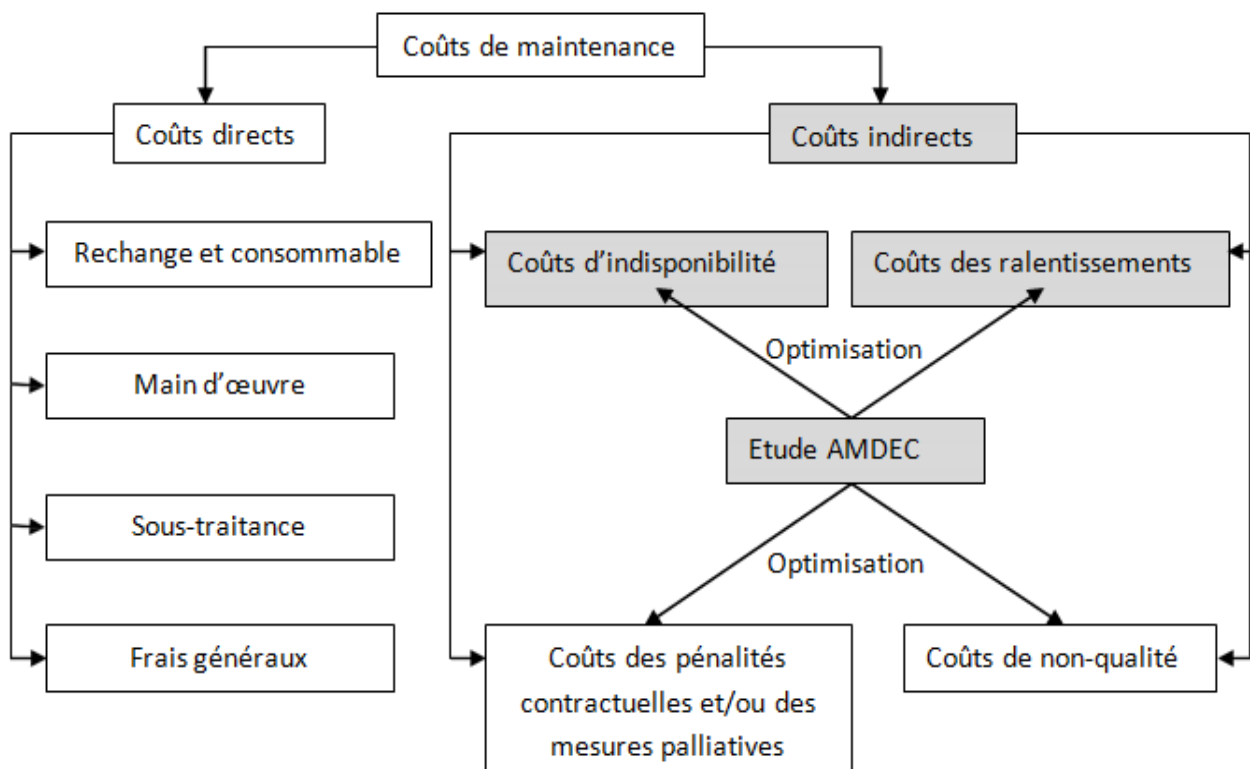


Figure II.6 : Méthode d'optimisation de la maintenance par l'AMDEC. [II.18]

II.6.4 La méthode AMDEC a pour objectif aussi à

- Identifier les causes et les effets de l'échec potentiel d'un procédé ou d'un moyen de production,
- Identifier les actions pouvant éliminer (ou du moins réduire) l'échec potentiel.

II.6.4.1 Terminologies

A. La Défaillance

D'après la norme AFNOR X 60-500, une défaillance est la cessation de l'aptitude d'un élément à accomplir une fonction requise.

B. Mode de défaillance

Un mode de défaillance est la manière dont le système peut s'arrêter de fonctionner ou fonctionner anormalement. Le mode de défaillance est relatif à chaque fonction de chaque élément. Il s'exprime en termes physiques.

Exemples : rupture, coupure d'électricité, coincement, fuite...

C. Cause de défaillance

Une cause de défaillance est l'anomalie initiale pouvant conduire à la défaillance, par l'intermédiaire du mode de défaillance. La cause de défaillance d'un élément peut être interne ou externe à celui-ci. A un mode de défaillance peuvent correspondre plusieurs causes et réciproquement.

Exemples : sous dimensionnement, manque de lubrifiant, corrosion, cavitation...

D. Effet de défaillance

L'effet d'une défaillance est, par définition, une conséquence subie par l'utilisateur.

Un même mode de défaillance peut engendrer plusieurs effets simultanés qui peuvent se cumuler et s'enchaîner. De même, plusieurs modes peuvent avoir le même effet.

Exemples : arrêt de production, déficit en eau potable...

E. Détection

La détection est un phénomène ou paramètre physique, anomalie ou symptôme, pouvant être observé, détecté ou mesuré de manière précoce et traduisant l'apparition, la propagation ou l'évolution d'un mécanisme de défaillance.

F. Indices de Fréquence « F »

Il représente le risque que la cause potentielle de défaillance survienne et qu'elle entraîne le mode potentiel de défaillance considéré. De ce fait, la notion de fréquence est relative à une combinaison cause mode. Finalement, la fréquence s'exprime par le nombre de défaillances de l'élément sur une période donnée.

Indice	Valeur	Indice de défaillance
Indice de fréquence F	1	Défaillance pratiquement inexistante
	2	Défaillance rarement apparue (exemple un défaut par an).
	3	Défaillance occasionnellement apparue (exemple : un défaut par trimestre).
	4	Défaillance fréquemment apparue (exemple : un défaut par mois)

Tableau II.1 : échelle de fréquence F.[II.23]

G. Indice de Gravité « G »

Il se réfère à la gravité (ou sévérité) de l'effet de chaque défaillance, tel que ressenti par l'utilisateur. Ainsi, la notion de gravité est directement liée à l'effet de la défaillance.

Indice	Valeur	Indice de défaillance
Indices de Gravité G	1	Défaillance mineure: aucune dégradation notable du matériel (exemple: TI £ 10min).
	2	Défaillance moyenne nécessitant une remise en état de courte durée (exemple: 10 min < TI £ 30 min).
	3	Défaillance majeure nécessitant une intervention de longue durée (exemple 30min<TI £ 90 min).
	4	Défaillance catastrophique très critique nécessitant une grande intervention (exemple TI > 90 min).
	5	Sécurité/Qualité: accident pouvant provoquer des problèmes de sécurité des personnes, lors du dysfonctionnement ou lors de l'intervention.

Tableau II.2 : échelle de gravité G à 5 niveaux. [II.23]

H. Indice de Non Détection « D »

Il représente la probabilité que la cause (et/ou le mode) de défaillance supposée apparue atteigne l'utilisateur. La probabilité de non détection dépend d'une part de l'existence d'une anomalie observable de manière suffisamment précoce et d'autre part des moyens de détection mis en œuvre (ou envisagés) au moment de l'étude.

Indices	Valera	Inice de défaillance
Indice de Non - défaillance D	1	Détection totale : Les dispositions prises assurent une détection totale de la cause initiale ou du mode de défaillance, permettant ainsi d'éviter l'effet le plus grave, provoqué par la défaillance pendant la production.
	2	Détection exploitable : La cause ou le mode de défaillance sont décelables, mais le risque de ne pas être perçus existe.
	3	Détection faible : La cause ou le mode de défaillance sont difficilement décelables ou les éléments de détection sont peu exploitables.
	4	Sans détection : Rien ne permet de détecter la défaillance avant que l'effet ne se produise.

Tableau II.3 : échelle de détection D. [II.23]

I. Criticité « C »

Pour chaque cause de défaillance, le produit des trois indices de fréquence, gravité et non détection est effectué. Le résultat donne l'indice de Criticité : $C=F \cdot G \cdot D$

Les actions menées sont décidées par le groupe de travail pour pouvoir éliminer tous points critiques. À partir de la valeur de la criticité, on peut classer les problèmes par ordre décroissant et les répartir en différentes classes (Tableau II.4).

Valeur de la criticité	Politique de la maintenance
$C < 16$	Mise sous correctif
$16 \leq C < 32$	Mise sous préventif à la fréquence faible
$32 \leq C < 36$	Mise sous préventif à la fréquence élevée
$36 \leq C < 48$	Recherche d'amélioration
$48 \leq C < 64$	Reprendre la conception

Tableau II.4 : Critère de criticité. [II.24]

Remarque : S'il s'agit d'une AMDEC-produit ou une AMDEC- processus, il existe d'autres grilles de cotation des indices G, F, D allant jusqu'à 10. [II.18]

II.6.4.2 La grille de AMDEC

PME : Analyse des modes de défaillance de leurs effets et de leurs criticités								
Système :			DATE :					
N	L'élément	Fonction	Modes de défaillance	Cause	Effet	Détection	Criticité	Action
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Tableau II.1 : La grille AMDEC. [II.19]

1 : Cette colonne permet d'inscrire le numéro de l'élément.

2 : Cette colonne permet d'inscrire la désignation de l'élément.

3 : Cette colonne permet d'inscrire la fonction réalisée par l'élément lors du fonctionnement normal.

4 : Cette colonne permet d'inscrire le mode de défaillance qui correspond à la manière dont l'élément peut être amené à ne plus assurer sa fonction.

5 : Cette colonne permet d'inscrire les causes ayant conduit à l'apparition de la défaillance du dispositif à travers le mode de défaillance de l'élément.

6 : Cette colonne permet d'inscrire les effets provoqués par l'apparition des modes de défaillance ; tels que perçus par l'utilisateur du dispositif.

7 : Cette colonne permet d'inscrire les modes de détection qui sont les signes provoqués par l'apparition de la défaillance, sans qu'elle n'ait encore générée l'apparition de conséquences.

8 : Ces colonnes permettent d'inscrire la valeur de la criticité C, calculée à partir de l'estimation des indices F, G et D.

9 : Cette colonne permet d'inscrire l'ensemble des mesures correctives décidées par le groupe de travail, pour éliminer les points critiques. [II.19]

II.6.5 Démarche pratique de l'AMDEC

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

La démarche pratique de l'AMDEC se décompose en 5 étapes suivantes :

Étape 1 :

Analyse des mécanismes ou modes de défaillance fonctionnels ou matériels des éléments constituant les sous-systèmes. L'identification des mécanismes de défaillance doit être réalisée de manière exhaustive tant au niveau des causes que des conséquences sur les sous-systèmes et le système. Il doit également y avoir une identification des moyens de détection et des fonctions et barrières de sécurité préliminaires.

Étape 2 :

Evaluation de la criticité avec l'affectation d'un niveau de criticité à chaque défaillance et détermination des défaillances critiques par comparaison au seuil de criticité acceptable prédéfini. La criticité est le produit de la gravité, l'occurrence (fréquence) et la probabilité de non détection. Chacun de ces facteurs est noté soit à partir d'un consensus d'experts, soit à partir d'informations obtenues dans la littérature selon une échelle arbitraire définie pour la circonstance en fonction du processus étudié. Les causes des modes de défaillance présentant les plus fortes criticités seront traitées en priorité afin d'améliorer la conception du processus, du produit et de la machine et d'orienter les mesures de prévention.

Étape 3 :

Proposition d'actions correctives afin d'entraîner la diminution du niveau de criticité des défaillances en agissant sur un ou plusieurs des critères (fréquence, gravité, probabilité de non-détection de la défaillance).

Étape 4 :

Synthèse de l'étude et décisions qui consistent à effectuer un bilan et fournir les éléments permettant de lancer les actions à effectuer.

Étape 5 :

L'AMDEC est finalement formalisée sous la forme d'un tableau récapitulatif. [II.21]

II.6.6 Avantages et inconvénients des méthodes AMDEC**- Avantages de la méthode AMDEC**

La maîtrise des risques à l'aide de la méthode AMDEC permet de mener des actions préventives, c'est-à-dire de résoudre les problèmes avant que ceux-ci ne se présentent. Si cette méthode est suivie tout au long du cycle de vie du produit, la production en sera améliorée et débarrassée de problèmes majeurs. [II.22]

- Inconvénients de la méthode AMDEC

L'AMDEC nécessite une connaissance poussée de la question à étudier. En général, un brainstorming avec plusieurs personnes impliquées de la conception à la livraison du produit est nécessaire. Pour cela, il faut donc qu'une équipe puisse se mettre d'accord sur les modes de défaillance étudiés. Cette méthode est, de ce fait, lourde à mettre en place. [II.22]

II.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présentés les notions globales de la fiabilité, maintenabilité et la disponibilité et les différents outils d'aide à la décision pour faire choisir la politique de maintenance adéquate de système

Chapitre III :

Application sur la presse 1600T

III. Introduction

Positionner la maintenance au sein de la system de production est un exercice difficile, comme il est toujours difficile de faire simple dans un environnement complexe. C'est l'objectif du dernier chapitre où on tente par l'exploitation de l'historique de panne de la machine d'extrusion (presse 1600T) de faire face à l'étude expérimentale des analyses fonctionnelles et des indicateurs FMD et la méthode (A.B.C) et étude l'AMDEC de la machine d'extrusion (presse 1600T).

L'application Pratique des méthodes d'analyse:

- Exploitation de l'historique:

L'historique de panne de la machine d'extrusion (presse 1600T) Le traitement des données brutes de l'historique (), passe par :

- Le calcul des heures de bon fonctionnement (TBF), qui résultent des différences entre la mise en service et panne.
- TTR Le calcul des heures techniques de réparation.

Anne	Mois	TBF	TTR
2017	Janvier	1230	45
	Février	2277	94
	Mars	2715	75
	Avril	873	66
	Mai	676	81
	Juin	1020	116
	Juillet	822	53
	Août	868	62
	Septembre	1006	48
	Octobre	311	114
	Novembre	392	116
	Décembre	1485	54
2018	Janvier	754	44
	Février	1078	42
	Mars	1752	34
	Avril	765	35
	Mai	3383	50
	Juin	364	55
	Juillet	199	57
	Août	244	44
	Septembre	212	90
	Octobre	408	53
	Novembre	985	95
	Décembre	578	142
2019	Janvier	407	196
	Février	1879	41
	Mars	408	67
	Avril	399	37
	Mai	690	152
	Juin	1486	57
	Juillet	1296	57
	Août	1478	61
	Septembre	2349	51
	Octobre	1142	98
	Novembre	950	79
	Décembre	619	67
2020	Janvier	1607	46
	Février	1257	48
	Mars	744	53
	Avril	804	60
	Mai	969	46
	Juin	545	73
	Juillet	380	100
	Août	330	130
	Septembre	392	49
	Octobre	522	107
	Novembre	220	131
	Décembre	732	51

Tableau III.1 : Dossier historique de la presse 1600 t

III.1 Etude FMD (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité)

III.1.1 Calcul les paramètres de Wei bull

Le tableau suivant comporte les TBF classés par ordre croissant, et les $F(t_i)$ calculés par la méthode des rangs moyens

$$F(t_i) = \frac{\sum ni}{N+1}$$

(Dans notre cas $n > N = 48 > 20$) et on trace la courbe de Wei Bull :

N°	TBF(min)	Classement TBF(min)	Ni	$\sum ni$	$F_e = \sum ni / N+1$
1	1230	199	1	1	0.02
2	2277	212	1	2	0.04
3	2715	220	1	3	0.06
4	873	244	1	4	0.08
5	676	311	1	5	0.10
6	1020	330	1	6	0.12
7	822	364	1	7	0.14
8	868	380	1	8	0.16
9	1006	392	1	9	0.18
10	311	392	1	10	0.20
11	392	399	1	11	0.22
12	1485	407	1	12	0.24
13	754	408	1	13	0.27
14	1078	408	1	14	0.29
15	1752	522	1	15	0.31
16	765	545	1	16	0.33
17	3383	578	1	17	0.35
18	364	619	1	18	0.37
19	199	676	1	19	0.39
20	244	690	1	20	0.41
21	212	732	1	21	0.43
22	408	744	1	22	0.45
23	985	754	1	23	0.47
24	578	765	1	24	0.49
25	407	804	1	25	0.51
26	1879	822	1	26	0.53
27	408	868	1	27	0.55
28	399	873	1	28	0.57
29	690	950	1	29	0.59
30	1486	969	1	30	0.61
31	1296	985	1	31	0.63
32	1478	1006	1	32	0.65

33	2349	1020	1	33	0.67
34	1142	1078	1	34	0.69
35	950	1142	1	35	0.71
36	619	1230	1	36	0.73
37	1607	1257	1	37	0.76
38	1257	1296	1	38	0.78
39	744	1478	1	39	0.80
40	804	1485	1	40	0.82
41	969	1486	1	41	0.84
42	545	1607	1	42	0.86
43	380	1752	1	43	0.88
44	330	1879	1	44	0.90
45	392	2277	1	45	0.92
46	522	2349	1	46	0.94
47	220	2715	1	47	0.96
48	732	3383	1	48	0.98

Tableau III.2 : calcul la Fonction de réparation réelle

A partir de papier de Wei bull ou logiciel minitab18

On déduire les paramètres : β , η et γ .

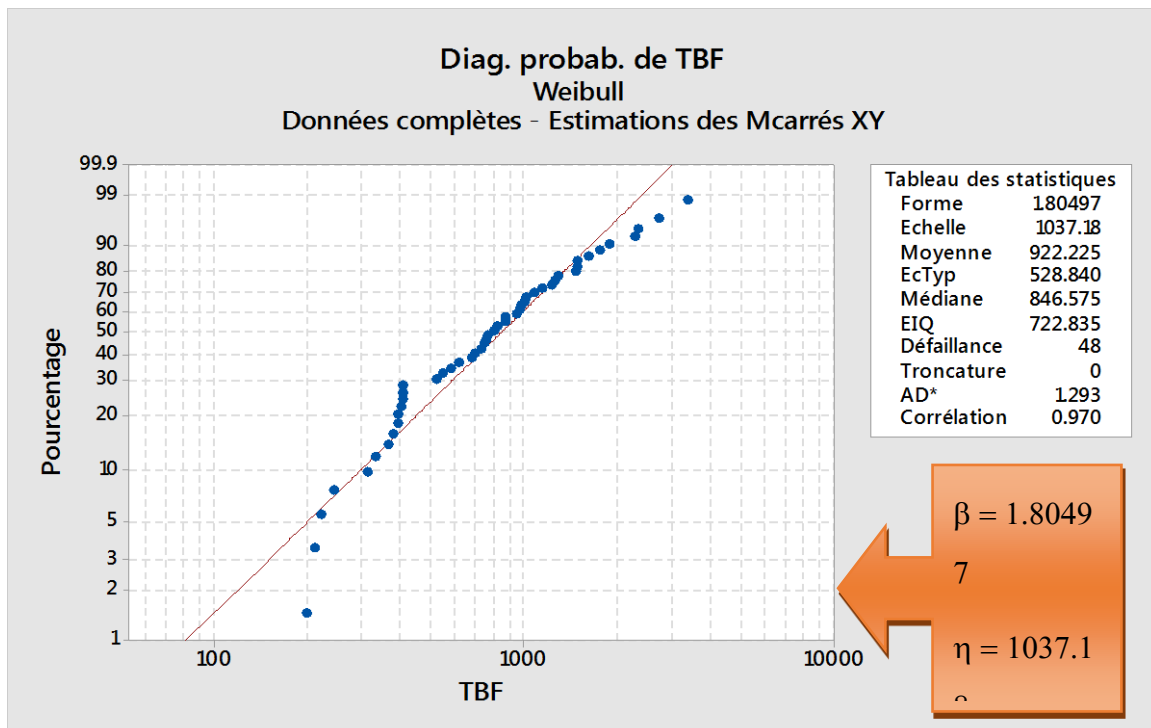


Figure III.1: papier de Wei Bull. en logiciel minitab18.

III.1.2 Test (Kolmogorov Smirnov)

Avant la validation de toutes les lois de fiabilité, il est nécessaire de tester l'hypothèse pour savoir si nous devons accepter ou rejeter le modèle proposé par le test de **Kolmogorov Smirnov** avec un seuil de confiance de $\alpha = 5\%$. Ce test consiste à calculer l'écart entre la fonction théorique $F(i)$ et la fonction réelle $F(t)$ et prendre le maximum en valeur absolue $D_{n,max}$.

Cette valeur est comparée avec $D_{n,\alpha}$ Qui est donnée par la table de Kolmogorov Smirnov (voir sur table Annexe 1).

- Si $D_{n,max} > D_{n,\alpha}$ On refuse l'hypothèse.
- Si $D_{n,max} < D_{n,\alpha}$ On accepte l'hypothèse.

N°	TBF (min)	ni	$\sum ni$	$F_t(t)$	$F_r(t)$	$D_n = F_t(t) - F_r(t) $
1	199	1	1	0.02	0.04967	0.02926
2	212	1	2	0.04	0.05524	0.01443
3	220	1	3	0.06	0.05909	0.00214
4	244	1	4	0.08	0.07085	0.01078
5	311	1	5	0.10	0.10730	0.00526
6	330	1	6	0.12	0.11914	0.00330
7	364	1	7	0.14	0.14024	0.00261
8	380	1	8	0.16	0.15068	0.01258
9	392	1	9	0.18	0.15864	0.02503
10	392	1	10	0.20	0.15893	0.04515
11	399	1	11	0.22	0.16341	0.06108
12	407	1	12	0.24	0.16858	0.07632
13	408	1	13	0.27	0.16917	0.09613
14	408	1	14	0.29	0.16963	0.11609
15	522	1	15	0.31	0.25153	0.05460
16	545	1	16	0.33	0.26846	0.05807
17	578	1	17	0.35	0.29370	0.05324
18	619	1	18	0.37	0.32596	0.04139
19	676	1	19	0.39	0.36960	0.01815
20	690	1	20	0.41	0.38073	0.02744
21	732	1	21	0.43	0.41298	0.01559
22	744	1	22	0.45	0.42263	0.02634

23	754	1	23	0.47	0.42984	0.03955
24	765	1	24	0.49	0.43859	0.05121
25	804	1	25	0.51	0.46806	0.04214
26	822	1	26	0.53	0.48207	0.04854
27	868	1	27	0.55	0.51583	0.03519
28	873	1	28	0.57	0.51926	0.05217
29	950	1	29	0.59	0.57397	0.01786
30	969	1	30	0.61	0.58683	0.02541
31	985	1	31	0.63	0.59781	0.03484
32	1006	1	32	0.65	0.61193	0.04113
33	1020	1	33	0.67	0.62129	0.05218
34	1078	1	34	0.69	0.65768	0.03620
35	1142	1	35	0.71	0.69568	0.01861
36	1230	1	36	0.73	0.74365	0.00896
37	1257	1	37	0.76	0.75695	0.00185
38	1296	1	38	0.78	0.77556	0.00005
39	1478	1	39	0.80	0.84967	0.05375
40	1485	1	40	0.82	0.85206	0.03573
41	1486	1	41	0.84	0.85230	0.01556
42	1607	1	42	0.86	0.88966	0.03251
43	1752	1	43	0.88	0.92384	0.04629
44	1879	1	44	0.90	0.94615	0.04819
45	2277	1	45	0.92	0.98400	0.06564
46	2349	1	46	0.94	0.98740	0.04862
47	2715	1	47	0.96	0.99658	0.03740
48	3383	1	48	0.98	0.99979	0.02019

Tableau III.3 : test de Kolmogorov-Smirnov.

D'après la table de Kolmogorov-Smirnov :

$D_{n,max} < D_{n,\alpha}$ Ce qui veut dire que le modèle de Wei Bull est accepté.

Nous avons pris la valeur maximale $D_{n,max} = |F_i - F_t|$.

$D_{n,max} = 0.11609$ tandis que $D_{n,\alpha} = D_{48,5} = 0.19221$ (voir annexe tab.1).

$0.11609 < 0.19221$ donc l'hypothèse du modèle de Wei Bull est acceptable.

III.1.3 Exploitation les paramètres de WEIBULL

III.1.3.1 Le MTBF

Le tableau de MTBF donne $A=0.88929$, $B=0.51123$ (voir annexe tab.2).

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

$$MTBF=0.88929 * 1037.18 + 0$$

$$MTBF = \mathbf{922.35m}$$

III.1.3.2 La densité de probabilité en fonction de MTBF

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

$$f(t) = \frac{1.8049}{1037.18} \left(\frac{922.35}{1037.18} \right)^{1.8049-1} e^{-\left(\frac{922.35}{1037.18} \right)^{1.8049}} = 0.00070497 = 0.07\%$$

III.1.3.3 La fonction de répartition en fonction de MTBF

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

$$F(t=MTBF) = 1 - e^{-\left(\frac{922.35}{1037.18} \right)^{1.8049}} = 0.554760 = 55.4760$$

III.1.3.4 La fiabilité en fonction de MTBF

$$R(t=MTBF) = 1 - F(t=MTBF) = 1 - 0.554760 = 0.44524$$

$$R(MTBF) = 44.524\%$$

On remarque que la fiabilité de la (presse 1600T) est faible.

III.1.3.5 Le taux de défaillance en fonction de MTBF

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

$$\lambda(t = MTBF) = \frac{1.8049}{1037.18} \left(\frac{922.35}{1037.18} \right)^{1.8049-1} = 0.0015833 \text{ panne/min}$$

III.1.3.6 Calcul du temps souhaitable pour une intervention systématique

$$R(t) = 75\% \rightarrow t = ?$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta} \right)^\beta} \quad \text{Ln } R(t) = \left(\frac{t}{\eta} \right)^\beta = \ln(0.75)$$

$$[\ln R(t)]^{1/\beta} = t/\eta$$

$$t = \eta [\ln(1/R(t))]^{1/\beta}$$

$$t = 1037.18 \left[\ln\left(\frac{1}{0.75}\right) \right]^{1/1.8049}$$

Donc $t_{sys} = 520.07$ min

Pour garder la fiabilité de la presse 1600T 75% il faut intervenir chaque temps systématique 520.07 min

III.1.4 Étude de modèle de Wei bull

III.1.4.1 La fonction de la densité de probabilité

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

$$f(t) = \lambda(t) * R(t)$$

N°	TBF (min)	f(t)
1	199	0.04967
2	212	0.05524
3	220	0.05909
4	244	0.07085
5	311	0.10730
6	330	0.11914
7	364	0.14024
8	380	0.15068
9	392	0.15864
10	392	0.15893
11	399	0.16341
12	407	0.16858
13	408	0.16917
14	408	0.16963
15	522	0.25153
16	545	0.26846
17	578	0.29370
18	619	0.32596
19	676	0.36960
20	690	0.38073
21	732	0.41298
22	744	0.42263
23	754	0.42984
24	765	0.43859

N°	TBF (min)	f(t)
25	804	0.46806
26	822	0.48207
27	868	0.51583
28	873	0.51926
29	950	0.57397
30	969	0.58683
31	985	0.59781
32	1006	0.61193
33	1020	0.62129
34	1078	0.65768
35	1142	0.69568
36	1230	0.74365
37	1257	0.75695
38	1296	0.77556
39	1478	0.84967
40	1485	0.85206
41	1486	0.85230
42	1607	0.88966
43	1752	0.92384
44	1879	0.94615
45	2277	0.98400
46	2349	0.98740
47	2715	0.99658
48	3383	0.99979

Tableau III.4 : Calcul la fonction de la densité de probabilité.

Courbe de la densité de la probabilité f(t)

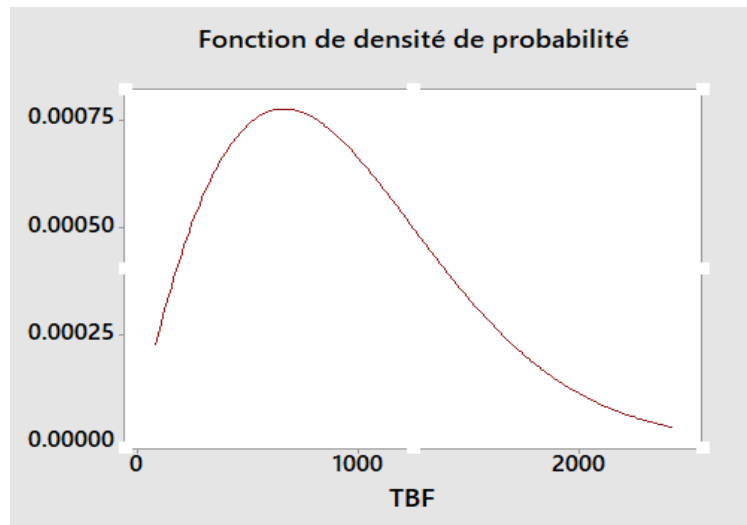


Figure III.2 : Courbe de la densité de la probabilité logiciel minitab18.

Analyse de la courbe

D'après cette courbe on remarque que la fonction f(t) (densité de probabilité) croissant avec le temps jusqu'à **t=769 min** , puis décroissant

III.4.2 Fonction de répartition F(t)

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

N°	TBF(min)	F(t)
1	199	0.05011
2	212	0.05571
3	220	0.05958
4	244	0.07140
5	311	0.10800
6	330	0.11988
7	364	0.14104
8	380	0.15150
9	392	0.15948
10	392	0.15976
11	399	0.16426
12	407	0.16943
13	408	0.17003
14	408	0.17048
15	522	0.25246

N°	TBF(min)	F(t)
25	804	0.46880
26	822	0.48278
27	868	0.51647
28	873	0.51989
29	950	0.57448
30	969	0.58731
31	985	0.59825
32	1006	0.61233
33	1020	0.62167
34	1078	0.65796
35	1142	0.69585
36	1230	0.74369
37	1257	0.75695
38	1296	0.77551
39	1478	0.84945

16	545	0.26940	40	1485	0.85183
17	578	0.29464	41	1486	0.85207
18	619	0.32689	42	1607	0.88937
19	676	0.37049	43	1752	0.92352
20	690	0.38160	44	1879	0.94584
21	732	0.41382	45	2277	0.98381
22	744	0.42345	46	2349	0.98723
23	754	0.43064	47	2715	0.99651
24	765	0.43938	48	3383	0.99978

Tableau III.5 : Calcul la Fonction de répartition F(t).

Courbe fonction de répartition F(t)

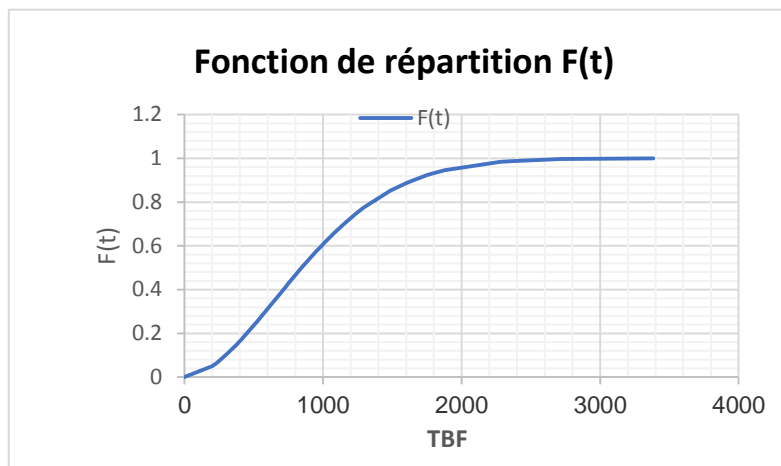


Figure III.3 : Courbe de la fonction de répartition F(t) .

Analyse de la courbe

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

$$F(t=MTBF) = 0.554760 = 55.4\%$$

III.1.4.3 La fiabilité

La fonction fiabilité de celle de répartition: $R(t) = 1 - F(t)$, après calcul la fiabilité de la turbine aux temps t=MTBF, on début que la valeur n'est pas satisfaisante donc on peut dire que la turbine n'est pas fiable à t=MTBF

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

$$R(t=MTBF) = 0.44524 = 44 \%$$

N°	TBF (min)	R(t)
1	199	0.95033
2	212	0.94476
3	220	0.94091
4	244	0.92915
5	311	0.89270
6	330	0.88086
7	364	0.85976
8	380	0.84932
9	392	0.84136
10	392	0.84107
11	399	0.83659
12	407	0.83142
13	408	0.83083
14	408	0.83037
15	522	0.74847
16	545	0.73154
17	578	0.70630
18	619	0.67404
19	676	0.63040
20	690	0.61927
21	732	0.58702
22	744	0.57737
23	754	0.57016
24	765	0.56141

N°	TBF (min)	R(t)
25	804	0.53194
26	822	0.51793
27	868	0.48417
28	873	0.48074
29	950	0.42603
30	969	0.41317
31	985	0.40219
32	1006	0.38807
33	1020	0.37871
34	1078	0.34232
35	1142	0.30432
36	1230	0.25635
37	1257	0.24305
38	1296	0.22444
39	1478	0.15033
40	1485	0.14794
41	1486	0.14770
42	1607	0.11034
43	1752	0.07616
44	1879	0.05385
45	2277	0.01600
46	2349	0.01260
47	2715	0.00342
48	3383	0.00021

Tableau III.6 : Calcul de la fiabilité.

Courbe fonction de la fiabilité

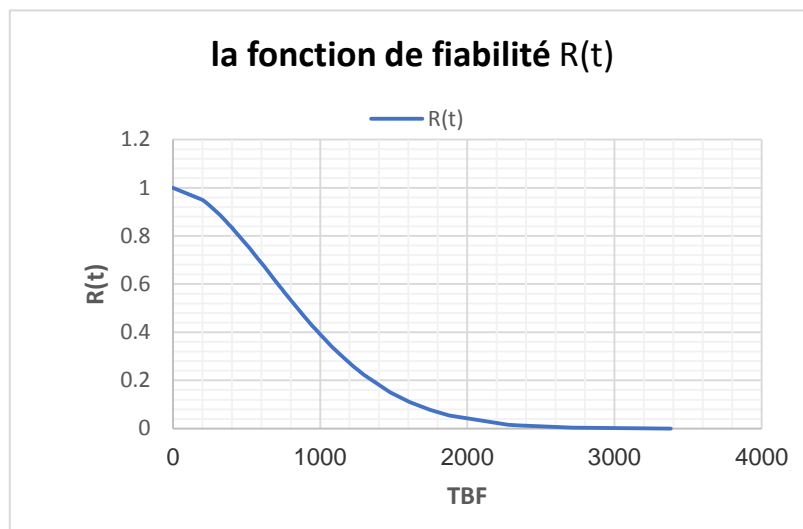


Figure III.4 : Courbe de la fonction de la fiabilité R(t) .

Analyse de la courbe

Le graphe décroissant en fonction de temps ce qui fait expliquer par le phénomène de dégradation comme par exemple l'usure.

L'amélioration de la fiabilité la passe obligatoirement par une analyse des défaillances avec une étude détaillée de leurs causes de leurs modes et de leurs conséquences.

III.4.4 Le taux de défaillance

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

N°	TBF (min)	$\lambda(t)*10^{-3}$
1	199	0.461
2	212	0.484
3	220	0.500
4	244	0.543
5	311	0.659
6	330	0.693
7	364	0.749
8	380	0.776
9	392	0.795
10	392	0.796
11	399	0.807
12	407	0.819
13	408	0.821
14	408	0.822
15	522	1.002
16	545	1.036
17	578	1.086
18	619	1.149
19	676	1.233
20	690	1.254
21	732	1.314
22	744	1.332
23	754	1.346
24	765	1.362

N°	TBF (min)	$\lambda(t)*10^3$
25	804	1.417
26	822	1.444
27	868	1.508
28	873	1.515
29	950	1.621
30	969	1.647
31	985	1.669
32	1006	1.698
33	1020	1.717
34	1078	1.795
35	1142	1.880
36	1230	1.997
37	1257	2.031
38	1296	2.081
39	1478	2.314
40	1485	2.323
41	1486	2.324
42	1607	2.476
43	1752	2.653
44	1879	2.807
45	2277	3.277
46	2349	3.360
47	2715	3.775
48	3383	4.507

Tableau III.7 : Calcul le taux de défaillance.

Courbe fonction du taux de défaillance

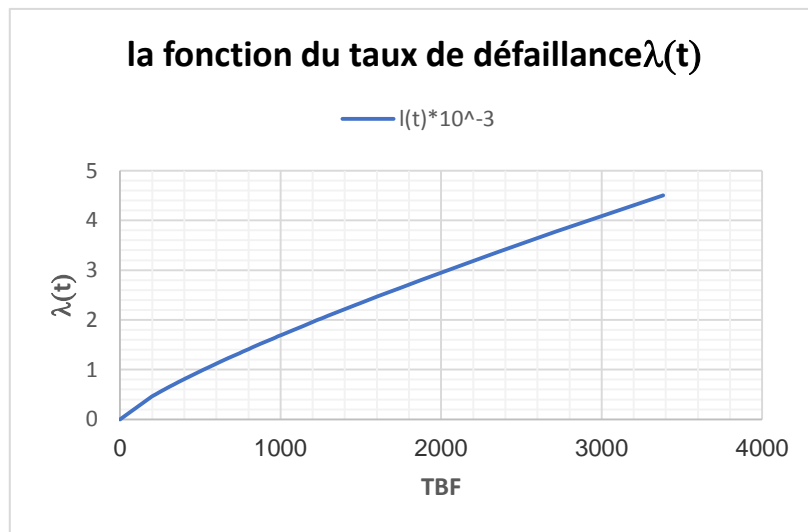


Figure III.5 : Courbe du taux de défaillance $\lambda(t)$.

Analyse de la courbe

Le taux de défaillance est croissant en fonction de temps. Les défaillances sont dues à des anomalies ou des imperfections de montage ou à la méconnaissance de la conduite du matériel de la part des opérateurs, cette augmentation qui provoque la diminution de fiabilité de la machine.

III.1.5 Calcul la Maintenabilité

D'après l'historique des pannes :

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{N}$$

TTR : temps de réparation.

N : nombre de panne.

$$MTTR = \frac{3526}{48} = \mathbf{73 \text{ min.}}$$

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

Avec $\mu = 1/MTTR$

$$\mu = 1/73 = \mathbf{0.0136 \text{ intervention /min.}}$$

N°	TTR	M(t)
1	34	0.3705
2	35	0.3790
3	37	0.3975
4	41	0.4311
5	42	0.4361
6	44	0.4474
7	44	0.4494
8	45	0.4581
9	46	0.4647
10	46	0.4675
11	48	0.4766
12	48	0.4806
13	49	0.4852
14	50	0.4964
15	51	0.4994
16	51	0.5039
17	53	0.5112
18	53	0.5130
19	53	0.5136
20	54	0.5237
21	55	0.5295
22	57	0.5405
23	57	0.5413
24	57	0.5418

N°	TTR	M(t)
25	60	0.5594
26	61	0.5664
27	62	0.5693
28	66	0.5945
29	67	0.5961
30	67	0.5999
31	73	0.6277
32	75	0.6413
33	79	0.6574
34	81	0.6677
35	90	0.7077
36	94	0.7234
37	95	0.7261
38	98	0.7368
39	100	0.7435
40	107	0.7658
41	114	0.7895
42	116	0.7932
43	116	0.7951
44	130	0.8292
45	131	0.8323
46	142	0.8560
47	152	0.8742
48	196	0.9311

Tableau III.8 : Calcul La maintenabilité.

Courbe de la fonction de Maintenabilité

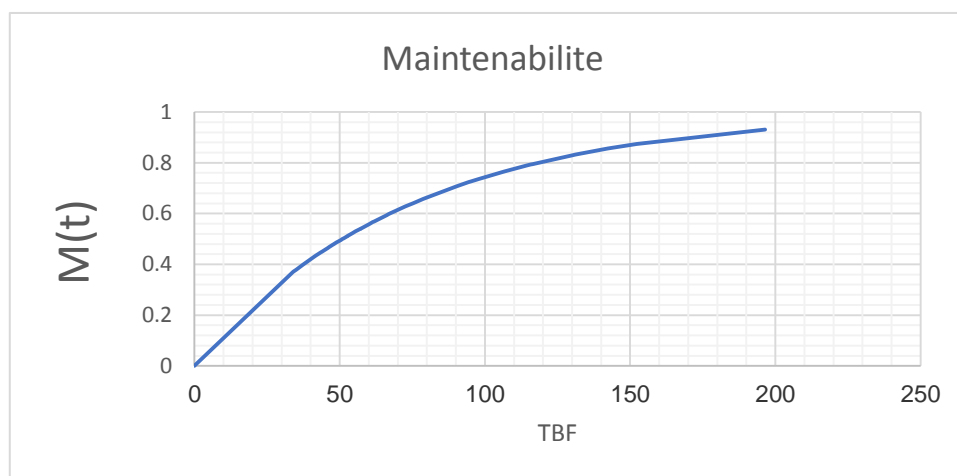


Figure III.6 : Courbe maintenabilité M(t) .

Analyse de la courbe

On voit que la courbe de maintenabilité est une courbe croissante, Après l'observation du graphe de maintenabilité on déduit que nous avons peu de chance pour que la réparation se fasse dans les meilleures conditions possibles .

III.1.6 Calcul la disponibilité

Disponibilité instantanée

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

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \longrightarrow \lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{922.35} = 0.00108$$

$$MTTR = \frac{1}{\mu} \longrightarrow \mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{73.46} = 0.01361$$

$$\mu + \lambda = 0.01361 + 0.00108 = 0.01470$$

$$D(t) = \frac{0.01361}{0.01470} + \frac{0.00108}{0.01470} e^{-(0.01470)t}$$

N°	T(min)	D(t)
1	50	0.9616
2	100	0.9432
3	150	0.9344
4	200	0.9301
5	250	0.9281
6	300	0.9271
7	350	0.9267
8	400	0.9264
9	450	0.9263
10	500	0.9263
11	550	0.9263
12	600	0.9262
13	650	0.9262

N°	T(min)	D(t)
25	1250	0.9262
26	1300	0.9262
27	1350	0.9262
28	1400	0.9262
29	1450	0.9262
30	1500	0.9262
31	1550	0.9262
32	1600	0.9262
33	1650	0.9262
34	1700	0.9262
35	1750	0.9262
36	1800	0.9262
37	1850	0.9262

14	700	0.9262
15	750	0.9262
16	800	0.9262
17	850	0.9262
18	900	0.9262
19	950	0.9262
20	1000	0.9262
21	1050	0.9262
22	1100	0.9262
23	1150	0.9262
24	1200	0.9262

38	1900	0.9262
39	1950	0.9262
40	2000	0.9262
41	2050	0.9262
42	2100	0.9262
43	2150	0.9262
44	2200	0.9262
45	2250	0.9262
46	2300	0.9262
47	2350	0.9262
48	2400	0.9262

Tableau III.9 : Calcul la disponibilité instantanée.

Courbe fonction de la disponibilité

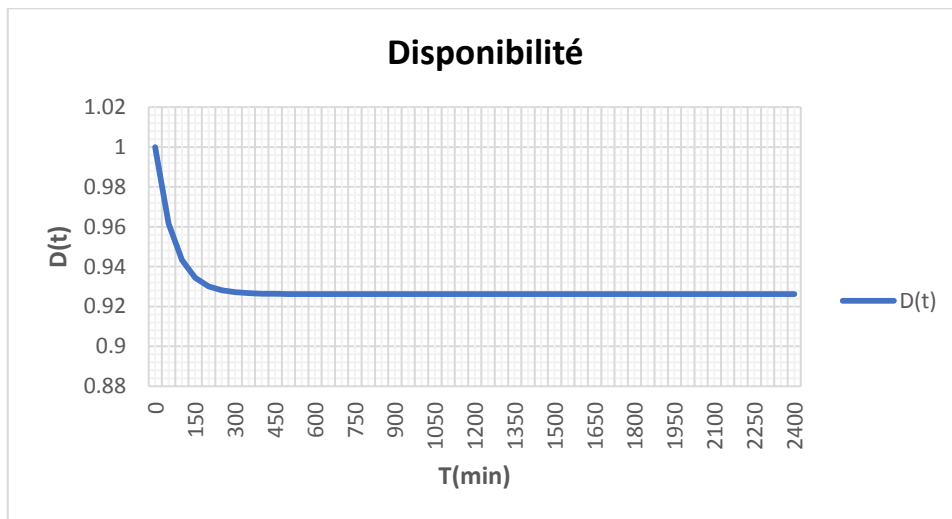


Figure III.7: Courbe de Disponibilité instantané.

Analyse de la courbe

La disponibilité est décroissante en fonction de temps, pour augmenter la disponibilité d'une presse 1600T 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).

III.2 Méthodes d'analyse prévisionnelle « ABC (Pareto) »

SYSTEM	nt	Cumul H d'arrêt	Cumul H d'arrêt %	Nb panne	Cumul de panne	Cumul de panne%
Tracteur de filage	1142.583	1142.583	34%	710	710	24%
Cisaille à chaud à billettes	501.170	1643.753	49%	622	1332	44%
Presse	544.500	2188.253	65%	516	1848	61%
Four a billettes	283.167	2471.420	74%	266	2114	70%
Four de filière	274.083	2745.503	82%	355	2469	82%
Table de stockage	219.250	2964.753	89%	224	2693	89%
Table de chargement	138.283	3103.037	93%	97	2790	93%
Table de refroidissement	129.083	3232.120	97%	100	2890	96%
Étireuse	43.417	3275.537	98%	43	2933	97%
Scie initiale	41.667	3317.203	99%	52	2985	99%
Scie final	31.417	3348.620	100%	24	3009	100%

Tableau III.10 : calcul l'analyse ABC (Pareto).

Courbe d'ABC (PARETO)

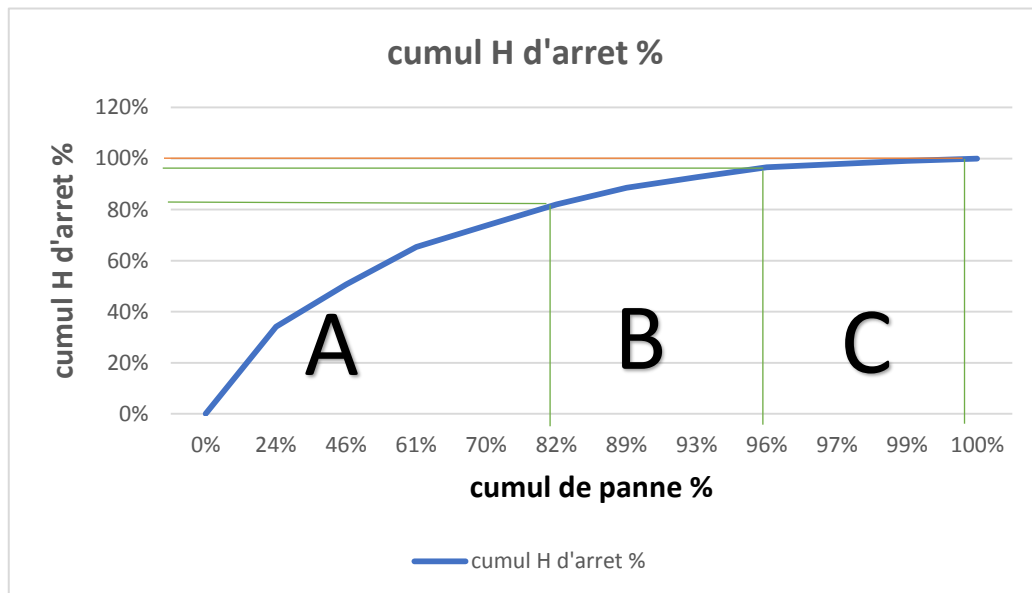


Figure III.8 : La courbe d'ABC.

Analyse de la courbe

- Zone "A" :

Dans la majorité des cas, on constate qu'environ 82% des pannes représente 82% des heures d'arrêts, ceci constitue la zone A, zone des priorités (tracteur de filage , cisaille à chaud a billettes , presse , four a billettes , four de filière).

- Zone "B" :

Dans cette tranche, les 14 % des pannes représentent 15 % supplémentaire (table de stockage , table de chargement, table de refroidissement).

- Zone "C" :

Dans cette zone les 4 % des pannes restantes ne représentent que 3% des heures d'arrêts (étireuse , scie initiale , scie final).

II.3 Le diagramme de Pareto en N / Nt / \bar{t}

C'est un outil dédié à l'analyse des défaillances. Il consiste à tracer 3 graphes portant successivement en ordonnées :

- $N \times MTTR = STTR$, cumul des N durées d'intervention. Ce sera un indicateur de non disponibilité .
- N : nombre de pannes enregistrées par familles. Ce sera un indicateur de non fiabilité .
- MTTR : moyenne des durées d'intervention. Ce sera un indicateur de non maintenabilité Les abscisses seront ordonnées par criticité décroissante des familles analysées sur le 1 er graphe en NT.

III.3.1 Tableau de l'indice de fiabilité N

SYSTEM	Nb pane	SUM NB panne	SUM NB panne %	N%
Tracteur de filage	710	710	24%	23.60%
Cisaille à chaud à billettes	622	1332	44%	20.67%
Presse	516	1848	61%	17.15%
Four de filière	355	2203	73%	11.80%
Four a billettes	266	2469	82%	8.84%

Table de stockage	224	2693	89%	7.44%
Table de refroidissement	100	2793	93%	3.32%
Table de chargement	97	2890	96%	3.22%
Scie initiale	52	2942	98%	1.73%
Étireuse	43	2985	99%	1.43%
Scie final	24	3009	100%	0.80%

Tableau III.11 : Pareto en N.

La courbe Pareto en N

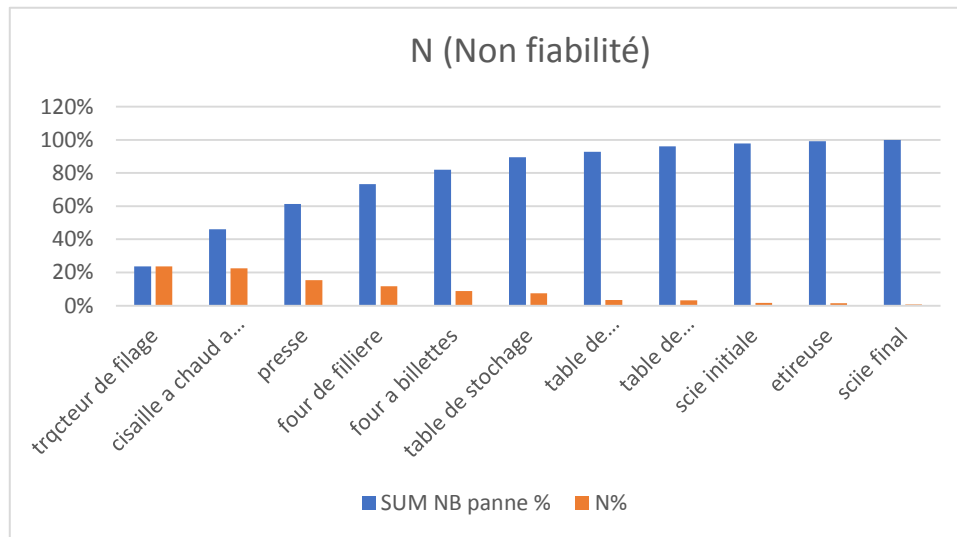


Figure III.9 : La courbe Pareto en N.

Analyse de la courbe

Le graphe en N oriente vers l'amélioration de la fiabilité : ici on constate que les sous-ensembles (tracteur de filage, cisaille à chaud a billettes, presse, four a billettes, four de filière) sont ceux sur lesquels il faudra agir prioritairement. Actions préventives systématiques dans un premier temps, conditionnelle ensuite.

III.3.2 Tableau de l'indice de l'indisponibilité N_t

SYSTEM	N_t	SUM N_t	SUM $N_t\%$	$N_t\%$
Tracteur de filage	1142.583	1142.583	34%	34.12%
Presse	544.500	1687.083	50%	16.26%
Cisaille à chaud à billettes	501.170	2188.253	65%	14.97%
Four a billettes	283.167	2471.420	74%	8.46%
Four de filière	274.083	2745.503	82%	8.18%
Table de stockage	219.250	2964.753	89%	6.55%
Table de chargement	138.283	3103.037	93%	4.13%
Table de refroidissement	129.083	3232.120	97%	3.85%
Étireuse	43.417	3275.537	98%	1.30%
Scie initiale	41.667	3317.203	99%	1.24%
Scie final	31.417	3348.620	100%	0.94%

Tableau III.12 : Pareto en N_t .

La courbe Pareto en N_t

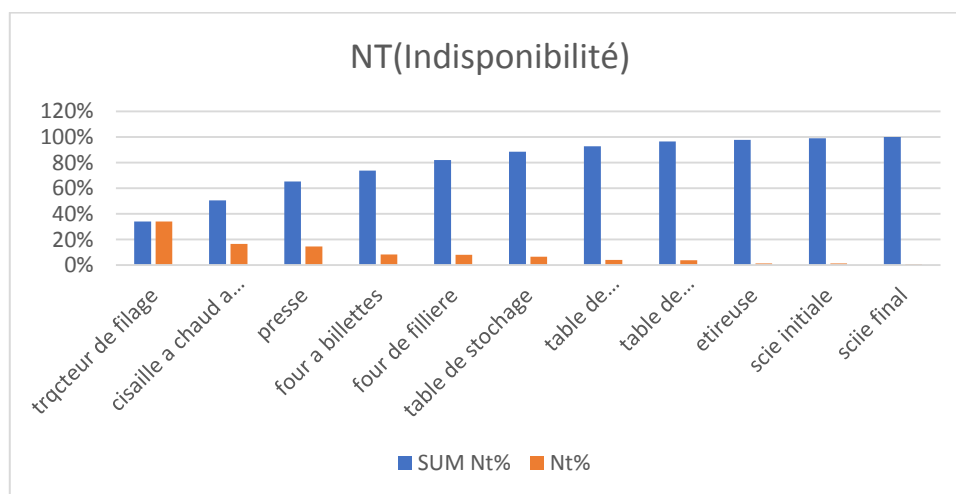


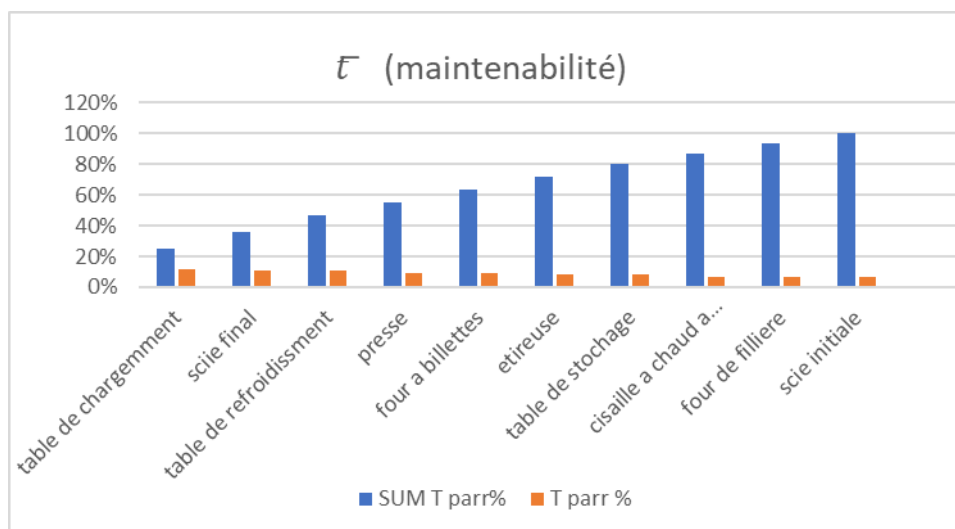
Figure III.10 : La courbe Pareto en N_t .

Analyse de la courbe

Le graphe en N_t est un indicateur de disponibilité, car N_t estime la perte de disponibilité de chaque sous-ensemble. Il permet donc de sélectionner l'ordre de prise en charge des types de défaillance en fonction de leur criticité (ici les sous-ensembles tracteurs de filage, cisaille à chaud a billettes, presse, four a billettes, four de filière).

III.3.3 Tableau de l'indice de maintenabilité \bar{t}

SYSTEM	\bar{t}	$\Sigma \bar{t}$	$\Sigma \bar{t}\%$	$\bar{t}\%$
Tracteur de filage	1.61	1.61	13%	13.22%
Table de chargement	1.43	3.04	25%	11.74%
Scie final	1.31	4.35	36%	10.76%
Table de refroidissement	1.29	5.64	46%	10.59%
Presse	1.06	6.7	55%	8.70%
Four a billettes	1.06	7.76	64%	8.70%
Étireuse	1.01	8.77	72%	8.29%
Table de stockage	0.98	9.75	80%	8.05%
Four de filière	0.82	10.57	87%	6.73%
Cisaille à chaud à billettes	0.81	11.38	93%	6.65%
Scie initiale	0.80	12.18	100%	6.57%

Tableau III.13 : Pareto en \bar{t} .La courbe Pareto en \bar{t} Figure III.11 : La courbe Pareto en \bar{t} .

Analyse de la courbe

Le graphe en t oriente vers la maintenabilité, c'est à dire l'amélioration de l'aptitude à la maintenance. Ici, les sous-ensembles (tracteur de filage, table de chargement, scie final, table de refroidissement) qui présentent des difficultés de réparation.

III.4 Etude AMDEC

L'AMDEC est une technique utilisée pour le développement des produits et des procédés afin de réduire les risques d'échecs et de documenter les actions entreprises pour la revue d'un processus. Il est aussi destiné à être utilisé pour les actions préventives.

III.4.1 Définition du critère G, F, N**Gravité**

- 1 arrêt de production inférieur à 1 heure
- 2 arrêt de production inférieur à 4 heures
- 3 arrêt de production inférieur à 1 jour
- 4 arrêt de production supérieur à 1 jour

Fréquence

- 1 moins d'une fois par an
- 2 moins d'une fois par mois
- 3 moins d'une fois par semaine
- 4 plus d'une fois par semaine

Le non détection

- 1 Visible par l'opérateur
- 2 Détection aisée par un agent de maintenance
- 3 Détection difficile
- 4 Très difficilement décelable

III.4.2 Tableau AMDEC de la presse 1600T

Éléments	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance	Mode de détection					Action Corrective
						F	G	D	C	
Pompe de refroidissement (presse)	Refroidissement d'huile	Manque pression	Endommagement d'accouplement	Température excessive	Thermomètre	3	4	2	24	Changer l'accouplement
Cisaille de culot (presse)	Coupez le résidu après l'extrusion	Ne démarre plus	Impuretés dans l'huile	Blocage	Visuel	2	5	3	30	Control visuel
Pompa principale (presse)	Augmentation continue de la pression du fluide	Manque pression	Impuretés dans l'huile	Chute de pression	Visuel	2	4	3	24	Nettoyage des filtres d'huile
Palan filière (presse)	Levage et transport des filières	Rupture câble de levage	Mauvaise manipulation	Arrêt	Visuel	4	3	1	12	Changement de câble
Poussoir billettes (presse)	Pousser la billettes	Desserrage	Manque de lubrification	Arrêt la presse d'extrusion	Visuel	2	3	1	6	Entretien préventif
Chargeur de billettes (presse)	Chargement de billettes	Déréglage	Déréglage des captures de position	Chargeur hors position	Visuel/ PLC	2	3	2	12	Réglage des captures
Plaque d'usure (tracteur)	Réduire le frottement	Usure	Frottement	Frottement d'axe ou cylindre	Visuel	4	2	2	16	Changement de la paque

Cable de traction métallique (tracteur)	Tracter le tracteur	Déchireur Dilatation	Mauvaise serrage	Tracteur a l'arrêt	Visuel	4	2	1	8	Refixation
Fin de course (tracteur)	Limiter de fonction	La tête se casse	Choc	Arrêt de séquence	Chargeur de PLC	4	2	2	16	Changement de fin course
Réducteur (tracteur)	Réduire la vitesse	- Usure d'engrenage - Cisaillement l'axe	- Manque de lubrification - Blocage d'une coté	Arrêt du tracteur	-Vérification avec désassemblage - Coupant dans l'huile de lubrification	4	2	3	24	Changement d'engrenage et l'axe
ZONE DE RECHAUFFAGE (Four a billetes)	Réchauffer les billetes	Arrêt des ventilateurs de circulation	Surintensité sur les moteurs	Arrêt de production	Control visuel ou ALARME	2	2	4	16	Entretien préventif
FOUR A CHAUFFE RAPIDE (Four a	Chauffer les billetes [380°C à 530°C]	Fonctionnement irrégulier	Défaillance structurale, thermocouples à	Arrêt de production	alarme [surcharge pression] sur	2	3	4	14	Entretien préventif

billetes)			pénétration		l'armoire de commande					
Table billetes	Charger les billetes en cascade sur le train de rouleaux	Blocage physique ou coincement	Défaillance de vérin pneumatique	Difficulté de chargement des billetes	Visuel	1	1	2	2	Control visuel
Vérin (scie initiale)	Déplacer la lame	Fuite d'huile interne	Dégradation des segments Dégradation des joints	Chute de pression	Lecture sur manomètre	3	3	2	18	Changement des segments et joint d'étanchéité
Courroie (scie initiale)	Transmettre le mouvement	Dilatation Déchireur	Extra durée	Rupture	Visuel	3	2	2	12	Changement de courroie
Poulie (scie initiale)	Guider la courroie	Usure	Frottement à cause de mauvais alignement de corrois	Frottement des lèvres	Visuel	3	1	3	9	Changement courroie
Scie final	Couper les extrémités déformation	Fissuration	Augmenter frottement	Arrêt du scie final	Visuel	2	3	2	12	Control visuel
Roulement d'entrainement (table de refroidissement)	Entrainer la table d'évacuation	Grippage	Poussière	Blocage	Visuel	4	3	2	24	Changement roulement Lubrification

Vérin pneumatique (table de refroidissement)	Déplacer les tapis roulant	Fuit d'aire	Dégradation de joint	Chute de pression	Manomètre	4	3	2	24	Changement des joints
Axe d'entrainement (table de refroidissement)	Transmettre le mouvement pour les tapie	Torsion cisaillement	Surcharge de profile	Arrêt de la table	Visuel	4	3	2	24	Changement l'axe
Chaine d'entrainement (table de refroidissement)	Transmettre de mouvement	Rupture	-Coincage manque -Graissage	Arrêt d'axe d'entrainement	Visuel	2	3	4	24	-Lubrification -Changement la chaine
Réducteur (table de refroidissement)	Réduire la vitesse	Blocage	Usure cisaillement	Arrêt d'axe d'entrainement	Visuel	4	2	2	16	Usinage un nouvel axe
Palies à roulement (table de refroidissement)	Fixer la table	Casseur de roulement Grippage roulement	Axe désalignée Poussière	-Risque de déplacement de la table -Vibration	-Vibromètre -Visuel	4	2	3	24	-Changement roulement -Lubrification
Cisaille à chaud à billetés	Couper la billette a des morceaux de longueurs de	Fonctionnement irrégulier	Problèmes hydrauliques	Arrêt totale de la production	Visuel	2	2	4	16	Entretien préventif

	cisaillement									
Convoyeur de profils	Convoyage de profils	Blocage	Crochage des profils d'aluminium	Arrêt	Visuel	4	3	3	36	Réparation
Vérin hydraulique (étireuse)	Attracteur les profile	Fuit d'huile interne	Dégradation de segment	Chute de pression	Abaissement force de traction	4	2	3	24	Changement les segments et joint d'étanchéité
Vérin pneumatique (étireuse)	Déplacer les tapie roulant	Fuite d'air	Dégradation joint	Chute de pression	Lecture sur manomètre de pression	4	3	3	36	Changement des joints
Glissière de mor (étireuse)	Glisser de more	Usure Allongement	Frottement	Cisaillement	Visuel	4	2	4	32	Changement des glissière
Table de mise en longueur	Limiter la longueur	Rupture	Choc due à profile	Mauvaise précision de longueur profile	Télémètre	2	2	1	4	
Four de filière	Chauffer la filière	Rupture des résistance électrique	Court-circuit	Baisse température	Lecture	2	2	1	4	Soudage
Thermocouple (four de billette)	Mesure de la température de la billette	Thermocouple n'est pas fonctionnée	Électrode de thermocouple défaillez	Mauvaise lecture de la température billette	Visuel	4	2	1	8	Changement les électrodes de thermocouple

Table de chargement	Charger la billette au four	Rupture de chaine	Dégradation	La billette ne charge pas	Visuel	4	2	1	8	Réparation
---------------------	-----------------------------	-------------------	-------------	---------------------------	--------	---	---	---	---	------------

Tableau III.14 : AMDEC de la presse 1600T.

III.4.3 Classement les résultants de criticité

Figure III.12 de criticité nous permet de découvrir l’organe qui a la plus grande criticité, et ainsi, on peut savoir les actions à apposer pour diminuer le niveau de sa criticité .

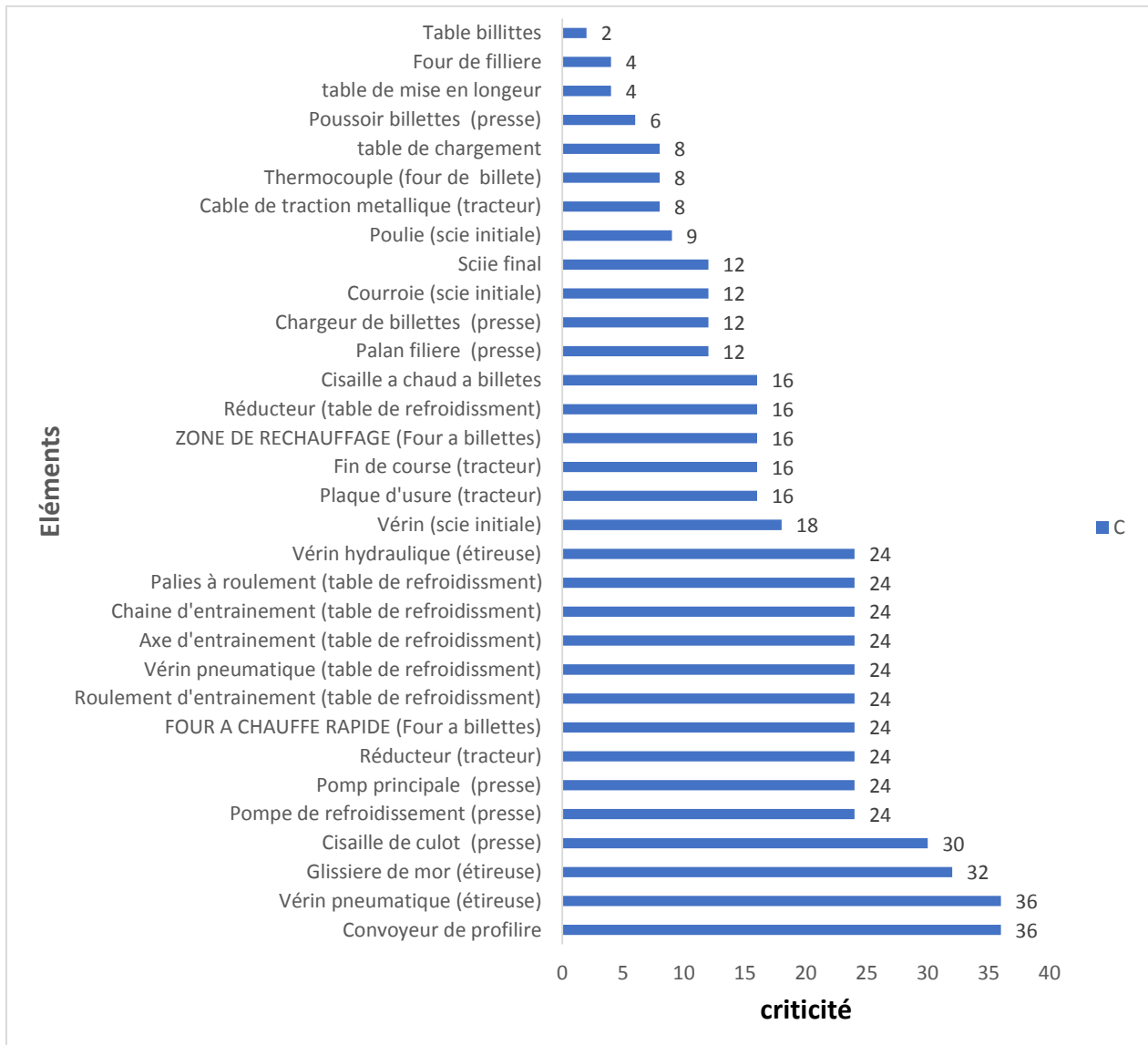


Figure III.12 : Résultants de criticité.

Par la définition des critères précédant la criticité maximale d’une défaillance est de 64

d’après la relation $C = G * F * N = 4 * 4 * 4 = 64$

On a choisi la valeur 8 comme seuil de criticité, et :

- Si la criticité $C < 8$ mise sous correctif.
- Si la criticité $8 < C < 32$ mise sous préventive.
- Si la criticité $32 < C < 48$ recherche d’amélioration.
- Si la criticité $48 < C < 64$ reprendre la conception.

III.4.4 Classification des éléments par leur criticité

- Convoyeur de profilire	36	Recherche d'amélioration
- Vérin pneumatique (étireuse)	36	
- Glissière (étireuse)	32	Mise sous préventive
- Cisaille de culot (presse)	30	
- Pompe de refroidissement (presse)	24	
- Pompe principale (presse)	24	
- Réducteur (tracteur)	24	
- Four a chauffe rapide (four a billettes)	24	
- Roulement d'entrainement (table de refroidissement)	24	
- Vérin pneumatique (table de refroidissement)	24	
- Axe d'entrainement (table de refroidissement)	24	
- Chaîne d'entrainement (table de refroidissement)	24	
- Palies à roulement (table de refroidissement)	24	
- Vérin hydraulique (étireuse)	24	
- Vérin (scie initiale)	18	
- Plaque d'usure (tracteur)	16	
- Fin de course (tracteur)	16	
- Zone de réchauffage (four a billettes)	16	
- Réducteur (table de refroidissement)	16	
- Cisaille a chaud a billetes	16	
- Palan filiere (presse)	12	
- Chargeur de billettes (presse)	12	
- Courroie (scie initiale)	12	
- Scie final	12	
- Poulie (scie initiale)	9	
- Cable de traction métallique (tracteur)	8	
- Thermocouple (four de billettes)	8	

- Table de chargement	8	Mise sous correctif
- Poussoir billettes (presse)	6	
- Table de mise en longueur	4	
- Four de filiere	4	
- Table billettes	2	

Tableau III.15 : Classification des éléments par leur criticité.

Chaque mode de défaillance identifié dans le tableau AMDEC est caractérisé par sa criticité qui permet d'établir l'ordre des priorités des actions correctives à entreprendre.

Après l'analyse des modes de défaillance de l'extracteur redresseur on a pu hiérarchiser les différentes défaillances selon leur importance et on a pu constater que les éléments suivants : Convoyeur de profilire, Vérin pneumatique (étireuse), avec les indices de criticité respectivement 36 , 36 sont les plus critiques que les autres éléments.

Afin d'envisager les remèdes possibles pour éradiquer toutes les causes des défaillances, en assurant la disponibilité et la fiabilité du système en même temps. Alors il faut bien faire une étude propre à chaque sous ensemble pour bien comprendre son comportement pathologique.

L'analyse AMDEC est une recherche longue mais fructueuse qui s'intègre parfaitement dans une démarche d'analyse et de prévention des risques. En outre, la formalisation induite par la grille d'analyse permet de conserver et de capitaliser les informations relatives aux caractéristiques des moyens de production, des produits et des processus.

III.5 Conclusions

Nous avons permis l'application d'outils développés en fiabilité, tels que (FMD, Pareto et AMDEC...etc.).

Mentionné dans le chapitre précédent de la mise en œuvre de nos travaux d'évaluation de la fiabilité du système de production à l'aide des lois de Whipple, puis connaître les pièces les plus vulnérables aux interruptions qui entraînent des interruptions de production et enfin connaître les membres critiques du système et proposer une maintenance politique qui contribue à augmenter la fiabilité du système (presse 1600T) dans l'unité d'extrusion à l'intérieur de l'entreprise, On a constaté un manque énorme des données et de la documentation ce qui a rendu difficile de mener à bien notre travail.

Conclusion générale

Le système de production est l'un des systèmes les plus complexes. La maintenance des systèmes production est obligatoire à appliquer pour minimiser le temps de panne, améliorer le temps de bon fonctionnement et augmenter la production de ces systèmes et leurs profits économiques. La productivité de l'entreprise et la fiabilité des équipements sont liées directement au nombre et à la durée des pannes répétitives de ces équipements.

Dans notre travail, nous avons fait un stage pratique au sein de l'entreprise ALGAL+ de M'sila plus précisément dans la zone industrielle, pour avoir des connaissances pratiques sur le fonctionnement de cette entreprise d'une part et d'extraire l'historique de panne de la chaîne de production (presse 1600 T) d'une autre part.

L'historique de panne du système choisi a permis d'appliquer la méthode ABC qui permet de choisir entre plusieurs problèmes ceux qui doivent être traités en priorité nous avons remarqué que :

Les éléments importants de la presse 1600T et qui nécessitent des interventions à mener en priorité de ceux qui le sont moins.

Pour choisir la méthode de calculs de fonction de répartition, de fiabilité, de densité de probabilité et du taux de défaillance, les paramètres de Weibull ont été calculés puis testés par le test de KOLMOGOROV SMIRNOV (détermine l'écart entre la fonction théorique et la fonction réelle).

On a utilisé le logiciel MINITAB pour trouver les paramètres de Weibull et les programmes sous EXCEL pour visualiser les courbes de fonction de répartition, de densité de probabilité, de fiabilité, du taux de défaillance, de maintenabilité et de disponibilité.

Après avoir étudié la fiabilité de la presse 1600 T, nous avons trouvé la valeur du paramètre de forme supérieur à 1 ($\beta > 1$), ce qui signifie que ce presse 1600T est en période de vieillesse.

Pour garder la fiabilité de la presse 1600T à 75% il faut intervenir chaque temps systématique

520.07min

L'étude et l'analyse des modes de défaillance, leur effet et leur criticité « AMDEC » a permis de dresser un tableau indiquant les organes ayant une criticité plus élevée. Enfin, et grâce à ces résultats, nous avons pu proposer un plan de maintenance du compresseur étudié, qui vise à améliorer les procédures de maintenance préventive dans le but de le maintenir et de prolonger sa durée de vie.

Pour l'amélioration de la maintenabilité de la presse 1600 T on a proposé de faire diminuer l'allongement du temps de réparation et pour cela on a conseillé d'appliquer la méthode ICHIKAWA.

Recommandations de l'étude :

En conséquence, nous proposons un ensemble de recommandations et de solutions, notamment :

- les machines et équipements ne doivent pas être surchargés pour un fonctionnement normal.
- Les pièces consommées des machines et équipements doivent être remplacées avant qu'elles ne soient complètement endommagées.
- Maintenir des quantités raisonnables de pièces de rechange pour la fourniture d'urgence.
- Tenir un registre de chaque machine pour montrer les défauts qui lui sont survenus et pour les guider dans l'élaboration d'une politique de maintenance.
- Mettre en place un système d'estimation du temps requis pour chaque activité de maintenance préventive.

Référence bibliographique

Introduction

- [1] **Benammar. S** Diagnostic des défaillances dans les systèmes industriels (Doctoral dissertation). (2010).
- [2] **Rémy, E.** Modèles d'évaluation quantitative de l'effet de la maintenance sur la fiabilité—état des lieux des recherches passées et en cours à EDF R&D. Actes du congrès LambdaMu, Avignon.(2008).
- [3] **Sitayeb, F. B.** Contribution à l'étude de la performance et de la robustesse des ordonnancements conjoints Production/Maintenance-Cas du Flowshop (Doctoral dissertation, Université de Franche-Comté). (2005).
- [4] **GEORJON A. DEBORDE R.** « Maintenance Des Systèmes Industriels » éditions Hachette Technique 1994-43, Quai de Grenelle ,75905 Paris Cedex 15, I.S.B.N.201.020188.4.

Chapitre I

- [I.1] Livre Cours de Maintenance Industrielle/TEC 336/ /UNIV.MENTOURI CONSTANTINE/FACULTÉ DES SCIENCES DE L'INGÉNIEUR / 2007-2008.
- [I.2] Documents Usine ALGAL +.
- [I.3] **A. BELHOMME**, Cours de stratégie de maintenance 2010/2011.
- [I.4] **Deghboudj Samir** ; Université de Tébessa Maintenance des Moteurs Diesel ; May 2006.
- [I.5] **Ahmad AlaliAlhouaij**, Contribution à l'optimisation de la maintenance dans un contexte distribué, thèse doctorat d'université de Grenoble délivré par l'Institut polytechnique de Grenoble, 2011.
- [I.6] **Deloux, E.** Politiques de maintenance conditionnelle pour un système à dégradation continue soumis à un environnement stressant (Doctoral dissertation, Université de Nantes),(2008).
- [I.7] **ADDOUN Abdelkrim**, «Optimisation de la maintenance par la méthode AMDEC appliquée au ventilateur de l'entreprise ALZINC » Mémoire de Master en Génie Mécanique, université de Aboubakr Belkaïd– Tlemcen – Faculté de TECHNOLOGIE, 11/ 2015.
- [I.8] **DOUABA NADJI / BEROUBA SLIMANE**, « Analyse analytique FMD et AMDEC d'un compresseur à vis- ATLAS COPCO ZE3 » Mémoire de Master en Génie Mécanique, université de KASDI MERBAH OUARGLA, 05/2017.
- [I.9] **BOUREGAA Azzeddine / ROUAS Ahmed**, « MAINTENANCE MOTEUR DIESEL» Mémoire de Master en Génie Mécanique, université de KASDI MERBAH OUARGLA, 06/2019.

- [I.10] **François Monchy et Jean-Pierre Vernier**, MAINTENANCE Méthodes et organisations, 3e édition , livre dunod 2010.
- [I.11] Cours télécharger, <https://www.technologuepro.com/cours-genie-mecanique/cours-9-introduction-maintenance-industrielle/>
- [I.12] **Mme Benaicha Halima**, «Analyse des stratégies de maintenance des systèmes de production industrielle » Thèse de Doctorat, L'Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohammed Boudiaf, 2015.
- [I.13] **Mohamed SOUSSAN & Tarik DIB**, «Etude critique et propositions d'amélioration de la gestion de la maintenance - cas de l'adduction EL KANSERA» Mémoire de Master en ELECTROMECHANIQUE, Ecole Nationale de l'Industrie Minérale (E.N.I.M.), 2012-2011.
- [I.14] **Dr. Djamel FRIHI** Cours de Maintenance Industrielle, Faculté Des Sciences, Université du 8 mai 1945, Juin 2015.
- [I.15] [TAHAN, 1998] **A. Tahan, C. Valderrama, H. Duran**, "TPM – Total Productive Maintenance". 1ère édition : 1 octobre 1998.
- [I.16] **KERFAL Houari** - Assurance qualité en maintenance industrielle - Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie Mécanique - Université Aboubekr Belkaid –Tlemcen 2005.
- [I.17] **ANTER LEBIDI**, « Développement de la production d'un système électromécanique par une proposition d'une politique de maintenance efficace » Mémoire de Master en génie électrique, université de M'sila, 2014.

Chapitre II

- [II.2] **DOUABA, N., BEROUBA, S., & Rabia, K. E. R. E. K.** Analyse analytique FMD et AMDEC d'un compresseur à vis-ATLAS COPCO ZE3
- [II.3] **LOGHRAB, F.** Contribution à l'amélioration des performances de la maintenance par l'utilisation des files d'attentes (Doctoral dissertation, Université Mohamed Boudiaf-M'Sila), (2011).
- [II.4] **BENNECIB SOFIANE**, «étude analyse FMD d'une BANC D'ÉPREUVE» Mémoire de Master en Génie Mécanique, Université Badji Mokhtar -Annaba-Faculté des sciences de l'ingénieur, 2016/2017.

- [II.5] **Aliche, S., & Messaoudi, L.** Etude de la fiabilité et maintenance des systèmes mécanique d'un appareil de forage. Cas: Treuil de forage et une pompe à boue auENTP-TP127 niveau de la station (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou),(2018).
- [II.6] **MERROUCHE, N.** Gestion de la maintenance intégrée de la machine à tubes RM 6 B au niveau de l'entreprise «IRRAGRIS» BBA (Doctoral dissertation, Université Mohamed Boudiaf-M'Sila), (2008).
- [II.7] **SAFA, A., & KENNOUNA, A**« Le contrôle non destructif (CND) et maintenance du moteur de fond hydraulique (PDM de Sperry-Sun) » Mémoire de Master en Génie Mécanique , UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA , 2015-2016.
- [II.8] **Houssam MEITAH,** « Etude de la maintenance industrielles application au hall technologie de l'Université de Biskra » Mémoire de Master en Génie Mécanique , Université Mohammed Khider de Biskra , 2018-2019.
- [II.9] **SALAH, O.** (2018). UTILISATION DE LA GMAO POUR LA PLANIFICATION DE LA MAINTENANCE PREVENTIVE(Mémoire de Master en Génie électrique , Université Mohamed Boudiaf-M'sila) 2017-2018.
- [II.10] **BEN DJAAFER, A.** Réalisation d'un plan de maintenance préventive systématique pour l'amélioration de la sûreté de fonctionnement d'un système électromécanique(Doctoral dissertation, Université Mohamed Boudiaf-M'Sila), (2013).
- [II.11] **GHERBAL, A., SADAoui, N**«MAINTENANCE DES MOTEURS A ESSENCE » Mémoire de Master en Génie Mécanique , Université Kasdi Merbah Ouargla , 2018-2019.
- [II.12] **SAID, H.** « OPTIMISATION DE LA MAINTENANCE DU PARC D'EXPLOITATION AU NIVEAU INDUSTRIEL (INTER ENTREPRISE «GROUPE KHERBOUCHE») » Mémoire de Master en Génie Mécanique , Université Abou Bekaid , 2016-2017.
- [II.13] **Margaux DUROEULX,** «Évaluation de la fiabilité des systèmes modélisés par arbres de défaillances grâce aux techniques de satisfiabilité» Thèse de Doctorat, l'Université de Lorraine Mention Informatique, 2020
- [II.14] **B.DEBRAY, S.CHAUMETTE, S. DESCOURIERE, V. TROMMETER** ,Méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle , livre dunod 13/10/2006.
- [II.15] Documente de AMDEC Ecole IN2P3 Management de Projet 2015.
- [II.16] **ZWINGELSTEIN. G,** se 4005 Évaluation de la criticité des équipements (Méthodes analytiques), base documentaire : méthodes d'analyse des risques, date de publication 10/07/2014.

Résumé

ملخص

الصيانة الصناعية أمر في غاية الأهمية بالنسبة للشركات، والتي تهدف إلى ضمان التشغيل جيد ومستمر لمرافق الإنتاج، هي وظيفة إستراتيجية في مجال الأعمال التطبيقية. ترتبط ارتباطا وثيقا بالتطور التكنولوجي المستمر.

في هذا العمل؛ سنعمل على تحسين موثوقية مكبس ١٦٠٠ طن في شركة (Algal plus) في المسيلة من خلال دراسة إحصائية للأعطال في هذا النظام والتوصية بالحلول الفعالة للتقليل من هذه الأعطال أثناء فترة التشغيل

Résumé

La maintenance industrielle est extrêmement importante pour les entreprises, qui vise à assurer le bon fonctionnement et la continuité des installations de production, est une fonction stratégique dans le domaine des affaires appliquées. Étroitement lié au développement technologique continu.

Dans ce travail; Nous allons améliorer les paramètres de la sureté de fonctionnement de la presse 1600 de l'entreprise (Algal) à M'sila grâce à une étude statistique des dysfonctionnements de ce système et recommander des solutions efficaces pour réduire ces dysfonctionnements pendant la période d'exploitation.

abstract

Industrial maintenance is extremely important for companies, which aims to ensure the proper functioning and continuity of production facilities, is a strategic function in the field of applied business. Closely linked to continuous technological development.

In this work; We will improve the parameters of the operating safety of the 1600 press of the company (Algal) in M'sila through a statistical study of the malfunctions of this system and recommend effective solutions to reduce these malfunctions during the operating period.

ANNEXE

Table d'ajustement de Kolmogorov-Smirnov

α					
N	0.20	0.15	0.10	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	0.621	0.610
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	0.258	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	0.21	0.22	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.20	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.19	0.21	0.23	0.27
> 35	$1.07/\sqrt{N}$	$1.14/\sqrt{N}$	$1.22/\sqrt{N}$	$1.36/\sqrt{N}$	$1.63/\sqrt{N}$

Table d'ajustement de Kolmogorov-Smirnov .

Table Valeurs critiques de $d(n,\alpha)$, pour une taille n de l'échantillon et des niveaux de signification α .

Annexe

Le tableau suivant représente les valeurs de A et B en fonction de β

β	A	B	β	A	B	β	A	B
0.50	2.0000	4.470	1.50	0.9027	0.613	3.00	0.8930	0.325
0.55	1.7024	3.350	1.55	0.8994	0.593	3.10	0.8943	0.316
0.60	1.5046	2.650	1.60	0.8966	0.574	3.20	0.8957	0.307
0.65	1.3663	2.180	1.65	0.8942	0.556	3.30	0.8970	0.299
0.70	1.2638	1.850	1.70	0.8922	0.540	3.40	0.8984	0.292
0.75	1.1906	1.610	1.75	0.8906	0.525	3.50	0.8997	0.285
0.80	1.1330	1.430	1.80	0.8893	0.511	3.60	0.9011	0.278
0.85	1.0880	1.290	1.85	0.8882	0.498	3.70	0.9025	0.272
0.90	1.0522	1.770	1.90	0.8874	0.486	3.80	0.9038	0.266
0.95	1.0234	1.080	1.95	0.8867	0.474	3.90	0.9051	0.260
1.00	1.0000	1.000	2.00	0.8862	0.463	4.00	0.9064	0.254
1.05	0.9803	0.934	2.10	0.8857	0.443	4.10	0.9077	0.249
1.10	0.9649	0.878	2.20	0.8856	0.425	4.20	0.9089	0.244
1.15	0.9517	0.830	2.30	0.8859	0.409	4.30	0.9102	0.239
1.20	0.9407	0.787	2.40	0.8865	0.393	4.40	0.9114	0.235
1.25	0.9314	0.750	2.50	0.8873	0.380	4.50	0.9126	0.230
1.30	0.9236	0.716	2.60	0.8882	0.367	4.60	0.9137	0.226
1.35	0.9170	0.687	2.70	0.8893	0.355	4.70	0.9147	0.222
1.40	0.9114	0.660	2.80	0.8905	0.344	4.80	0.9160	0.218
1.45	0.9067	0.635	2.90	0.8917	0.334	4.90	0.9171	0.214

Table de valeurs de A et B en fonction de β .

Minitab : Logiciel d'ajustage de distributions

Minitab permet d'ajuster automatiquement les distributions aux données échantillon et de sélectionner le meilleur modèle en secondes. Il est conçu de façon à rendre l'analyse des données aussi facile que possible, laissant en coulisse les détails techniques compliqués et vous permettant ainsi de vous concentrer sur les objectifs de vos affaires.

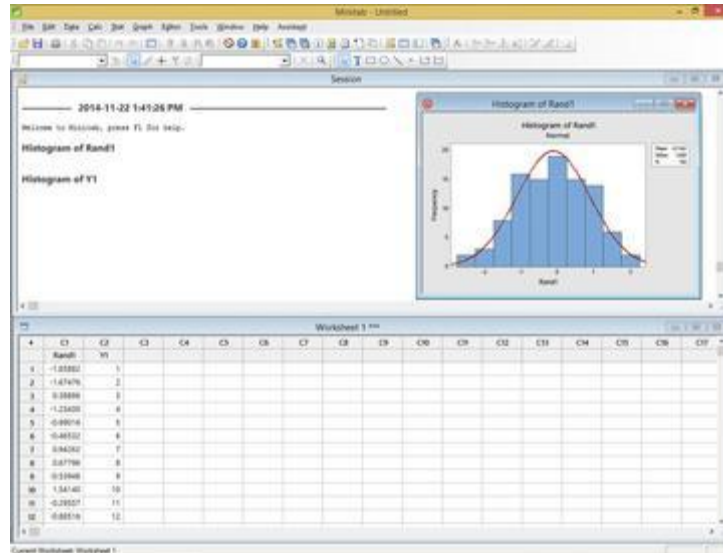


Figure : Interface de logiciel minitab

La dernière version de Minitab peut être téléchargée à partir de

<https://www.minitab.com/en-us/support/downloads/>

Annexe

anne	mois	presse		Tracteur de filage		Four a billettes	
		Heure D'arret	NB	Heure D'arret	NB	Heure D'arret	NB
2017	1	6:05:00	10	8:35:00	9	4:10:00	8
	2	12:00:00	4	6:15:00	6	5:55:00	4
	3	0:00:00	1	0:35:00	1	13:50:00	7
	4	4:15:00	2	6:25:00	4	13:25:00	13
	5	12:30:00	7	26:20:00	12	9:10:00	7
	6	11:10:00	5	23:20:00	11	25:25:00	12
	7	5:45:00	6	8:25:00	7	5:50:00	6
	8	4:55:00	5	0:00:00	0	21:45:00	16
	9	9:20:00	13	5:50:00	5	3:50:00	7
	10	27:05:00	26	28:40:00	20	44:10:00	16
	11	94:25:00	29	4:10:00	7	9:25:00	6
	12	12:50:00	11	3:55:00	4	0:20:00	2
2018	1	6:55:00	10	10:30:00	12	2:30:00	4
	2	2:25:00	6	9:50:00	7	0:35:00	2
	3	2:55:00	6	1:10:00	3	0:15:00	1
	4	2:05:00	7	9:20:00	13	7:55:00	10
	5	0:00:00	0	0:00:00	0	0:25:00	1
	6	4:25:00	10	37:35:00	30	5:10:00	11
	7	8:50:00	20	86:25:00	68	0:50:00	2
	8	10:40:00	13	132:45:00	40	1:40:00	2
	9	13:30:00	14	9:25:00	12	0:00:00	0
	10	2:35:00	9	15:45:00	14	3:00:00	9
	11	17:35:00	16	11:40:00	6	6:10:00	7
	12	9:30:00	8	3:20:00	5	2:45:00	4
2019	1	14:30:00	12	12:45:00	14	4:05:00	3
	2	0:35:00	2	3:25:00	7	2:30:00	5
	3	7:20:00	14	18:40:00	27	1:50:00	2
	4	3:30:00	8	8:25:00	12	0:00:00	0
	5	42:50:00	21	2:10:00	5	0:30:00	1
	6	7:05:00	11	6:00:00	2	1:25:00	4
	7	5:05:00	6	2:25:00	4	3:35:00	5
	8	7:00:00	4	9:45:00	6	1:00:00	1
	9	0:15:00	1	9:20:00	6	0:25:00	1
	10	25:15:00	10	17:00:00	9	6:55:00	5
	11	1:10:00	2	22:50:00	14	9:50:00	5
	12	2:40:00	4	42:00:00	32	7:35:00	7
2020	1	3:45:00	4	3:20:00	5	0:30:00	1
	2	6:35:00	10	8:10:00	6	1:15:00	2
	3	6:55:00	9	14:20:00	17	1:05:00	2
	4	3:00:00	3	6:25:00	8	4:10:00	3
	5	9:15:00	16	6:50:00	10	2:05:00	3
	6	4:45:00	8	28:40:00	23	4:00:00	6
	7	4:50:00	5	111:05:00	56	1:55:00	5
	8	14:35:00	19	18:45:00	20	9:40:00	14
	9	19:55:00	31	12:25:00	16	14:25:00	12
	10	16:25:00	19	77:30:00	13	8:50:00	13
	11	1:45:00	3	238:05:00	83	3:00:00	6
	12	0:50:00	2	12:00:00	19	4:05:00	3
Sum	48	491:35:00	462	1142:35:00	710	283:10:00	266

Annexe

anne	mois	table chargee		Scie initiale		Scie finale	
		Heure D'arret	NB	Heure D'arret	NB	Heure D'arret	NB
2017	1	0:00:00	0	0:40:00	2	0:00:00	0
	2	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0
	3	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0
	4	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0
	5	1:10:00	3	0:00:00	0	0:20:00	1
	6	0:45:00	2	0:35:00	1	0:00:00	0
	7	8:35:00	11	8:15:00	8	1:15:00	2
	8	6:00:00	6	0:00:00	0	0:00:00	0
	9	1:15:00	3	0:35:00	1	0:15:00	1
	10	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0
	11	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0
	12	1:25:00	2	0:00:00	0	0:00:00	0
2018	1	3:00:00	6	2:05:00	1	0:00:00	0
	2	0:00:00	0	2:15:00	4	0:00:00	0
	3	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0
	4	0:00:00	0	0:35:00	1	0:00:00	0
	5	0:55:00	2	0:00:00	0	0:00:00	0
	6	0:27:00	6	0:20:00	1	2:30:00	1
	7	2:15:00	2	0:40:00	1	5:40:00	2
	8	0:00:00	0	4:30:00	5	0:00:00	0
	9	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0
	10	6:50:00	6	0:00:00	0	0:00:00	0
	11	0:55:00	3	0:45:00	1	0:00:00	0
	12	0:35:00	1	0:00:00	0	0:00:00	0
2019	1	0:20:00	1	0:10:00	1	0:00:00	0
	2	1:45:00	2	0:00:00	0	0:00:00	0
	3	0:00:00	0	3:35:00	4	0:00:00	0
	4	0:00:00	0	0:00:00	0	3:00:00	1
	5	0:35:00	2	0:00:00	0	0:00:00	0
	6	0:40:00	2	0:00:00	0	0:00:00	0
	7	3:30:00	3	0:00:00	0	2:20:00	1
	8	0:00:00	0	0:10:00	1	0:00:00	0
	9	0:50:00	1	0:00:00	0	0:35:00	2
	10	0:00:00	0	0:30:00	1	0:00:00	0
	11	0:00:00	0	0:00:00	0	8:35:00	5
	12	40:00:00	2	0:25:00	1	0:20:00	1
2020	1	0:35:00	2	0:00:00	0	0:00:00	0
	2	0:40:00	2	0:55:00	1	0:00:00	0
	3	1:45:00	3	0:00:00	0	0:00:00	0
	4	1:40:00	2	1:00:00	3	0:00:00	0
	5	0:30:00	1	1:00:00	1	0:20:00	1
	6	0:00:00	0	9:15:00	5	0:00:00	0
	7	2:05:00	3	0:00:00	0	0:00:00	0
	8	0:25:00	1	1:10:00	3	0:00:00	0
	9	40:00:00	2	1:55:00	4	4:40:00	2
	10	1:35:00	3	0:00:00	0	0:00:00	0
	11	2:35:00	5	0:00:00	0	1:35:00	4
	12	4:40:00	7	0:20:00	1	0:00:00	0
Sum	48	138:17:00	97	41:40:00	52	31:25:00	24

Annexe

anne	mois	Table de refroidissement		Cisaille billettes a chaud	
		Heure D'arret	NB	Heure D'arret	NB
2017	1	1:35:00	1	0:00:00	0
	2	1:50:00	1	0:15:00	1
	3	0:30:00	2	4:15:00	3
	4	4:50:00	6	12:45:00	13
	5	0:00:00	0	24:25:00	22
	6	1:00:00	1	9:55:00	3
	7	0:00:00	0	3:50:00	6
	8	1:55:00	2	11:50:00	15
	9	1:40:00	3	6:55:00	4
	10	5:40:00	4	11:45:00	19
	11	12:20:00	3	43:40:00	40
	12	0:00:00	0	3:55:00	5
2018	1	2:55:00	4	11:55:00	17
	2	1:20:00	2	5:55:00	10
	3	0:00:00	0	7:10:00	12
	4	0:00:00	0	6:40:00	12
	5	1:35:00	3	7:15:00	5
	6	3:35:00	3	29:00:00	32
	7	2:05:00	1	44:10:00	59
	8	0:25:00	1	57:15:00	84
	9	0:00:00	0	76:50:00	84
	10	1:50:00	4	14:40:00	19
	11	6:25:00	2	3:05:00	4
	12	1:20:00	1	11:50:00	8
2019	1	0:00:00	0	9:55:00	11
	2	3:35:00	2	0:20:00	1
	3	0:00:00	0	16:15:00	27
	4	2:50:00	2	42:20:00	73
	5	1:05:00	2	11:50:00	11
	6	1:00:00	2	2:45:00	2
	7	2:10:00	1	0:50:00	1
	8	0:25:00	1	6:05:00	8
	9	0:00:00	0	1:35:00	4
	10	0:00:00	0	5:55:00	7
	11	0:00:00	0	1:05:00	3
	12	0:20:00	1	0:00:00	0
2020	1	0:00:00	0	1:40:00	3
	2	5:50:00	6	0:00:00	0
	3	9:30:00	5	1:05:00	2
	4	11:30:00	8	2:15:00	3
	5	4:00:00	3	0:00:00	0
	6	14:20:00	8	4:30:00	4
	7	11:00:00	4	9:35:00	4
	8	4:55:00	5	7:45:00	11
	9	2:35:00	4	4:15:00	5
	10	0:00:00	0	5:10:00	5
	11	1:10:00	2	6:45:00	9
	12	0:00:00	0	2:55:00	5
Sum	48	129:05:00	100	554:05:00	676

Annexe

anne	mois	Etireuse		table de stockage		four de filler	
		Heure D'arret	NB	Heure D'arret	NB	Heure D'arret	NB
2017	1	0:00:00	0	1:10:00	1	1:05:00	3
	2	0:00:00	0	0:00:00	0	0:30:00	1
	3	0:00:00	0	0:30:00	1	0:25:00	1
	4	0:00:00	0	3:45:00	6	5:25:00	2
	5	0:00:00	0	0:35:00	1	4:50:00	4
	6	0:00:00	0	0:45:00	1	0:50:00	2
	7	0:25:00	2	1:00:00	1	1:00:00	1
	8	1:15:00	1	1:05:00	1	0:30:00	1
	9	0:00:00	0	1:05:00	1	1:45:00	3
	10	0:50:00	1	1:20:00	2	2:05:00	4
	11	0:00:00	0	0:00:00	0	0:00:00	0
	12	1:55:00	2	1:20:00	1	0:25:00	1
2018	1	0:00:00	0	0:30:00	1	0:00:00	0
	2	0:00:00	0	1:05:00	2	0:40:00	2
	3	2:05:00	2	0:35:00	1	0:00:00	0
	4	0:25:00	1	1:15:00	1	3:15:00	9
	5	0:00:00	0	0:15:00	1	0:30:00	1
	6	0:20:00	1	3:40:00	4	1:10:00	3
	7	2:50:00	3	7:35:00	7	3:40:00	8
	8	0:55:00	2	3:15:00	6	1:50:00	2
	9	0:40:00	1	17:05:00	16	1:50:00	4
	10	10:35:00	8	24:20:00	19	5:00:00	8
	11	0:00:00	0	1:55:00	3	0:00:00	0
	12	0:45:00	2	4:40:00	8	4:10:00	6
2019	1	4:40:00	1	4:55:00	5	2:05:00	1
	2	0:10:00	1	0:00:00	0	0:00:00	0
	3	0:00:00	0	11:05:00	13	2:50:00	1
	4	0:00:00	0	1:05:00	2	0:15:00	1
	5	0:00:00	0	0:30:00	1	0:00:00	0
	6	0:15:00	1	0:20:00	2	0:15:00	1
	7	0:00:00	0	8:45:00	9	2:45:00	3
	8	0:30:00	1	2:10:00	3	2:05:00	3
	9	0:00:00	0	0:00:00	0	2:15:00	3
	10	0:00:00	0	1:40:00	3	1:35:00	1
	11	0:00:00	0	7:45:00	7	0:00:00	0
	12	0:20:00	1	16:30:00	13	1:55:00	3
2020	1	0:00:00	0	0:00:00	0	2:55:00	5
	2	0:00:00	0	0:00:00	0	2:15:00	5
	3	0:45:00	2	12:20:00	14	0:45:00	1
	4	4:55:00	4	9:45:00	11	2:45:00	4
	5	0:00:00	0	7:30:00	5	2:10:00	4
	6	4:50:00	3	11:00:00	6	3:20:00	7
	7	0:00:00	0	2:35:00	3	1:40:00	2
	8	0:00:00	0	1:00:00	1	4:35:00	4
	9	1:15:00	1	14:10:00	13	3:25:00	8
	10	1:15:00	1	13:40:00	13	1:45:00	4
	11	1:30:00	1	4:55:00	5	2:35:00	4
	12	0:00:00	0	8:50:00	10	5:20:00	7
Sum	48	43:25:00	43	219:15:00	224	90:25:00	138

Tableau : historique de panne