

Faculté des Sciences et Techniques de Fès



Département de Génie Industriel



LST de Génie Industriel

Projet de Fin d'Etudes

Application de la maintenance préventive au niveau de ROSCA : AMDEC de la machine GUITTI

Lieu : ROSCA de FES

Référence : 21 / 17 GI

Préparé par :

Sara BEN ATAYA

Soutenu le 08 Juin 2017 devant le jury composé de :

- Pr.A.CHAFI (Encadrant FST)
- Pr. A.EN-NADI (Examineur FST)
- Pr.H.KABBAJ (Examineur FST)
- M.Hassan El YOUMNI (Tuteur société)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicace

A l'âme de mon défunt père dont le rêve était de voir ses enfants concrétiser leurs ambitions en excellant dans leurs parcours universitaires. Je lui dirais : « J'espère ne pas t'avoir déçu... Je ne suis certes pas parfaite, mais je n'ai pas ménagé d'efforts pour que tu sois fier de moi.. ».

A ma mère qui m'a soutenue tout au long de ma scolarité moralement comme matériellement ... Elle qui m'a toujours servi d'idole et à laquelle je ne saurais jamais exprimer assez ma profonde gratitude...

A mes frères et sœur : Vous êtes une partie de moi-même, trouvez dans ce travail l'expression de mes vœux les plus ardents de bonheur et de réussite...

A tous mes professeurs : Veuillez, Chers professeurs, trouver dans ce modeste travail l'expression de ma reconnaissance et mon profond respect...

A mes ami(e)s : Un grand merci pour votre soutien, vos encouragements, et votre aide.

Remerciement

Tout d'abord, je tiens à remercier Dieu, de m'avoir donné la santé, la volonté et la patience pour mener à terme ma formation de licence et pouvoir réaliser ce projet de fin d'études.

J'adresse ma grande reconnaissance à M.Mohammed RAIS, de m'avoir ouvert les portes de son entreprise, et m'avoir donné l'opportunité de réaliser ce stage.

Mes vifs remerciements et hautes considérations sont adressés à M.Anass CHAFI, mon professeur et encadrant à La FST de Fès, qui a fait preuve de disponibilité à chaque fois que j'avais besoin de son soutien. Son encadrement et ses conseils m'ont été d'un appui considérable pendant la période de stage.

Mes sincères remerciements et ma profonde gratitude vont également à M.Hassan EL YOUMNI, mon tuteur à ROSCA, pour sa générosité en matière d'encadrement, son aide et ses conseils précieux, et le temps qu'il m'a consacré durant toute la période de stage.

Mes remerciements s'adressent aussi à l'ensemble du personnel de la société ROSCA, pour leur coopération à l'élaboration de ce projet, et qui n'ont pas hésité à répondre à toutes mes questions.

Merci aux membres du jury, à savoir Pr.H.KABBAJ et Pr.A.EN-NADI qui ont bien voulu assister à ma soutenance de ce projet de fin d'études.

Sommaire

Chapitre 1 :	2
Présentation générale de l'entreprise	2
&	2
Processus de fabrication du robinet ROSCA	2
I. Présentation générale de ROSCA :.....	3
1 ROSCA :.....	3
2 Fiche technique:.....	3
3 Organigramme:.....	4
4 Les services au niveau de ROSCA :	5
II. Processus de fabrication du Robinet au sein de ROSCA :	7
1 Les matières premières du robinet ROSCA :.....	7
2 Les types de robinets produits par ROSCA :	7
3 La chaîne de fabrication du robinet ROSCA :	9
Chapitre 2 :	17
Contexte général du projet	17
&	17
Outils de pilotage	17
I. Problématique :.....	18
II. Cahier de charge :	18
III. Outils utilisés dans le pilotage du projet :	19
1 Le Pareto :	19
2 L'AMDEC :	19
Chapitre 3 :	23
Application de la méthode AMDEC sur la	23
machine « GNUTTI »	23
I. Analyse Pareto de temps d'arrêt des machines :	24
II. MTBF de la machine GNUTTI	25
1 Définition.....	25
2 Calcul du MTBF de la machine GNUTTI	26
III. Application de l'AMDEC sur la machine GNUTTI :	27
1 Initialisation :	27
2 Décomposition fonctionnelle :	28
3 L'analyse AMDEC :	31
4 Synthèse :	38
Annexes-X-	44

Liste des figures

Figure n°	Désignation	Page
1	Organigramme de la société ROSCA Fès	4
2	Certification ISO 9001 V 2008 de ROSCA	6
3	Lingots de laiton	7
4	Lingots de ZAMAK	7
5	Robinet de service	8
6	Robinet simple eau froide	8
7	Robinet mélangeur	9
8	Robinet mitigeur	9
9	Le noyau du robinet	10
10	La machine boîte à noyau	10
11	On verse le laiton dans le moule	11
12	La pièce sort de la fonderie	11
13	Le dessableur	12
14	La tronçonneuse	12
15	Atelier d'usinage mécanique	13
16	Atelier polissage	14
17	Le vibreur	14
18	Les deux lignes de traitement de surface	15
19	Processus de traitement de surface des robinets en laiton	15
20	Processus de traitement de surface des poignées en Zamak	16
21	Contrôle final des robinets	16
22	Montage et emballage des robinets	16
23	Démarrage de L'AMDEC moyen	21
24	Diagramme PARETO du temps d'arrêt de la machine en minutes	25
25	La machine GNUTTI	28
26	Diagramme pieuvre de la machine GNUTTI	29
27	Partie hydraulique de GNUTTI	30
28	Partie électrique de GNUTTI	30
29	Partie mécanique de GNUTTI	31
30	Partie pneumatique de GNUTTI	31
31	Pourcentage des éléments critiques de GNUTTI selon la criticité	40

Liste des tableaux

Tab n°	Désignation	Page
1	Fiche signalétique de ROSCA	3
2	Temps d'arrêt des machines en minutes	24
3	Durée des pannes de la machine GNUTTI	26
4	Temps d'ouverture par mois de la machine GNUTTI	26
5	Tableau AMDEC 1 de la partie hydraulique de GNUTTI	32
6	Tableau AMDEC 2 de la partie hydraulique de GNUTTI	33
7	Tableau AMDEC 1 de la partie mécanique de GNUTTI	34
8	Tableau AMDEC 2 de la partie mécanique de GNUTTI	35
9	Tableau AMDEC de la partie électrique de GNUTTI	36
10	Tableau AMDEC de la partie pneumatique de GNUTTI	37
11	Classification des défaillances selon le niveau de criticité	39
12	Liste d'actions préventives pour la machine GNUTTI	40

Liste des abréviations et acronymes

ROSCA	RObinetterie Spécialisée en Cuivre et Acier
AMDEC	Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et leur Criticité
SARL	Société à responsabilité limitée
ZAMAK	Acronyme des noms allemands :Zink (zinc), Aluminium, MAgnesium (magnésium) et Kupfer (cuivre).
ISO	International Organization for Standardization
cf.	confer
AFNOR	Association française de normalisation
MTBF	Mean time between failures
FP	Fonction principale
FC	Fonction complémentaire

Introduction générale

Contrairement à la maintenance corrective entreprise à la suite d'une panne ou d'un mauvais fonctionnement, la maintenance préventive est une maintenance proactive plutôt que réactive, elle a pour but de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'une machine de fabrication.

Foncièrement convaincue de l'importance de la mise en place d'une stratégie de maintenance préventive dans l'entreprise industrielle, j'ai choisi d'effectuer mon stage pratique au sein de ROSCA, acronyme de « **RO**binetterie **S**écialisée en **C**uivre et **A**cier » dans laquelle la mise en œuvre d'une telle stratégie a certes des répercussions directes sur la qualité et la quantité de la production.

Le choix du thème de mon projet de fin d'études (Application de la maintenance préventive au sein de ROSCA) est loin d'être aléatoire, mais un choix réfléchi et bien-fondé dans la mesure où les stratégies et les techniques de la maintenance me passionnent d'une part, et d'autre part, l'envie d'améliorer la performance de l'entreprise ROSCA-en instaurant une approche en matière de maintenance préventive -constitue une motivation intrinsèque.

Dans le cadre de mon stage, j'ai passé deux mois pendant lesquels m'a été offerte l'opportunité de découvrir de plus près le monde professionnel, et partant, de concrétiser les concepts vus dans le module « Gestion de la maintenance ».

Mon travail sera présenté en trois chapitres :

Le premier chapitre est réservé à la présentation de l'entreprise, de ses différents services, et de la chaîne de production du robinet ROSCA.

Le deuxième chapitre présentera le contexte général de mon travail et les outils utilisés pour réaliser mon projet : La règle des 20/80 (Analyse Pareto) et l'Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et leur Criticité (AMDEC).

Le troisième chapitre a pour objectif de mettre en exergue les raisons justifiant le choix de la machine critique en se basant sur l'analyse Pareto et l'indicateur de la maintenance (le MTBF), et de faire une analyse AMDEC de la machine GNUTTI afin d'identifier les risques de dysfonctionnement de cette machine, puis à en rechercher les origines et leurs conséquences, et proposer des actions correctives et préventives adaptées.

Chapitre 1 :

Présentation générale de l'entreprise

&

Processus de fabrication du robinet ROSCA

I. Présentation générale de ROSCA :

1 ROSCA :

ROSCA est le fruit d'une étroite collaboration entre des entrepreneurs marocains et un groupe de professionnels italiens ayant plus de vingt ans d'expérience dans le secteur de la robinetterie.

Créée en 2001, ROSCA est aujourd'hui l'une des entreprises marocaines les plus performantes dans le domaine de la robinetterie sanitaire. Son développement a été réalisé grâce à une volonté ferme d'amélioration continue de la qualité et d'innovation permanente afin de satisfaire le consommateur.

ROSCA produit 380 robinets par jour par l'utilisation de matières premières de très haute qualité et d'accessoires conformes aux normes françaises et européennes.

2 Fiche technique:

Le tableau 1 représente la fiche technique de la société ROSCA Fès :

Raison sociale	RObinetterie Spécialisée en Cuivre et Acier (ROSCA)
Activité	Production de robinetterie sanitaire
Gérant	M. Mohammed RAIS
Forme juridique	S.A.R.L
Capital social	5 millions de dirhams
Effectif	51(cadres et techniciens)
Superficie	2000 m²
Siège social	806, Rue Ibn Al Bannae Q.I. Sidi Brahim B.P. 5600 - Fès - Maroc
Téléphone	(+212)535.73.04.25 (+212)535.64.01.37
Site web	www.rosca.ma
Email	rosca@menara.ma

Tableau 1. Fiche signalétique de ROSCA

3 Organigramme:

Les différents services et directions constituant ROSCA sont présentés dans l'organigramme (cf.fig1).

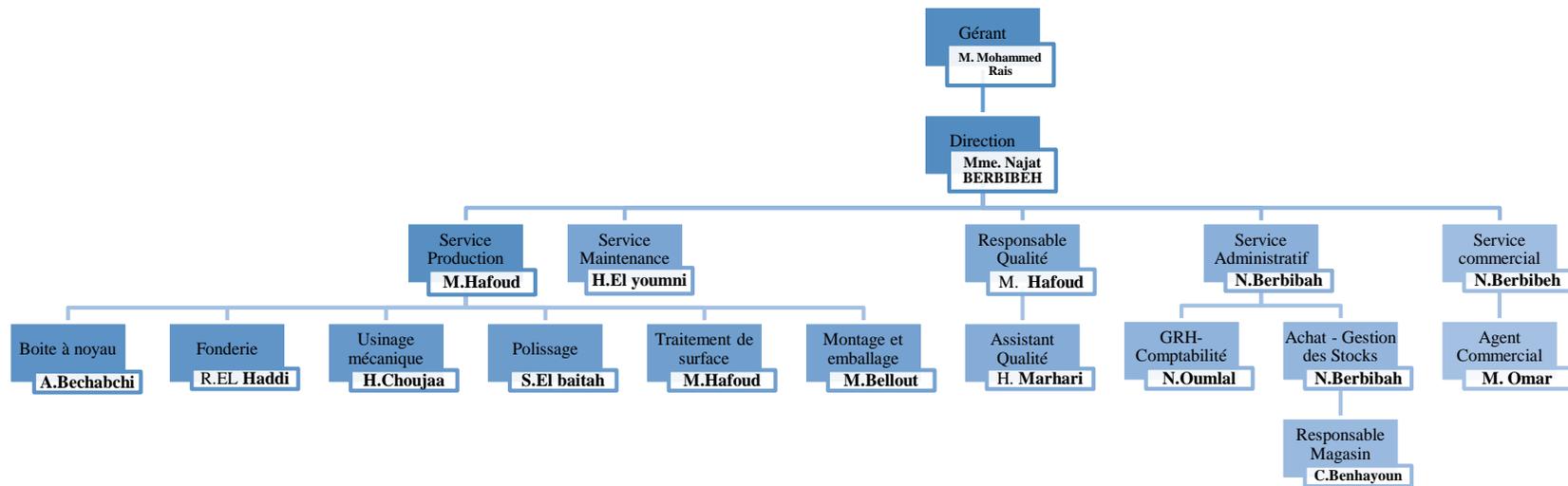


Figure 1. Organigramme de la société ROSCA Fès

4 Les services au niveau de ROSCA :

ROSCA comporte plusieurs services et directions, qui ont comme direction commune la direction générale.

A. Direction générale :

La direction générale a pour mission principale la gestion administrative, technique, commerciale et financière ainsi que l'évaluation, la validation et l'approbation des documents internes et externes.

B. Direction administrative et financière :

La direction administrative et financière conçoit les programmes d'actions annuels, rédige le rapport annuel, assure la gestion des relations avec les commissaires aux comptes, les comptables, les banques et les problématiques de trésorerie, etc.

C. Direction des ressources humaines :

La direction des ressources humaines se charge du recrutement selon le profil défini en coordination avec le directeur général, et assure la gestion du personnel (paie, absence et heures supplémentaires).

D. Service recherche et développement (externalisé) :

Ce service comporte une équipe Italienne spécialisée dans le domaine de la robinetterie qui travaille à plein temps, cette équipe est tenue de concevoir et de développer de nouveaux produits et d'innover en améliorant les anciens produits.

E. Service achat et gestion de stock :

Le début du cycle achat commence par le déclenchement d'un besoin en interne. En second lieu, le service établit des appels d'offres et commence par la collecte des informations concernant l'achat qui amène au choix du fournisseur. Les négociations viennent après. Le cycle finit par la réception et le contrôle de la fourniture.

Le responsable gestion des stocks fait le suivi de la production journalière, assure la disponibilité du stock nécessaire pour la production, analyse, évalue et met à jour le stock par l'utilisation du logiciel 'Sage 100 Gestion commerciale i7 express' et optimise la logistique.

F. Service production

Le service production joue un rôle primordial dans la marche de l'usine, il assure le suivi de la chaîne depuis la matière première jusqu'au produit fini. En effet, en fonction du besoin du service commercial, le programme de la production est établi par les responsables tout en visant la réalisation qualitative et quantitative du produit.

G. Service commercial :

Le service commercial effectue la prospection pour ramener de nouveaux clients à la société, s'occupe de la communication qui lui permet de transmettre des informations concernant le produit aux clients ciblés. Ce service intervient avant et après la vente en se mettant à la disposition du client et en assurant le suivi du traitement des réclamations des clients.

H. Le service qualité :

Le service qualité a pour mission de veiller à l'application du système de management de qualité, adopté par la direction générale, selon la norme ISO 9001(cf.fig2).

Ce service établit les plans de contrôles et les limites de spécification de chaque opération de contrôle exécutée sur les produits finis et semi finis ainsi que les accessoires de montage.



Figure 2. Certification ISO 9001 v 2008 de ROSCA

I. Service maintenance

Le service maintenance pilote les opérations de maintenance préventive et corrective des équipements de production, de contrôle, de mesure et d'essai, s'occupe de la documentation de maintenance. En outre, il est responsable de la réception, du stockage et de la gestion des pièces de rechange.

II. Processus de fabrication du Robinet au sein de ROSCA :

1 Les matières premières du robinet ROSCA :

Les matières premières principales utilisées dans la production sont :

- Le laiton jaune (cf.fig3) qui est un alliage composé de 65% de Cuivre et de 35% de Zinc. Il est utilisé dans la fabrication du corps du robinet.
- Le Zamak (cf.fig4) est un alliage de zinc, d'aluminium et de magnésium et de cuivre. Il est utilisé dans la fabrication des poignées des mitigeurs.

Ces produits sont importés principalement de l'Italie sous forme de lingots.



Figure 3. Lingots de laiton



Figure 4. Lingots de Zamak

2 Les types de robinets produits par ROSCA :

ROSCA repose sa stratégie sur la diversification de ses produits, en Laiton, afin de cerner les besoins du marché et répondre aux attentes des clients.

Les principaux produits fabriqués au sein de ROSCA sont :

➤ Le robinet de service :

Le robinet simple service sert à alimenter une seule prise d'eau (cf.fig5).

➤ Le robinet simple :

C'est le plus simple de la gamme robinetterie sanitaire, il est composé d'une commande unique pour l'approvisionnement en eau froide (cf.fig6).



Figure 5. Robinet de service



Figure 6. Robinet simple eau froide

➤ Le mélangeur :

Le robinet domestique mélangeur est équipé de deux têtes à commande indépendante. On peut soutirer de l'eau froide ou de l'eau chaude séparément mais, si l'on manœuvre les deux têtes, on obtient une eau mitigée (cf.fig7).

➤ Le mitigeur :

Le mitigeur permet le dosage préalable de l'eau chaude et de l'eau froide à l'aide d'un seul bouton. Le fonctionnement du système de mélange de l'eau est assuré par la cartouche qui est intégrée dans le mitigeur en métal. (cf.fig8).



Figure 7. Robinet mélangeur



Figure 8. Robinet mitigeur

3 La chaîne de fabrication du robinet ROSCA :

ROSCA a l'avantage d'intégrer au sein de son usine tous les stades de fabrication du robinet, ce qui lui permet d'en contrôler tous les procédés et d'avoir une grande flexibilité de production. Les différents ateliers de ROSCA sont les suivants :

a. Noyauterie :

Appelée aussi le noyautage, est l'atelier où sont fabriqués les noyaux (cf.fig9) qui sont insérés dans un moule pour former les parties creuses d'une pièce coulée en fonderie.

Instructions de travail:

- Montage du moule dans la boîte à noyau (cf.fig10).
- Préchauffage du moule : entre 25 min et 35 min.
- Préparation du sable : Mettre dans un malaxeur 20kg de sable + 500g de résine +45g de catalyseur, malaxer pendant 2 min pour que les produits soient bien mélangés.
- Injection du noyau : Le sable est injecté dans la boîte à noyau, plus précisément dans le moule chauffé à 350 °C et le noyau est démoulé par * le procédé Cronning.
- Contrôle des noyaux.
- Finition des noyaux : c'est une étape dans laquelle les parties qui débordent du noyau sont éliminées par grattage.
- Graffage des noyaux : Induire les parties fines des noyaux par un mélange d'Alcool à 90°C et graffite à fin de faciliter l'écoulement du laiton en fonderie.

- Stockage des pièces : les noyaux sont stockés dans des plateaux superposés sur des chariots pour sécher avant de les remettre à la fonderie.

*Le procédé Cronning : le noyau est démoulé après durcissement total (au contact de la chaleur du moule, le sable durcit par polymérisation).



Figure 9. Le noyau du robinet



Figure 10. La machine boîte à noyau

b. Fonderie :

La fonderie est le procédé qui permet d'obtenir les parties creuses dans les pièces après avoir coulé le laiton liquide dans le moule de la coquilleuse.

Instructions de travail :

- Démarrage du four : 4 heures avant le lancement de la production, le thermorégulateur est réglé à une température de 1030°C.
- Mettre les lingots de laiton dans le four pièce par pièce : 7 lingots + 4 pelles de masselottes au démarrage de la journée puis 2 pelles de masselottes pour un lingot de laiton.
- Montage du moule sur la machine coquilleuse.
- Préchauffage du moule à l'aide d'un chalumeau à gaz pendant 20 min.
- Envoi mécanique du moule vers le bain de graffite pour graffage et refroidissement.
- Mise en place du noyau dans la partie gauche du moule.
- Actionner la pédale pour faire tourner le moule vers le haut et couler la matière pendant que le moule tourne vers le haut (cf.fig11).

- Retirer la pièce, quand le moule s'ouvre, à l'aide d'une tenaille par la partie masselotte (cf.fig12).
- Gratter le moule à l'aide d'une brosse en laiton, et souffler à l'aide d'un souffleur à air pour éliminer la poussière.



Figure 11. On verse le laiton dans le moule



Figure 12. La pièce sort de la fonderie

La fabrication des poignées est de même assurée, par la machine à injection de Zamak sous pression, dans l'atelier fonderie.

Instructions de travail:

- Fermeture du moule ;
- Verrouillage du moule (la force de verrouillage permet de maintenir le moule fermé pendant l'injection) ;
- Dosage : le Zamak est acheminé à l'avant de la vis de plastification (par rotation de la vis), donnant ainsi une réserve de matière prête à être injectée ;
- Injection : la matière présente à l'avant de la vis de plastification est injectée sous forte pression à l'intérieur du moule (comportant une ou plusieurs cavités présentant la forme de la pièce souhaitée).
- Éjection des pièces moulées : La pièce est refroidie durant quelques secondes puis éjectée.

Avant de passer à l'atelier usinage mécanique, les pièces passent de l'atelier fonderie à un Dessableur (cf.fig13) pour dessabler la pièce coulée du sable qu'elle contient (le noyau) puis dans une Tronçonneuse (cf.fig14) à métaux pour démasseloter la pièce de ses *masselottes.

*Masselotte : excédent de matière qui permet de déplacer la retassure hors de la pièce.



Figure 13. Le dessableur



Figure 14. La tronçonneuse

c. Usinage mécanique :

Dans cet atelier (cf.fig15), l'enlèvement de la matière se fait par l'une des opérations suivantes : filetage, fraisage, perçage, chariotage, taraudage ...

- Le **filetage** est l'opération consistant à creuser une rainure hélicoïdale le long d'une surface cylindrique.
- Le **fraisage** est un procédé de fabrication où l'enlèvement de matière sous forme de copeaux résulte de la combinaison de deux mouvements : la rotation de l'outil de coupe, d'une part, et l'avancée de la pièce à usiner d'autre part.
- Le **perçage** est un usinage consistant à faire un trou dans une pièce.
- Le **chariotage** est une opération consistant à usiner sur un tour un cylindre d'un certain diamètre par déplacement de l'outil de coupe suivant un axe parallèle à l'axe de rotation de la pièce.
- Le **taraudage** est l'opération qui consiste à usiner un filet (pas de vis) à l'intérieur d'un alésage.

Ces opérations sont assurées par une dizaine de machines de transfert, pouvant effectuer, chacune, plusieurs opérations simultanément.



Figure 15. Atelier d'usinage mécanique

d. Polissage :

Le polissage ou poli est l'action de polir, de rendre les robinets lisses et éventuellement brillants par l'utilisation des disques de différents matériaux tournant à grande vitesse, avec ou sans pâte à polir.

Le polissage à ROSCA était robotisé mais il est actuellement manuel (cf.fig16).

Instructions de travail :

- *Ponçage avec bande abrasif 100.
- Mettre les corps dans un vibreur (cf.fig17) qui contient des pièces en plastique, ces dernières frottent les corps en présence de l'eau.
- Ponçage avec bande abrasif 400.
- Polissage avec brosse cisaille.
- *Polissage avec brosse semi brillante.
- Polissage avec brosse brillante.
- Contrôle qualité.

* Le ponçage sert à aplanir et prélasser la surface.

*Le polissage sert à polir et lisser la surface.



Figure 16. Atelier de polissage



Figure 17. Le vibreur

e. Traitement de surface :

Afin de protéger le laiton contre la corrosion, et pour un aspect esthétique des robinets, ROSCA dispose de deux lignes de traitement de surface (cf.fig18), une pour le laiton et l'autre pour le Zamak, assurant le cuivrage, le nickelage et le chromage.

- Le cuivrage (revêtement par du cuivre) est une étape avant le nickelage et le chromage : Les poignées des robinets en Zamak ne peuvent pas être chromés directement sur leurs surfaces d'origine.
- Le nickelage est un procédé qui permet le revêtement des pièces. L'objectif de cette opération est d'assurer aux pièces une résistance à la corrosion tout en gardant un aspect décoratif. Le nickel a comme particularité d'être relativement inoxydable à l'air et permet de donner une apparence brillante.
- Le chromage a pour rôle de maintenir la dureté des pièces, assurer leurs résistances à l'abrasion, à la passivité de la surface et aux frottements de pièces antagonistes, en glissade ou en rotation.



Figure 18. Les lignes de traitement de surface

Les étapes de traitement de surface des robinets en Laiton et en Zamak sont résumées dans les figures 19 et 20.

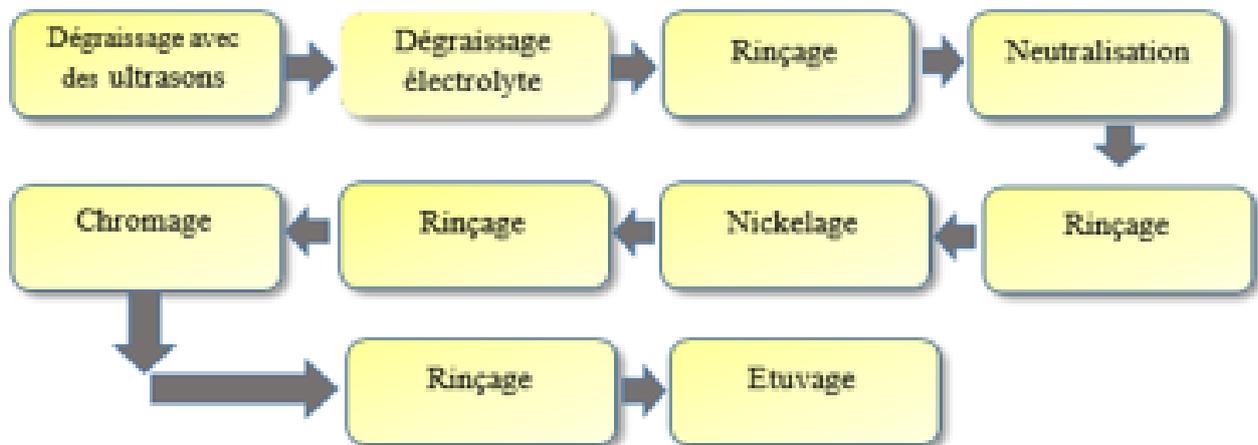


Figure 19. Processus de traitement de surface des robinets en laiton



Figure 20. Processus de traitement de surface des poignées en Zamak

f. Montage et emballage :

Les opérations d'assemblage et d'emballage sont effectuées dans une même cellule.

Toutes les pièces qui constituent le produit fini sont rassemblées et montées séquentiellement suivant un mode opératoire spécifique à chaque produit.

Le contrôle des produits se fait unitairement afin d'assurer le bon fonctionnement des pièces (cf.fig21).

Enfin, chaque produit est mis dans son emballage puis transporté dans le magasin des produits finis (cf.fig22).



Figure 21. Contrôle final des robinets



Figure 22. Montage et emballage des robinets

Chapitre 2 :

Contexte général du projet

&

Outils de pilotage

Dans ce chapitre, je vais traiter les axes suivants :

- Problématique ;
- Cahier de charge ;
- Outils de pilotage du projet ;

I. Problématique :

Dans l'atelier « usinage mécanique » de l'entreprise ROSCA, la machine GNUTTI est la machine la plus exposée aux pannes. Ces pannes sont dues à plusieurs problèmes dont la rupture d'un composant ou le manque de lubrification sont les plus importants.

Le service maintenance au sein de ROSCA se contente de gérer les pannes, en effet, il n'adopte aucune stratégie pour prévenir les problèmes potentiels de cette machine.

On va appliquer une analyse AMDEC à la machine GNUTTI pour étudier, identifier, prévoir et réduire les défaillances qui peuvent survenir à n'importe quel moment.

II. Cahier de charge :

Dans le cadre de la problématique, mon projet de fin d'études vise à faire une AMDEC en suivant les étapes planifiées ci-dessous :

- Identifier les différents services de ROSCA.
- Comprendre le processus de fabrication des différents robinets de ROSCA en visitant tous les ateliers de fabrication.
- Connaître le système de fonctionnement de chaque machine.
- Etablir un diagramme Pareto pour chercher la machine critique.
- Analyser le fonctionnement de la machine critique « GNUTTI ».

- Etablir les tableaux de l'AMDEC.

- Proposer une liste d'actions préventives pour optimiser la maintenance pour la machine critique.
- Proposer des actions amélioratives.

III. Outils utilisés dans le pilotage du projet :

1 Le Pareto :

Le diagramme de Pareto est un graphique représentant l'importance des différentes causes d'un phénomène relevé. Ce diagramme permet de mettre en évidence les causes les plus importantes sur le nombre total d'effet et ainsi de prendre des mesures ciblées pour améliorer une situation.

Ce diagramme se présente sous la forme d'une série de colonnes triées par ordre décroissant. Elles sont généralement accompagnées d'une courbe des valeurs cumulées de toutes les colonnes.

2 L'AMDEC :

2.1. Généralités sur l'AMDEC :

2.1.1 Historique:

A l'origine était l'analyse de problèmes potentiels, le format générique qui permettait de travailler sur toute planification et d'identifier ce qui aurait pu aller mal. Cette logique de base a été reprise, puis spécialisée pour des produits, procédés, machines, et services...

Devenue un mode de raisonnement spécialisé, elle a été d'abord utilisée dans les années 1950 par l'industrie aérospatiale et militaire américaine pour identifier les caractéristiques de sécurité, sous le nom de Failure Mode and Effects and Criticality Analysis (FMECA ou FMEA).

L'AMDEC a été pratiquée en France à partir des années 1960-1970, en premier lieu par les ingénieurs fiabilistes. Puis de grands groupes ont rédigé des manuels d'application de l'AMDEC (ou de la FMEA), et certains se sont donné l'obligation, ainsi qu'à leurs fournisseurs, d'utiliser cet outil de prévention (par exemple Ford dans le référentiel Q 101, à partir de 1986).

2.1.2 Définition :

L'AMDEC est l'acronyme de « Analyse des modes de défaillances, de leurs effets et leur criticité ».

L'association française de normalisation (AFNOR) définit l'AMDEC comme étant « une méthode inductive qui permet de réaliser une analyse qualitative et quantitative de la fiabilité ou de la sécurité d'un système ». La méthode consiste à examiner méthodiquement les défaillances potentielles (éventuelles) des systèmes (Analyse des modes de défaillance), leurs causes et leurs conséquences sur le fonctionnement de l'ensemble (les effets). Après une hiérarchisation des défaillances potentielles, basée sur l'estimation du niveau de risque de défaillance, selon la criticité, des actions prioritaires sont déclenchées et suivies.

2.1.3 Les types :

Il existe plusieurs types d'AMDEC, dont les plus importants sont les suivants :

- L'AMDEC-produit ou l'AMDEC projet est utilisée pour étudier en détail la phase de conception du produit ou d'un projet. Si le produit comporte plusieurs composants, on applique l'AMDEC-composants.
- L'AMDEC-processus s'applique à des processus de fabrication, elle est utilisée pour analyser et évaluer la criticité de toutes les défaillances potentielles d'un produit engendrées par son processus.
- L'AMDEC-moyen s'applique à des machines, des outils, des équipements et appareils de mesures, des logiciels et de système interne.
- L'AMDEC-service s'applique pour vérifier que la valeur ajoutée réalisée dans le service correspondante aux attentes des clients et que le processus de réalisation de service n'engendre pas de défaillances.

2.1.4 Les avantages:

Parmi les avantages de l'AMDEC, on peut citer :

- ◆ **La satisfaction du client.**
- ◆ **Le pilotage de l'amélioration continue par la gestion de plan d'actions.**

- ◆ **L'amélioration de la communication.**
- ◆ **La réduction des couts.**
- ◆ **L'élimination des causes de défaillances.**
- ◆ **L'expérience écrite (traçabilité).**

2.2. Principaux concepts de l'AMDEC moyen:

2.2.1. Définition :

L'AMDEC moyen est une méthode d'analyse prévisionnelle de la fiabilité qui permet de recenser les défaillances potentielles dont les conséquences affectent le bon fonctionnement du moyen de production ou du bien d'équipement étudié, puis d'estimer les risques liés à l'apparition de ces défaillances, afin d'engager les actions correctives à apporter lors de la conception, de la réalisation ou de l'exploitation du moyen.

2.2.2. Démarche :

Une étude AMDEC machine comporte 4 étapes successives définies sur la figure 23.

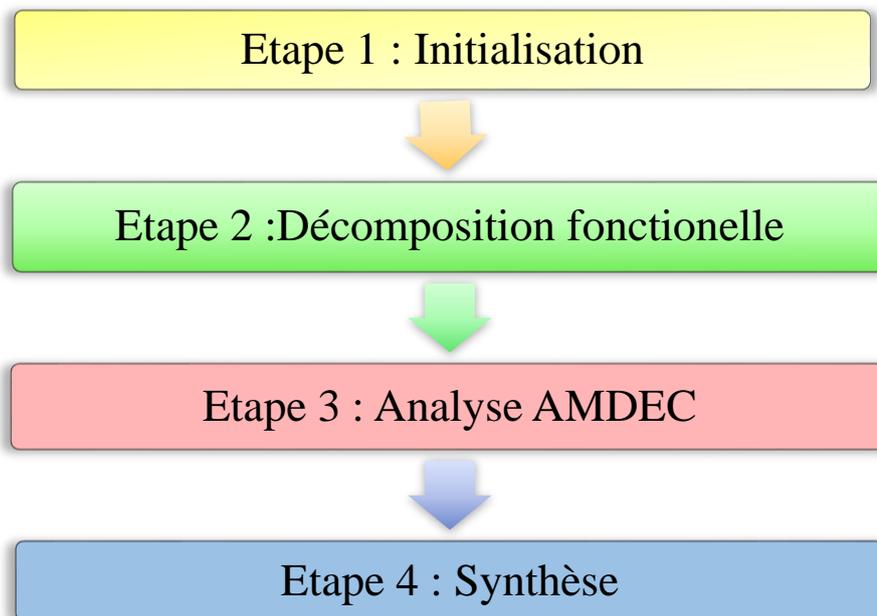


Figure 23. Démarche de l'AMDEC moyen

A. *Etape 1 : Initialisation.*

- + Définition du système à étudier.
- + Définition de la phase de fonctionnement.
- + Définition des objectifs à atteindre.
- + Constitution du groupe de travail.
- + Etablissement du planning.
- + Mise au point des supports de l'étude.

B. *Etape 2 : Décomposition fonctionnelle.*

- + Découpage du système.
- + Identification des fonctions des sous-ensembles.
- + Identifications des fonctions des éléments.

C. *Etape 3 : Analyse AMDEC*

a. *Analyse des mécanismes des défaillances.*

- + Identification des modes de défaillance.
- + Recherche des causes.
- + Recherche des effets.
- + Recensement des détections.

b. *Evaluation de la criticité.*

- + Estimation du temps d'intervention.
- + Evaluation des critères de cotation (Voir Annexe-X-)
- + Calcul de la criticité : $C = F \times G \times D$

c. *Proposition d'actions correctives et préventives.*

- + Recherche des actions correctives et préventives.

D. *Etape 4 : Synthèse.*

- + Hiérarchisation des défaillances.
- + Liste des points critiques.
- + Liste de recommandations.

Chapitre 3 :

Application de la méthode AMDEC sur la

machine « GNUTTI ».

I. Analyse Pareto de temps d'arrêt des machines :

La mise en œuvre d'une politique de maintenance préventive nécessite l'identification des équipements critiques et qui doivent donc être traités en priorité.

Afin d'identifier la machine sur laquelle sera appliqué la démarche AMDEC, une analyse Pareto a été effectuée en se basant sur l'historique des pannes du 1^{er} janvier 2016 au 31 juillet 2016 et en choisissant comme critère pertinent le temps d'arrêt, en minutes, des machines.

Les résultats obtenus sont reportés sur le tableau 2 :

La machine	Temps d'arrêt (en min)	Pourcentage	% cumulés
GNUTTI	1080	32,63%	32,62%
Coquilleuse	600	18,13%	50,75%
Dessableur	480	14,50%	65,25%
Chaine chromage	400	12,08%	77,33%
Transfert 2	360	10,88%	88,21%
Machine injection	210	6,34%	94,55%
Four laiton	180	5,44%	99,99%
Total	3310	100,00%	

Tableau 2. Temps d'arrêt des machines en minutes

Après le remplissage du tableau, vient la phase de représentation du diagramme PARETO (cf.fig24) permettant la mise en évidence des équipements critiques.

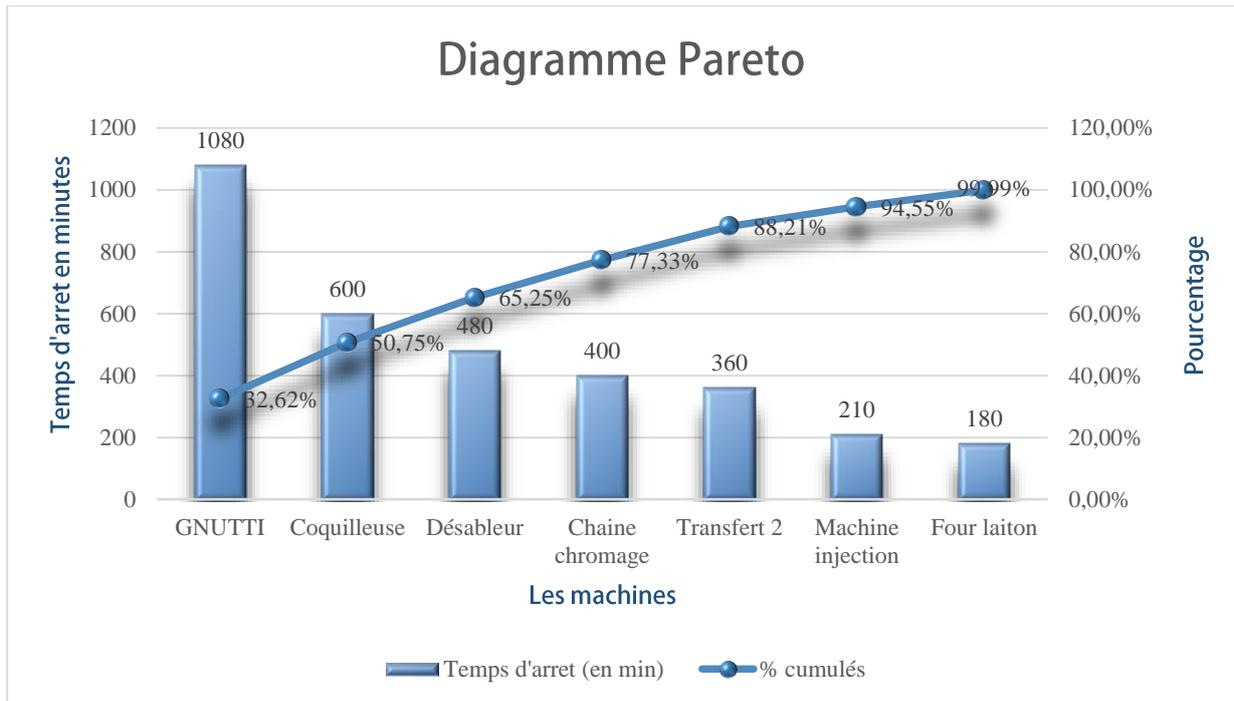


Figure 24. Diagramme Pareto des temps d'arrêt de la machine en minutes

Selon les résultats obtenus, la maintenance devrait porter sur les machines « GNUTTI », « la coquilleuse », « Le dessableur », et « la chaîne chromage » qui s'avèrent responsables de 80% du temps d'arrêt.

La machine GNUTTI se révélant la plus exposée aux pannes, fera l'objet de mon analyse AMDEC. D'une part, parce qu'en travaillant sur cette machine, 32,62% des causes des arrêts seront éliminées, et d'autre part la période du stage ne me permet pas d'effectuer l'AMDEC des quatre machines.

II. MTBF de la machine GNUTTI

1 Définition

La **MTBF** (Mean time between failures), ou **moyenne des temps de bon fonctionnement** est la moyenne arithmétique du temps de fonctionnement entre les pannes d'un système réparable. C'est une mesure de base de la fiabilité d'un système. Elle est généralement exprimée en heures. Ainsi, plus la valeur du MTBF est élevée, plus la machine est fiable.

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Temps de bon fonctionnement}}{\text{Nombre de période de bon fonctionnement}}$$

Formule 1. Formule du MTBF

Avec :

Temps de bon fonctionnement = Temps de fonctionnement – durée des pannes

Formule 2. Formule du temps de bon fonctionnement

2 Calcul du MTBF de la machine GNUTTI

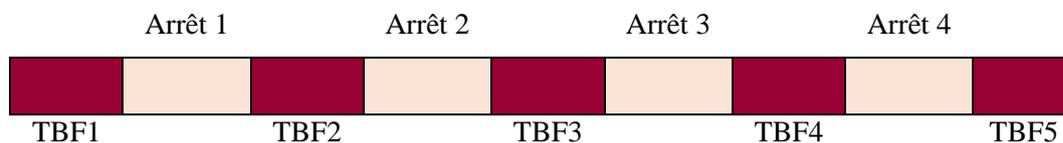
Le MTBF de la machine GNUTTI a été calculé sur une période de 7 mois du vendredi 1^{er} janvier 2016 au samedi 30 juillet 2016 en se basant sur l'historique des pannes.

La machine GNUTTI est fonctionnelle 8h/j du lundi au vendredi et 4h le samedi. Ce qui donne 1332h sur 7 mois comme l'indique le tableau 4.

Selon la formule 2 : **Le temps de bon fonctionnement = 1332 h – 18 h = 1314 h.**

Et selon le tableau 3 : **Le nombre de période de bon fonctionnement = 5.**

Explication : La machine GNUTTI a subi quatre pannes pendant les 7 mois c'est-à-dire quatre arrêts. Or la machine fonctionnait avant la première panne (le 02/02/16), et fonctionne après la panne du 29/04/16, ce qui donne cinq Temps de Bon Fonctionnement (TBF).



Donc : **$MTBF = \frac{1314}{5} = 262,8 h = 32,85 j$**

Date	Durée de panne
02/02/16	10h
09/02/16	2h
12 /04 /16	4h
29/04/16	2h
Somme	18h

Tableau 3. **Durée des pannes de la machine GNUTTI**

Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Somme
188h	184h	200h	188h	192h	192h	188h	1332h

Tableau 4. Temps d'ouverture par mois de la machine GNUTTI

La valeur **262,8 h** représente le temps moyen de fonctionnement de la machine « GNUTTI », entre deux interventions de maintenance, sur la période allant du vendredi 1^{er} janvier 2016 au samedi 30 juillet 2016. Cette valeur montre que la machine GNUTTI n'est pas fiable, d'où la nécessité d'une approche préventive pour augmenter la fiabilité de cette machine.

III. Application de l'AMDEC sur la machine GNUTTI :

1 Initialisation :

L'analyse Pareto établie, il s'avère nécessaire d'améliorer la qualité et la performance des interventions en matière de maintenance pour garantir le bon fonctionnement des machines critiques. Ceci permettrait de maîtriser davantage les risques et d'organiser tout type d'intervention (corrective, préventive...).

1.1. Présentation de la machine critique :

La machine GNUTTI (cf.fig25) est une machine à transfert rotatif spécialisée dans l'enlèvement de la matière : elle effectue le taraudage, le fraisage, le chariotage, le perçage et le filetage selon le modèle du robinet (Lavabo, cuisine, baignoire, bidet...) .Cette machine est située dans l'atelier d'usinage mécanique.

Mode de fonctionnement : Les pièces sont serrées dans des mors sur la table rotative, ce qui permet de concentrer les éléments et d'optimiser l'espace. Au cours d'un cycle, toute une série d'opérations d'usinage est effectuée simultanément sur les pièces. La rotation de la table disposée verticalement s'effectue par intermittence. A chaque mouvement de rotation de la table, après usinage à une station, la pièce est acheminée à la station suivante. Chaque station de la table rotative effectue une opération d'usinage bien déterminée de façon à ce que chaque pièce passe par l'ensemble du processus d'usinage ,selon le modèle ,sans être desserrée, ce qui garantit un niveau maximal de précision et de reproductibilité. Ceci permet aussi des temps de cycle exceptionnellement courts et des volumes de production importants puisque de grandes quantités de pièces peuvent être usinées simultanément (une par station).



Figure 25. La machine GNUTTI

1.2. Groupe AMDEC :

Vu les multi-technologies des éléments de la machine (mécanique, hydraulique, électrique...), il est nécessaire de constituer un groupe de diverses spécialités pour aboutir à une analyse AMDEC efficace.

Mon groupe AMDEC est constitué du responsable maintenance (Hassan El Yumni), du responsable qualité (Mustafa Hafoud), du technicien supérieur en mécanique (Hicham Chuija) et du technicien spécialisé en fabrication (Khalid Ben Daoud).

2 Décomposition fonctionnelle :

Avant de se lancer dans la réalisation de l'étape 3 (cf.fig23) de la démarche de l'AMDEC, il fallait bien connaître précisément la machine et son environnement. Ces informations sont les résultats d'une décomposition de la machine et de retour d'expérience de chaque membre de mon groupe AMDEC.

2.1 Diagramme Pieuvre :

Le diagramme Pieuvre (cf.Fig26) met en évidence les relations entre les différents éléments du milieu environnant et la machine:

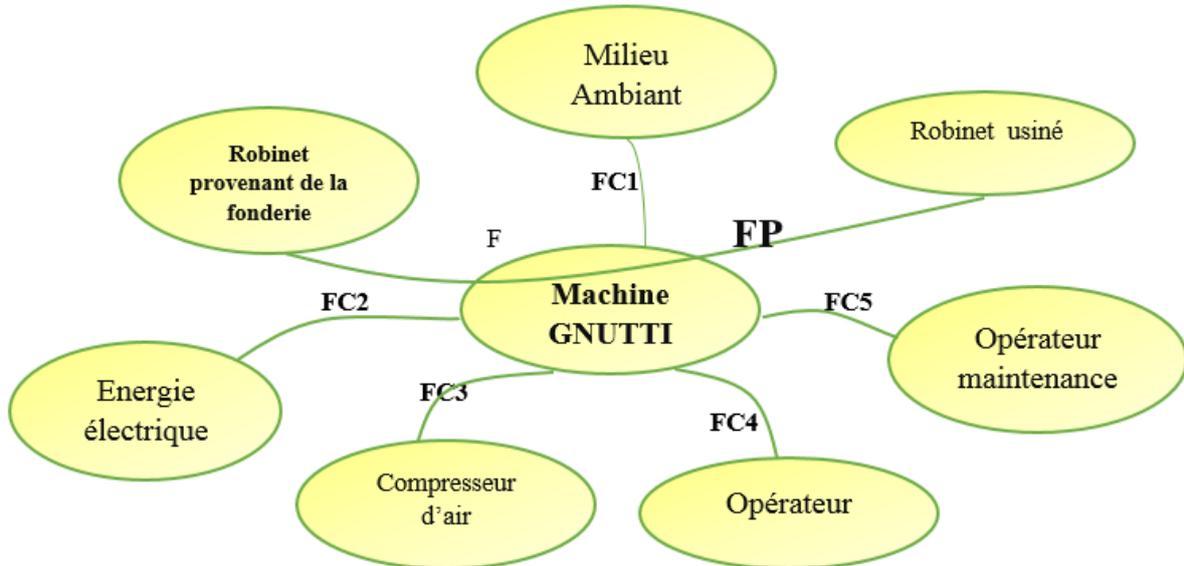


Figure 26. Diagramme pieuvre de la machine GNUTTI

FP : Effectuer les différentes opérations d'usinage mécanique.

FC1: Résister au milieu ambiant (Température, poussière ...).

FC2 : Etre alimenté en énergie électrique.

FC3 : Etre alimenté en air comprimé.

FC4 : Permettre une manipulation par l'opérateur.

FC5 : Permettre l'accès à la maintenance.

2.2 Décomposition matérielle de la machine :

En guise d'exploration du fonctionnement de la machine et dans le but d'appliquer la méthode AMDEC sur cette dernière, j'ai décomposé en quatre ensembles la machine GNUTTI :

- Partie hydraulique(cf.fig27) : Dans cette partie, le fluide hydraulique est pompé et transmis à divers organes mécaniques comme les vérins ou les mors grâce à des distributeurs, servant à diriger le fluide hydraulique dans des flexibles.
- Partie électrique (cf. fig28) : L'armoire électrique de la machine GNUTTI comporte plusieurs composants électriques qui servent à l'alimentation électrique et la protection des différents organes de la machine.

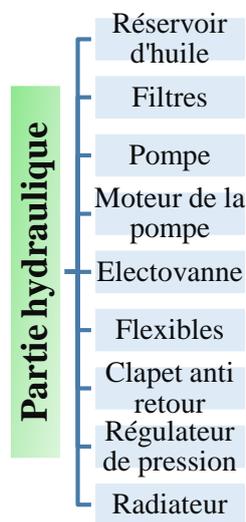


Figure 27. Partie hydraulique de GNUTTI

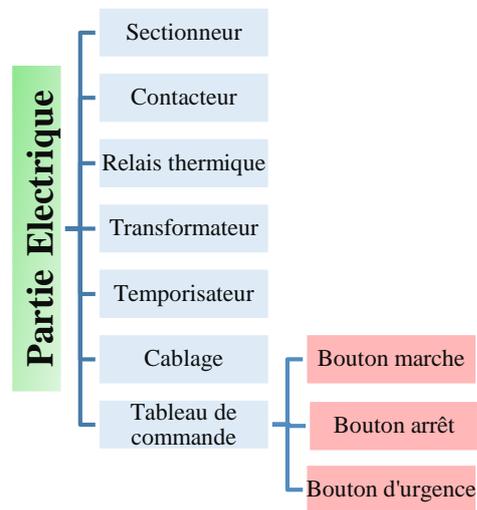


Figure 28. Partie électrique de GNUTTI

- Partie Mécanique (cf.fig29) : La machine GNUTTI comporte une table rotative pour serrer les robinets et 6 moteurs qui entraînent 6 unités d'usinage mécanique par l'intermédiaire du système poulie-courroie, etc.
- Partie Pneumatique (cf.fig30) : Le système pneumatique comprend Une citerne pour le stockage d'air. L'air comprimé est distribué à l'aide de la tuyauterie et utilisé pour le fonctionnement des vérins pneumatiques

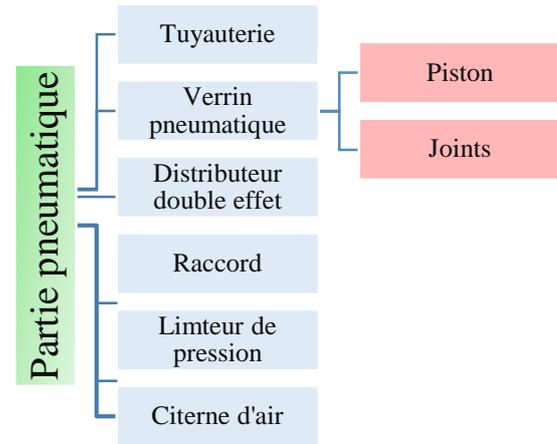
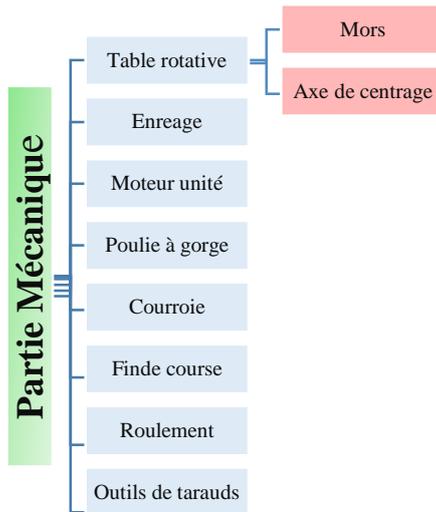


Figure 29. Partie mécanique de GNUTTI **Figure 30. Partie pneumatique de GNUTTI**

3 L'analyse AMDEC :

Après avoir décomposé la machine GNUTTI en plusieurs parties (mécanique, hydraulique...), vient l'étape des tableaux AMDEC .Dans cette étape, j'ai rassemblé pour chaque élément tous ses modes de défaillances, leurs causes éventuelles et leurs effets générés.

Les notes attribuées aux indicateurs fréquence, gravité, ainsi que la probabilité de non détection de chaque élément sont déterminées à partir des propositions du groupe de travail. (cf. Annexe-X-).

Mon analyse AMDEC est représentée dans les tableaux 5,6, 7,8, 9,et 10 .

	Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et leur Criticité				Machine GNUTTI				
	Partie hydraulique de la machine			Réalisée par: Sara BEN ATAYA			Page : 1/7		
Elément	Fonction	Modes de défaillance	Causes de défaillance	Effets de défaillance	Criticité				Actions
					F	G	D	C	
Réservoir	Recueillir l'huile de travail nécessaire	Corrosion	Vieillessement	Huile non conforme	1	3	2	6	Revêtement métallique du réservoir
		Cassure	Choc Vieillessement	Fuite d'huile	2	2	3	12	Changement du réservoir
		Huile insuffisant	La consommation excessive	Ralentissement des composants qui marchent avec l'huile	3	3	2	18	Maintenance curative du radiateur
Filtres	Assurer la propreté d'huile aspirée et refoulée	Colmatage total	Huile non conforme	Empêchement du passage d'huile et dysfonctionnement du circuit hydraulique	1	2	2	4	Changer l'huile utilisée
			Présence d'impureté		3	2	3	18	Nettoyage des filtres
		Mauvais filtrage	Filtre percée ou détérioré	Usure de la pompe, des distributeurs et des vérins	2	2	2	8	Changement des filtres
Pompe	Aspirer et refouler l'huile	Faible débit	Vanne partiellement ouverte	Dégradation du rendement de la pompe	3	1	2	6	Ouvrir la vanne entièrement
		Vibration et bruit	Défaut d'alignement d'accouplement	Arrêt de la pompe	1	3	2	6	Maintenance curative
			Prise d'air		2	3	1	6	Purger l'air
Flexible	Transférer l'huile du distributeur vers les composants hydrauliques	Vibration	Pression élevée	Fuite d'huile	2	2	2	8	Vérification d'étanchéité
		Fissure	Température élevée d'huile	Pollution du milieu de travail	2	4	2	16	Changement des flexibles
			Mauvaise qualité		1	4	1	4	

Tableau 5. **tableau AMDEC 1 de la partie hydraulique de GNUTTI**

	Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et leur Criticité				Machine GNUTTI				
	Partie hydraulique de la machine				Réalisée par: Sara BEN ATAYA			Page : 2/7	
Elément	Fonction	Modes de défaillance	Causes de défaillance	Effets de défaillance	Criticité				Actions
					F	G	D	C	
Moteur de la pompe	Entrainer la pompe	Bruit	Manque de phase	Arrêt de la pompe	3	2	2	12	Réparer des phases
			Roulements endommagés		3	3	2	18	Changer les roulements
		Arrêt du moteur	Pas d'alimentation		1	2	2	4	Vérifier le contacteur
			Absence de commande						
Clapet anti-retour	Déplacer l'huile dans un seul sens	Rupture	Vieillessement	Manque de pression	2	2	3	12	Changer le clapet
			Rupture des joints		2	2	3	12	
			Rupture du ressort		2	2	3	12	
Electrovanne	Arrêter ou ouvrir le débit d'huile	Coincement	Vieillessement	Pas de circulation d'huile	1	2	2	4	Changer l'électrovanne
Régulateur de pression	Limiter la pression à un seuil donné	Pression non réglée	Rupture des joints	Mouvement anormal des vérins	1	3	3	9	Changer les joints
			Ressort cassé		1	2	3	6	Changer le ressort
			Usure de conicité de la tête de la vis		1	2	3	6	Réparation
Radiateur	Refroidir l'huile	vibration	Bouchage du radiateur	Huile défectueuse	3	3	2	18	Nettoyer le radiateur
			Usure interne		1	2	3	6	Soudage
Distributeur hydraulique	Ouvrir ou fermer une ou plusieurs voies de passage d'huile	Position incorrecte	Usure interne (piston)	Mouvement anormal des vérins	1	2	3	6	Maintenance curative
		Arrêt de distribution	Usure externe (Bobine)		1	3	2	6	

Tableau 6. Tableau AMDEC 2 de la partie hydraulique

		Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et leur Criticité				Machine GNUTTI			
		Partie mécanique de la machine		Réalisée par: Sara BEN ATAYA		Page : 3/7			
Elément	Fonction	Modes de défaillance	Causes de défaillance	Effets de défaillance	Criticité				Actions
					F	G	D	C	
Table rotative	Positionnement des pièces devant l'unité d'usinage	Blocage de table	Manque d'air comprimé	Dysfonctionnement de la table	3	3	2	18	Attendre le remplissage d'air
			Vérin défectueux		1	3	3	9	Changer le vérin
			Engrenage bloqué		3	3	2	18	Graissage d'engrenage
Axe de centrage de la table	Articulation de la table	grippage de l'axe	Manque de graissage	jeu	1	2	3	6	Lubrification de l'axe
			Mauvais choix de matériaux		1	3	4	12	Etude du choix de matériaux
Mors	Maintenir les pièces	La pièce n'est pas bien serrée	Défauts de réglage	Pièce non maintenue	2	2	2	8	Revoir le réglage des mors
			Usure des joints		2	3	3	18	Changer les joints
		coincement	Manque de pression d'huile	3	3	2	18	Réglage du régulateur de pression	
Poulie	Transmettre le mouvement de la courroie aux arbres des unités	Desserrage de la poulie	Frottement	Dégradation du fonctionnement de l'unité	2	3	2	12	Vérifier le serrage de la poulie
			fatigue						
		Poulie cassé	Concentration de contraintes		1	3	2	6	Changement de la poulie
Courroie	Transmission du mouvement	Courroie détendue	Vieillessement	Perte de performance	4	2	2	16	Changement de la courroie
			Mauvais alignement de poulie		4	3	2	24	
		Frottement							

Tableau 7. Tableau AMDEC 1 de la partie mécanique de GNUTTI

Elément	Fonction	Modes de défaillance	Causes de défaillance	Effets de défaillance	Machine GNUTTI				Actions
					F	G	D	C	
Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et leur Criticité					Machine GNUTTI				
Partie mécanique de la machine				Réalisée par: Sara BEN ATAYA				Page : 4/7	
Engrenage	Accouplement (transmettre le mouvement)	Blocage de l'engrenage	Usure des dents	Blocage de la table rotative	2	4	2	16	Changement du système engrenage
			Manque de graisse	Ralentissement de la rotation de la table rotative	3	2	2	12	Graissage
Interrupteur de fin de course	Arrêt de rotation de la table rotative	Tête de fin de course bloquée	Fatigue	Défaut de Positionnement de la table rotative	1	3	3	9	Changement de fin de course
		Interrupteur Cassé	Mauvais serrage		1	3	3	9	
Moteur de l'unité	Entrainer l'unité d'usinage	Pas de rotation du moteur	Absence de commande	Arrêt de l'unité	2	3	2	12	Vérifier le contacteur
			Fusible grillé		2	3	2	12	Changement de fusible
		Température élevée	Vieillessement du bobinage	Ralentissement de la rotation du moteur	3	2	2	12	Rebobinage
		Bruit	Manque de phase		4	3	2	24	Repérage des phases
Roulements	Guider un assemblage en rotation	Vibration majeure	Mauvaise lubrification	Perte de performance	3	4	2	24	Graissage des roulements
			Mauvais choix des roulements		1	3	4	12	Contrôle du bruit
		Cage des billes cassée	Mauvaise lubrification	Augmentation des Jeu	3	3	2	18	Changement des roulements
			Surcharge fatigue						
Outils et tarauds	Effectuer les différentes opérations de l'enlèvement de matière	Bruit anormal	Outils abimés	Pièce non conforme	3	4	2	24	Affuter les outils
			Mauvais centrage de l'unité de taraudage						
		Outil cassé	Vieillessement	Pièce défectueuse	3	4	2	24	Changement d'outils
			Mauvais choix des matériaux						

Tableau 8. Tableau AMDEC 2 de la partie mécanique de GNUTTI

		Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et leur Criticité			Machine GNUTTI				
		Partie électrique de la machine		Réalisée par: Sara BEN ATAYA		Page : 5/7			
Elément	Fonction	Modes de défaillance	Causes de défaillance	Effets de défaillance	Criticité				Actions
					F	G	D	C	
Sectionneur	Séparer le circuit électrique et son alimentation	Mauvais contact entre le fil et le borne	Coupure de courant	Arrêt de la machine	1	4	2	8	Maintenance palliative
		Taroudage foiré	Echauffement du contact		2	3	2	12	Taroudage des trous
		Fusible grillé	surintensité		2	2	3	12	Changement de fusible
Contacteur	La connexion entre le courant et le moteur	Bilame électrique grillé	surintensité	Arrêt du moteur de l'unité	2	3	3	18	Changement du contacteur
		Bobine grillée							
		Ressort cassé	vieillessement		1	2	3	6	
Relais thermique	Protection des moteurs contre les surintensités	claquage	surintensité	Arrêt du moteur	1	1	2	2	Réarmement du relais thermique
Transformateur	Transformer la tension de 380V à 24V	Court-circuit	Surintensité		2	3	1	6	Changement du transformateur
			Bobine grillée						
Câblage	Transmission d'électricité	fissure	vieillessement	Dysfonctionnement du circuit électrique	2	2	3	12	Changement des câbles
		débranchement			1	1	3	3	Rebrancher les câbles
Pédale	Fermeture des mors	Cassure	choc	Non fonctionnement des mors	3	3	2	18	Changement de la pédale
		Déformation du ressort	fatigue		3	2	2	12	Changement du ressort
Tableau de commande	Commander la machine (Marche /arrêt/Arrêt d'urgence/fermeture des mors)	Blocage des boutons	Opération mal réalisée	Arrêt de la machine	1	2	2	4	Changement des boutons
			Vieillessement						

Tableau 9. Tableau AMDEC de la partie électrique de GNUTTI

		Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et leur Criticité			Machine GNUTTI				
		Partie pneumatique de la machine		Réalisée par: Sara BEN ATAYA		Page : 6/7			
Élément	Fonction	Modes de défaillance	Causes de défaillance	Effets de défaillance	Criticité				Actions
					F	G	D	C	
Tuyauterie	Conduire l'air comprimé	Fissure	vieillessement	Dysfonctionnement du circuit pneumatique	3	2	2	12	Changement des tuyaux
			Mauvaise qualité		1	2	2	4	
Vérin pneumatique	Transformer l'énergie pneumatique en énergie mécanique pour la rotation de la table	Blocage du vérin	Manque d'air comprimé	Arrêt du vérin	3	2	2	12	Vérifier l'air comprimé
			Problème des joints		3	3	3	27	Changement des joints
Distributeur pneumatique	Ouvrir ou fermer une ou plusieurs voies de passage d'air	Le distributeur ne fonctionne pas	Mauvaise connexion	Mouvement retardé des vérins	2	2	2	8	Maintenance curative
			Usure des joints		2	2	3	12	Changement des joints
			Défaut de la bobine	Dysfonctionnement des vérins pneumatiques	1	3	3	9	Maintenance curative
			Coincement du tiroir		2	2	3	12	
Régulateur de pression pneumatique	Limiter la pression à un seuil donné	Pression non réglée	Déformation du ressort	Vibration de la tuyauterie	2	2	3	12	Changement du ressort
			Ressort cassé						
			Défaut interne		1	3	3	9	Maintenance curative
Filtre pneumatique	Obstacle pour les particules	Mauvais filtrage	Filtre percé	Air comprimé non conforme	2	2	3	12	Changement du filtre
		colmatage	fatigue		1	2	3	6	Nettoyage du filtre
Raccords	Raccordement entre le vérin et la tuyauterie/raccordement entre la tuyauterie et le distributeur	Rupture des joints	fatigue	Mauvais raccordement	3	3	3	27	Changement des joints
	Filetage foiré	vieillessement	2		4	2	16	Refaire le filetage	

Tableau 10. **Tableau AMDEC de la partie pneumatique de GNUTTI**

4 Synthèse :

a) Hiérarchisation des défaillances :

La difficulté essentielle d'une étude qui veut anticiper les problèmes et rechercher les solutions préventives provient de la très grande variété des problèmes potentiels à envisager .D'où le besoin d'une hiérarchisation qui permet de classer les modes de défaillances et d'organiser leur traitement par ordre d'importance.

Pour ce faire, j'ai choisi, d'après les résultats des tableaux AMDEC, et à l'aide de mon groupe de travail, un seuil de criticité égal à 15 .Alors les défaillances dont la criticité dépasse le seuil considéré sont classées dans la zone rouge du tableau 11:

Niveau de criticité	Elément	Mode de défaillance	Cause de défaillance	C
Criticité négligeable $C \leq 8$	Relais thermique	Claquage	Surintensité	2
	Electrovanne	Coincement	Vieillessement	4
	Tableau de commande	Blocage des boutons	Opération mal réalisée	4
			Vieillessement	
	Distributeur hydraulique	Arrêt de distribution	Usure du piston	6
			Bobine grillée	
	Transformateur	Court-circuit	Bobine grillée	6
	Pompe	Faible débit	Vanne partiellement ouverte	6
Bruit		Prise d'air		
			Défaut d'alignement d'accouplement	
Criticité moyenne $8 < C \leq 15$	Régulateur de pression	Pression non réglée	Rupture des joints	9
			Usure de la conicité de la vis	
			Ressort cassé	
	Interrupteur de fin de course	Tête de fin de course bloquée	Fatigue	9
		Interrupteur cassé	Mauvais serrage	
Clapet anti retour	Rupture	Vieillessement	12	
		Rupture des joints ou du ressort		

	Axe de centrage de la table rotative	Grippage	Manque de graisse	12
			Mauvais choix des matériaux	
	Poulie	Desserrage	Frottement	12
	Sectionneur	Tarudage foiré	Echauffement du contact	12
		Fusible grillé	Surintensité	
	Câblages	Déchirure	Vieillessement	12
			Rats	
	Tuyauterie	Fissure	Vieillessement	12
Régulateur de pression	Non régulation de pression	Ressort déformé ou cassé	12	
Filtre pneumatique	Mauvais filtrage	Filtre percé	12	
Criticité élevée C > 15	Flexible	Fissure	Pression élevée	16
	Engrenage	Blocage de l'engrenage	Usure des dents	16
	Réservoir	Huile insuffisant	consommation excessive	18
	Filtres hydrauliques	Colmatage total	Présence d'impuretés	18
	Moteur de la pompe	Bruit	Roulements endommagés	18
	Radiateur	Vibration	Bouchage	18
	Table rotative	Blocage de la table	Manque d'air comprimé	18
			Vérin défectueux	
			Engrenage bloqué	
	Mors	Pièce non serrée	Défaut de réglage	18
			Usure des joints	
	Contacteur	Bilame ou bobine grillée	Surintensité	18
	Pédale	Cassure	Choc	18
	Courroies	Courroie déchirée	Vieillessement	24
	Moteur de l'unité	Bruit	Manque de phase	24
	Roulements	Vibration majeure	Mauvais graissage	24
Outils et tarauds	Bruit anormal	Outils abimés	24	
Vérin pneumatique	Blocage du vérin	Usure des joints	27	
Raccords	Filetage foiré	Fatigue	27	

Tableau 11. Classification des défaillances selon le niveau de criticité

Le tableau ci-dessus (tableau 11) montre que 6 éléments de la machine GNUTTI ont une criticité $C \leq 8$, alors que 10 ont une criticité $8 < C \leq 15$ et 16 ont une criticité $C > 15$. Les pourcentages sont représentés dans le graphique (fig31).

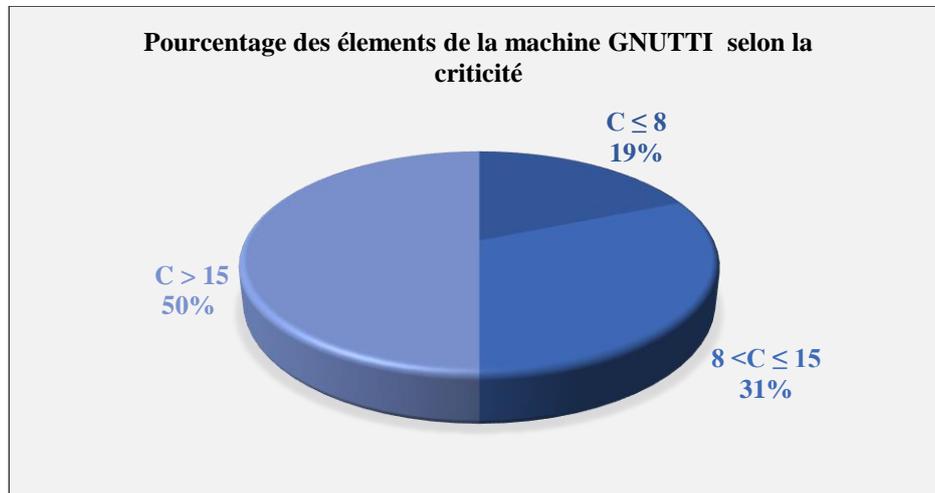


Figure 31. Pourcentage des éléments critiques de GNUTTI selon la criticité

b) Proposition d'actions préventives pour les éléments critiques:

En se basant sur la classification des défaillances, établie dans le tableau 11, suivant les différents niveaux de la criticité, il est nécessaire de chercher à réduire la criticité des éléments situés dans la zone rouge et qui constituent 50% des éléments de la machine GNUTTI.

Dans ce contexte, j'ai établi, à l'aide de mon groupe de travail, une liste d'actions préventives pour la machine GNUTTI, qui peut être exploitée par le service maintenance de l'entreprise ROSCA (cf.tab12).

	Elément	C	Actions préventives	Périodicité
Partie hydraulique	Flexibles	16	Changement des flexibles	Tous les 4 ans
	Réservoir	18	Faire le vidange	Annuel
			Contrôle du niveau d'huile	Quotidien
			Purger l'air	Semestriel
	Filtre	18	Nettoyage du filtre	Toutes les 400h
			Changement du filtre	Tous les 2 ans
	Moteur de la pompe	18	Changement des roulements du moteur	Tous les 2 ans
			Graissage du palier du moteur	Trimestriel
			Serrage des écrous et boulons	Semestriel
	Radiateur	18	Contrôle du niveau de refroidissement d'huile	Hebdomadaire
Nettoyer entre les ailettes du radiateur			Hebdomadaire	

Partie mécanique			Changer le radiateur	Tous les 8 ans
	Engrenage	16	Graissage	Hebdomadaire
	Mors	18	Vérification du serrage	Quotidien
			Lubrification de la glissière	Hebdomadaire
			Changement des joints	Tous les 2 ans
	Table rotative	18	Surveiller le bruit	Quotidien
			Graissage de l'engrenage et de l'axe de pivotement	Hebdomadaire
	Roulements	18	Contrôle des jeux des roulements	Trimestriel
			Graissage	Hebdomadaire
			Analyse des vibrations	Toutes les 1000h
			Changement des roulements	Tous les 2 ans
	Moteur de l'unité	24	Graissage des roulements	Hebdomadaire
Contrôle de l'intensité de courant et de la tension			Mensuel	
Rebobinage du moteur			Tous les 6 ans	
Partie électrique	Contacteur	18	Changement du contacteur	Tous les 2 ans
			Vérification du contact	Hebdomadaire
	La pédale	18	Vérification du ressort	Hebdomadaire
			Changement de la pédale	Annuel
Partie Pneumatique	Vérin pneumatique	27	Contrôle de l'état des pièces d'usure	Tous les 2 ans
			Changements des joints	Annuel
	Distributeur pneumatique	18	Nettoyer le distributeur	Semestriel
			Changer le distributeur	Tous les 6 ans
	Raccords	27	Vérification d'étanchéité	Trimestriel
Changement des raccords			Tous les 4 ans	

Tableau 12. Liste d'actions préventives pour la machine GNUTTI

c) Recommandations :

A la fin de l'analyse des modes de défaillances, de leurs effets et leur criticité de la machine GNUTTI, je recommande au service maintenance de l'entreprise ROSCA, de faire un suivi des actions prises et de réévaluer les indices de criticité des éléments critiques (situés dans la zone

rouge du tableau 11) de la machine GNUTTI . En effet des actions correctives et préventives doivent être engagées jusqu'à ce que les indices de criticité soient inférieurs au seuil établi ($C = 15$).

En outre, vu la complexité de la machine GNUTTI, les activités de maintenance ne peuvent être assumés par le seul agent de maintenance, c'est pourquoi il convient que chaque opérateur puisse détecter les anomalies et participer à la résolution des problèmes, et partant, à la réalisation de l'AMDEC .Il s'agit du principe de l'automaintenance ou la maintenance volontaire.

Conclusion

Faute de stratégie de maintenance préventive, la performance d'une entreprise telle que ROSCA en subit des répercussions négatives. Alors dans quelle mesure la méthode AMDEC pourrait-elle prévenir les dysfonctionnements et les sources de pannes des machines de production ?

Dans le cadre de cette problématique, mon projet de fin d'étude avait pour objectif de faire une AMDEC à la machine la plus critique de l'atelier usinage mécanique (la machine GNUTTI) afin d'éliminer le plus en amont possible les causes des défauts potentiels.

L'AMDEC faite a abouti à la conclusion suivante : 50 % des éléments de la machine GNUTTI ont une criticité élevée qui dépasse le seuil fixé ($C=15$) par le groupe de travail. Pour y remédier, j'ai proposé plusieurs actions préventives, par exemple : le changement systématique des organes de la machine.

Malgré les difficultés rencontrées dans la collecte des données et la cotation des défaillances dues au manque de données techniques et historiques de pannes de la machine GNUTTI, ce stage pratique m'a permis de renforcer mes connaissances techniques, et approfondir mes connaissances acquises durant mes études.

En guise de conclusion, je dirais que ce modeste travail est loin d'apporter des solutions idéales et définitives pour réduire les pannes et augmenter la disponibilité de la machine GNUTTI, toutefois, le travail présent pourrait être le début d'une analyse plus approfondie et plus élaborée à même d'apporter des solutions techniques plus développées.

Annexes-X-

- Grille de cotation de la fréquence(F) :

Définition		La fréquence représente la probabilité que la cause de défaillance apparaisse.
Fréquence d'occurrence		Explications
Très faible	1	Défaillance rare : une défaillance ou plus par an
Faible	2	Défaillance possible : au moins une défaillance par 6 mois
Moyenne	3	Défaillance fréquente : au moins une défaillance par 3 mois
Forte	4	Défaillance très fréquente : au moins une défaillance par semaine

- Grille de cotation de la gravité(G) :

Définition		La gravité exprime l'importance de l'effet sur la productivité
Niveau de gravité		Explications
Mineure	1	Arrêt de production < 2min Aucune dégradation notable
Significative	2	Arrêt de production de 2 min à 20min. R ² remis en état de courte durée ou petite réparation
Moyenne	3	Arrêt de production de 20min à 60min : changement de matériel défectueux
Majeure	4	Arrêt de production de 1h à 2h : intervention importante sur les sous ensemble.
Catastrophique	5	Arrêt de production > 2h : intervention lourde nécessite des moyens coûteux, problèmes de sécurité du personnel

- Grille de cotation du non détection (D) :

Définition		La non détection exprime la probabilité de ne pas détecter le mode de défaillance.
Niveau de non détection		Explications
Evidente	1	DéTECTABLE à 100% : Détection certaine de la défaillance/ Signe évident d'une dégradation/ Dispositif de détection automatique (alarme)
Possible	2	DéTECTABLE : Signe de la défaillance facilement détectable mais nécessite une action particulière (visite)
Improbable	3	Difficilement détectable peu exploitable ou nécessitant une action ou des moyens complexes (démontage)
Impossible	4	IndéTECTABLE : Aucun signe de défaillance

Bibliographie :

- Cours de « Gestion de la maintenance » du professeur Anas CHAFI.
- L'AMDEC sous la direction du prof : Joseph kélada /Ecole des HEC-1998.
- « AMDEC guide pratique » de Gérard Landy 2eme édition.
- <http://www.guide-plomberie.fr/conseils-pratiques/robinetterie-sanitaire/>
- <https://qualite.ooreka.fr/comprendre/amdec>
- <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/bs1948061>