



MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du

**Diplôme de Licence Sciences et Techniques
Spécialité : Conception et Analyse Mécanique**

Etablissement d'AMDEC Machine

Présenté par :

El Hayani Adil

Encadré par:

- Mr. El Hakimi Abdelhadi, professeur du département Génie Mécanique, FST Fès
- Mr. Ayoub Laanaya, ingénieur de la société

Le jury :

- **Mr. El Hakimi Abdelhadi**
- **Mr. Jalil Abouchita**



Année Universitaire : 2010-2011

Stage effectué à : Flexi Ressorts

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

Nom et prénom: El Hayani Adil

Année Universitaire : 2010-2011

Titre: Etablissement d'AMDEC Machine

Résumé

Dans l'objectif d'optimiser le fonctionnement de quelques machines et l'amélioration de leur maintenance, il nous a été demandé de faire une optimisation de la maintenance pour les machines clés de la société.

La présente étude contribue à l'augmentation de la disponibilité et réduire le nombre de défaillance de la machine. Pour atteindre cet objectif nous avons procédé comme suit :

- Classifier les machines pour déterminer les machines clés,
- Etudier les historiques des Machines critique,
- Les classer par ordre de priorité lié au critère indisponibilité,
- Application de l'AMDEC aux éléments critiques qui consiste à effectuer :
 - L'analyse des défaillances.
 - L'hierarchisation des défaillances.
- Dresser un plan d'action tout en respectant les conditions de sécurité.

Mots clés: Analyse, Mode de Défaillance, Effet, Criticité



Dédicaces

Je dédie Ce modeste travail à:

Mes parents :

Rien au monde ne pourrait compenser tous les sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation, et mon bien être, que dieu vous donne santé et longue durée pour que je puisse à mon tour vous combler de bonheur

Ma famille :

En témoignage des liens solide qui nous unissent, je vous souhaitant un avenir plein de succès et de prospérité

Mes collègues :

Pour ma pure et sincère amitié cette consolation sacrée qui nous a liés jusqu'à présent puisse durer éternellement.

Tous ceux qui me sont chères

Tous ceux qui ont participé à l'élaboration de ce projet ; veuillez accepter mon meilleurs vœux de prospérité.

Qu'ils Mon trouvent ici l'expression de mon grand respect et estime.

Remerciement

Il nous est agréable de nous acquitter d'une dette de reconnaissance envers les personnes dont l'intervention dans ce travail a contribué effectivement à son aboutissement.

C'est pour cette raison que j'ai choisi de commencer ce rapport par exprimer ma gratitude envers Monsieur le Directeur de développement/Qualité/Audit de Flexi Ressort Mr Nadir Mohamed.

Je tiens à remercier mon parrain de stage Mr Ayoub laanaya à qui j'éprouve beaucoup d'estime et de respect pour son encadrement, sa disponibilité permanente et le temps qu'il a bien voulu m'accorder.

Je remercie profondément, sans doute aucune expression ne serait lui témoigner véritablement la gratitude de l'estime que je lui porte, ses explication, ses directives et tous les efforts qu'il a fournis m'ont été d'une aide précieuse et cruciale durant mon stage.

Avec beaucoup d'égard et différence, je ne manquerai pas de remercier mon encadrant a l'FSTF Mr El Hakim Abdelhadi pour leur conseils judicieux qu'ils n'ont cessé de me prodiguer.



El ne m'échappera pas aussi de remercier tout le personnel du bureau d'étude et de département de la maintenance, précisément Mr Abdelkrim, mes cher amis Mr Saouabe abdelhak, M Mahdaoui Khadija, M Satour Naji , M Fathi Khadija, aussi M Ziat Maryam, pour leur serviabilité, leur encouragement permanentes et leur grande amabilité.

Je remercie enfin toute personne ayant eu l'amabilité de contribuer à la réalisation de ce travail d'une quelconque manière.

Sommaire

Chapitre 1 : Présentation générale de la société FLEXIRESSORTS.....	6
1. Structure et organisation de FLEXI RESSORTS :	6
2. Processus de fabrication :	7
3. Planning de travaille :	9
4. ORGANIGRAMME GENERAL	10
Chapitre 2 : Généralité sur la maintenance.....	11
1. Introduction :	12
2. Différent types de maintenance :	12
_a) La maintenance Corrective :	14
_b) Maintenance préventive :	14
3. Les cinq Niveaux de la maintenance :	16
4. Organigramme du service Maintenance :	16
Chapitre 3 : Etude AMDEC de La machine Enrouleuse LM+L2 et ligne de traitement thermique :	17
1. Classification de machine :	17
2. Enrouleuse LM+L2 et Ligne DE traitement thermique :	17
_a) Présentation de la machine enrouleuse LM + L2 :	17
_b) Présentation de la ligne traitement thermique :	18
Chapitre 4 : AMDEC MACHINE	22
I. Etude AMDEC :	22



Introduction :	22
__ But d'étude AMDEC :	22
Type d'AMDEC :	22
__ Démarche pratique de l'AMDEC machine :	23
II. Analyse des modes de défaillance de leur effet et de leur criticité :	26
1. AMDEC de la machine Enrouleuse LM + L2 :	26
2. AMDEC de la machine Ligne traitement thermique :	30
III. Planning d'entretien (plan de maintenance) :	36
__ a. Pour la machine Enrouleuse LM + L2 :	37
__ b. Pour la ligne de traitement thermique :	37
Chapitre 5 : Travail Supplémentaire :	38
1. Fiches de maintenance :	39
2. Codification des machines :	41
3. Fiche de vie et de réception :	42
4. Fiches de Diagnostic de panne :	42
Conclusion :	42



Chapitre 1 : Présentation générale de la société FLEXIRESSORTS

1. Structure et organisation de FLEXI RESSORTS :

Flexi ressorts est une société Marocaine basée à Casablanca, capitale économique du Maroc. Elle fait partie d'un groupe de sociétés intégrées dans le secteur automobile.

La société est spécialisée dans la fabrication de ressorts à lames, conventionnels et paraboliques, pour tous types de véhicules industriels son site de production s'étend sur une superficie de 1500m² dont 6500m² couvert.

FLEXI RESSORTS s'est forgé une réputation d'excellence dans le secteur. Elle fournit les plus grands constructeurs de véhicules industriels (MITSUBISHI, IVECO...)

Joignant une technologie de pointe et un service client performant, FLEXI RESSORTS, met à la disposition de ses partenaires son savoir faire et ses moyens matériels et humains pour répondre à un haut niveau d'exigence et de qualité.

Principaux Clients de FLEXI Ressorts :





POURQUOI ADOPTER FLEXI RESSORTS ?

La maîtrise de processus de production et de capacités de stockage, permettent a Flexi de répondre aux besoins de ces clients dans des délais très réduits. La position géographique stratégique (qui se situe aux portes de l'Europe de l'Afrique subsaharienne), ainsi que les infrastructures portuaires dont dispose notre pays (tel que le port de Tanger-Med...), lui offrent des atouts pour satisfaire ces partenaires au MAROC et à l'étranger.



RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT :

Flexi ressorts a mis en place un bureau d'études et un bureau de méthodes chargés du développement des ressorts à lames, en utilisant des logiciels performants (SOLID WORKS, CATIA, Etc.)



PROCESSUS QUALITE :

Flexi Ressorts investi durablement dans son processus qualité et lui a dédiée un service à part entière disposant d'un laboratoire de contrôle et d'analyse de flexion et de structure performance et la durabilité de ses ressorts.

2. Processus de fabrication :

Flexi ressort est une société qui se répartit en six zones principales:

- Zone de débitage
- zone de forgeage
- Zone de traitement thermique
- Zone d'en grenailage
- Zone d'assemblage
- Zone de peinture



i. Zone de débitage :

Dans cette zone s'effectue deux processus différents:
Le premier se charge du découpage des lames d'acier selon la taille désirée. Le deuxième est constitué de plusieurs perceuses qui perforent les lames.

ii. Zone de forgeage :

Cette zone comporte six machines:

- Une presse à quatre temps: elle se charge de couper les lames afin de leur donner un aspect plus ou moins pointu.
- La minoire: elle se charge du laminage de la lame.
- La presse mécanique: elle s'occupe de perforer les lames si celle-ci n'ont pas été perforé dans la zone de débitage ou si elles ont été mal percée.
- Lapidier double: elle s'occupe de découper le surplus d'acier résultant à l'enroulement de la lame.
- Les fours: sert à chauffer l'acier afin de le rendre plus maniable lors de l'enroulement.
- L'enrouleuse LM+L2: Il s'agit de la machine qui enroule la lame pour créer une sorte d'œil.

iii. Zone de traitement thermique :

Cette zone se charge de donner une certaine flexibilité à la lame.

Elle contient trois parties principales:

- un four qui chauffe la lame.
- Ligne traitement thermique
- un four de revenu pour donner une certaine ductilité à la lame.

iv. Zone d'en grenailage :

Cette zone se spécialise dans le lissage de la surface de la lame:

La lame entre dans la machine avec une surface n'est pas lisse, elle est alors nettoyée par des brosses de fer bougeant grâce au bombardement des grains de fer se situant dans le stock.

v. Zone d'assemblage :

Dans cette zone se fait l'assemblage des lames pour constituer le produit final.

La deuxième étape ici consiste à faire subir au ressort une série de tests qui détermineront la conformité et la résistance du produit.

vi. Zone de peinture :

Donner une couleur convenable au ressort à lames et la marque de la société et le type du ressort et aussi la marque de la société de voiture CLIENTE.



Le produit est alors acheminé vers le stock puis vers les clients.

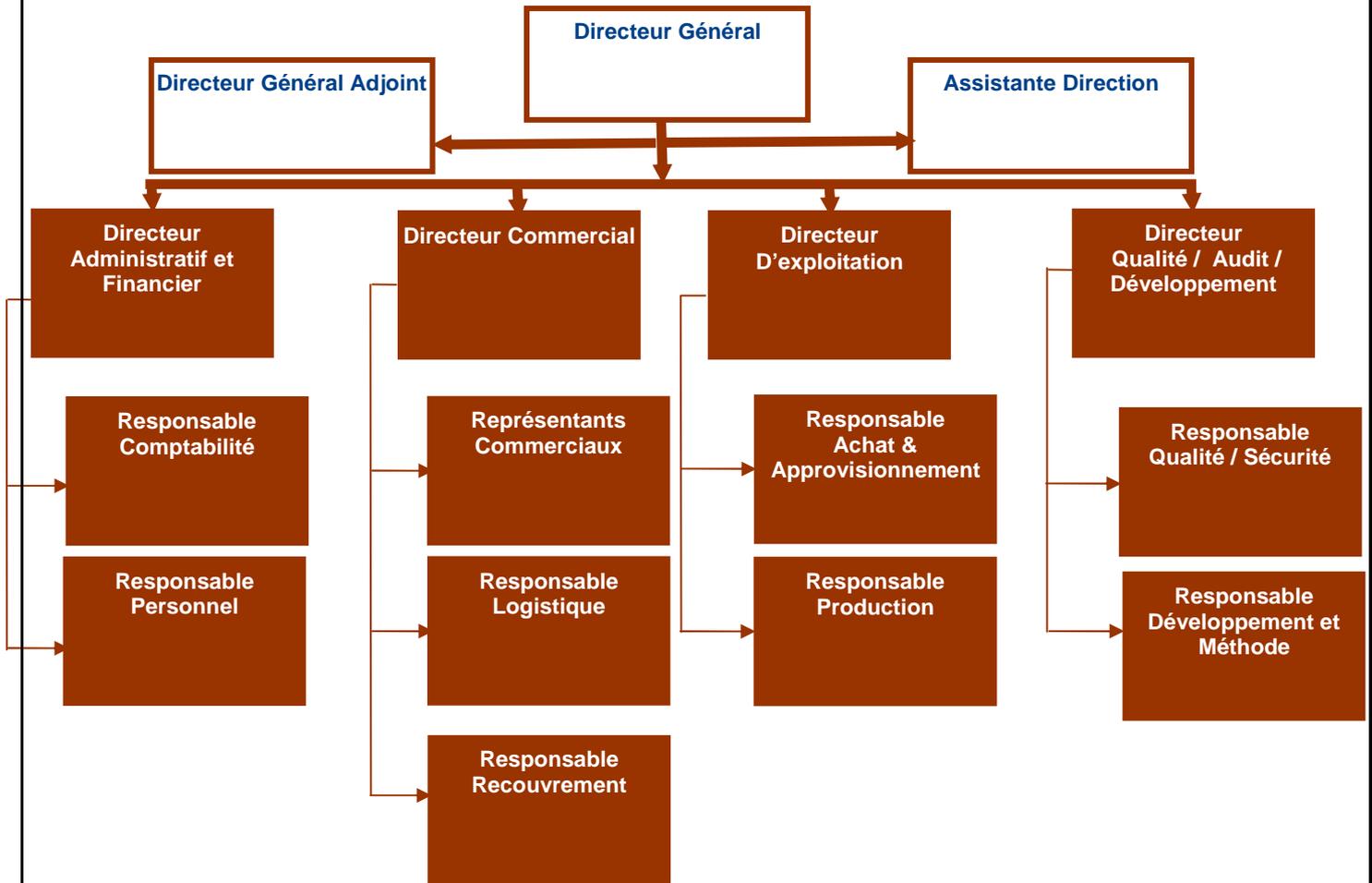
3. Planning de travaille :

Période	Activité Réalisé	Point retenu et Remarque observé
Du 18/04/2011 à 22/04/2011	Familiarisation avec l'entourage de la société -visite des machines -collecte de données	Plusieurs Machines nécessitent une Maintenance Absence d'une codification de machine Des mécanismes nécessitent amélioration
Du 23/04/2011 à 07/05/2011	Réalisation Des fiches de maintenance premier et 2 ^{ème} niveau de chaque machine	Une machine (grenailleuse) à des effets dangereux nécessite une remise en cause complète La réalisation des fiches de maintenance m'a permis de comprendre de nouveau systèmes tels que : système hydraulique, pneumatique ...
Du 09/05/2011 à 13/05/2011	Nom et Codification de machine	Affectation d'une codification et un nom pour chaque machine
Du 14/05/2011 à 17/05/2011	Réalisation des Fiches de vie et de réception	Des machines nécessitent une plaque signalétique
Du 18/05/2011 à 23/05/2011	Classification des machines (détermination des machines clé)	Comment contacter des services : ☞ Service maintenance pour prendre le cout d'entretien ☞ Service qualité pour prendre le taux de non-conformité et l'influence sur la qualité finale
24/05/2011 à 28/05/2011	Réalisation de fiche de diagnostique de panne (du deux machines clé + quelque d'autre machines)	L'esprit de création et d'analyse
29/05/2011	Rencontre à Fès avec M.hakimi mon encadrent à l'FST	<ul style="list-style-type: none">• Des conseils• Suivie du déroulement de stage
Du 30/05/2011 à 05/06/2011	Décomposition fonctionnelle des deux machines clé Analyse AMDEC	La Maintenance qui convient a chaque élément



Du 06/06/2011 à 10/06/2011	Réalisation et préparation de rapport de stage
----------------------------	--	------

4. ORGANIGRAMME GENERAL



Relations hiérarchiques : _____

Relations fonctionnelles: -----

Rapport de stage technique

Chapitre 2 : Généralité sur la maintenance

LA MAINTENANCE
OU, QUAND, COMMENT ?



1. Introduction :

Définition de la maintenance : (extrait de la norme AFNOR NF X 60-010)

La maintenance est définie comme étant l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans spécifié ou en mesurer d'assurer un service déterminé.

Une entreprise industrielle interagit avec son environnement ; marché pour écouler les produits fabriqués, fournisseurs, marché du travail, concurrence, législation en vigueur, situation géographique...etc.

Puisque cet environnement évolue, l'entreprise est condamnée à s'adapter ou à disparaître. En particulier, l'entreprise doit s'adapter aux progrès technologiques et se doter de nouvelles technologies pour qu'elle reste compétitive sur le marché.

L'acquisition de ces technologies nécessite de nouveaux matériels et des investissements importants dont l'amortissement doit être assuré. Tout arrêt de la production dû à une défaillance imprévue du matériel devient donc trop onéreux pour l'entreprise : non satisfaction des clients dans des délais prévus, d'où risque de perdre des marchés, détérioration de la qualité des produits ...etc.

L'entreprise doit donc adopter une stratégie de maintenance ayant pour objectif le maintien du matériel dans un état assurant la production voulue au coût optimal.

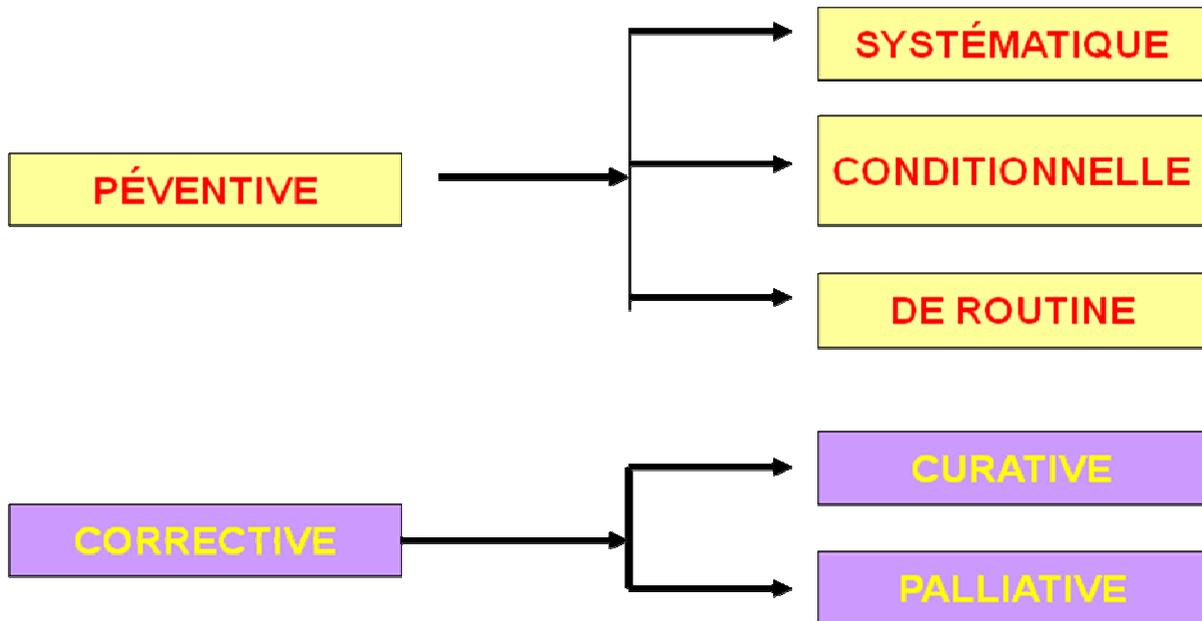
La fonction maintenance a été considérée pendant longtemps comme une fonction secondaire entraînant des dépendances non productives. On l'assimilait souvent à l'entretien qui consistait aux réparations et aux dépannages des outils de production.

Durant les dernières décennies, il s'est produit une évolution de la notion d'entretien vers la notion de maintenance. L'entretien se limitait souvent à subir les défaillances et les contraintes des machines et des installations de production alors que la maintenance englobe de plus en plus la maîtrise économique de la disponibilité des outils de production. L'état d'esprit de la maintenance peut se résumer en deux mots clés : Maîtriser au lieu de subir.

2. Différent types de maintenance :

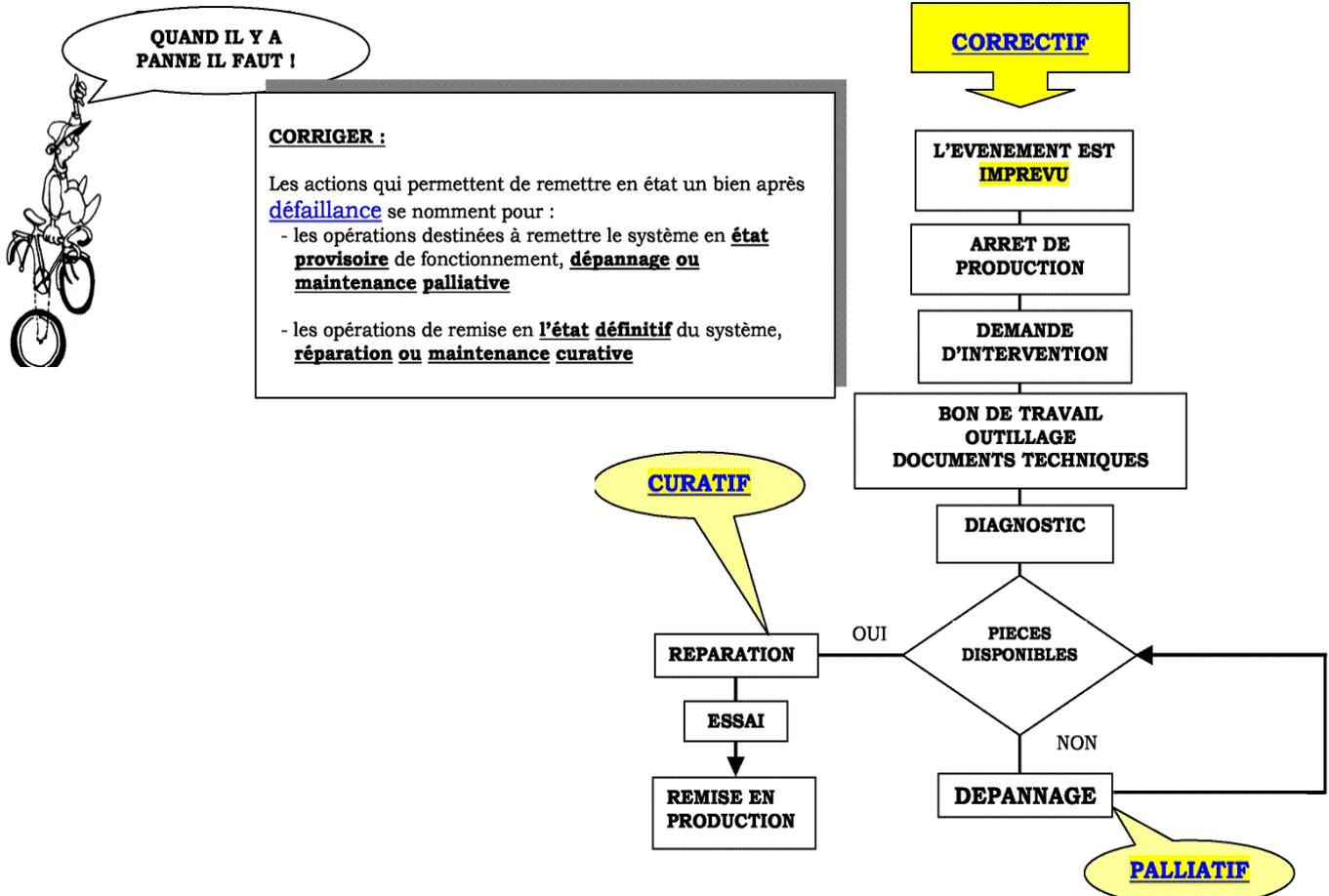


En fonction des objectifs visés, la maintenance prendra des formes différentes, ce qui donnera lieu aux types de maintenance que nous avons regroupée dans le schéma suivant :





a) La maintenance Corrective :



Applications :

- Entités en redondance (pompes, générateurs, turbines, ...)
- Entités à faible coût de défaillance (machines non critiques de la production)
- Entités ne pouvant pas entraîner d'accidents

Avantage et inconvénients de la maintenance corrective

- ◆ Avantage :
 - pas d'effort de planification et de gestion
 - pas d'acquisition d'équipements de contrôles
- ◆ Inconvénients :
 - Existence souvent de dégâts collatéraux coûteux
 - Temps d'arrêt important soit un coût de maintenance indirect élevé
 - Intervention urgente souvent mal faite
 - Mauvaise gestion des ressources humaines et matérielles
- Répétition des défaillances altèrent le fonctionnement des entités

b) Maintenance préventive :

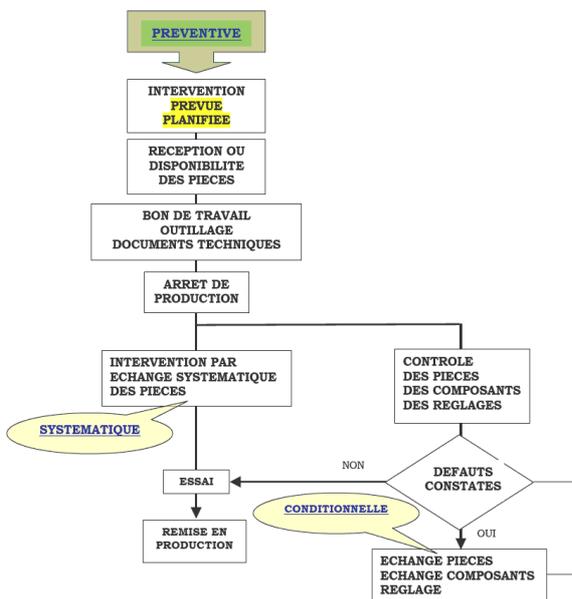


1. PREVENIR

Les actions qui permettent de réduire les risques de défaillance :

- en fonction de critères définis à l'avance et après contrôle de ceux-ci, se nomment **maintenance conditionnelle**.

- suivant un échéancier sans tenir compte de l'état du matériel et sans contrôle de l'état de celui-ci **maintenance systématique**.



OU

2. AMELIORER

C'est l'ensemble des modifications apportées à un système pour réduire les causes de défaillance ou espacer les actions de surveillance. Cela nécessite une bonne connaissance technique du matériel et des causes fréquentes de défaillance.

Domine d'utilisation :

- Tous les contrôles réglementaires
- Nettoyage fréquent d'équipement
- Lubrification et graissage
- Réglage resserrage des boulons, petites interventions,
- Remplacement périodique de certains éléments
- Protection contre la corrosion, gel,

Avantage et inconvénients de la maintenance Préventive :

◆ Avantage :

- Gestion aisée des ressources humaines et matérielles
- Prévision facile du budget
- Gestion aisée des rechanges
- éviter les détériorations importantes d'autres constituants
- réduire les coûts de réparation



- diminuer les risques d'avarie et d'indisponibilité
- Accroître la sécurité des personnes et des biens
- Effectuer dans de bonnes conditions les opérations de maintenance

◆ Inconvénients :

- Consommation de rechange peut être grande
- Nécessité de déterminer et d'optimiser la périodicité d'intervention
- Les pannes ne sont pas totalement évitées

3. Les cinq Niveaux de la maintenance :

Niveau 5	Reconstitution et rénovation	Opérateurs maintenance externes
Niveau 4	Travaux lourds de maintenance	Opérateurs maintenance externes ou internes
Niveau 3	Diagnostics, réparations et remplacement	Opérateurs maintenance internes
Niveau 2	Travaux avec outillage simples	Opérateurs maintenance internes et exploitants
Niveau 1	Travaux simples sans outillages	Opérateurs maintenance et exploitants

4. Organigramme du service Maintenance :

**Responsable
Maintenance**

Technicien Automatisme
Technicien Mécanique
Technicien Electrique
Technicien Outillage
Technicien Soudage



Chapitre 3 : Etude AMDEC de La machine Enrouleuse LM+L2 et ligne de traitement thermique :

1. Classification de machine :

Pour déterminer les machines clé il nous faut un classement selon l'importance des équipements soit par la méthode de PARETO (20/80) qu'est une méthode plus général ou en utilisant les critères indiqué dans le tableau suivant :

(Voir L'ANNEXE)

Résultat trouvé : Deux machines clé,

- ✓ Ligne de traitement thermique : 29
- ✓ Enrouleuse LM + L2 : 26

Donc notre travaille AMDEC va se basé sur ces deux machines.

2. Enrouleuse LM+L2 et Ligne DE traitement thermique :

a) Présentation de la machine enrouleuse LM + L2 :

• Introduction :

La machine Enrouleuse LM + L2 représente une partie très sensible dans les étapes décrivant la fabrication des lames maîtrise et lames deuxième du Ressort, il possède de deux machines l'une sert a la coupe et autre pour construire la forme d'œil, les deux machines est dirigé par un centrale hydraulique.

• Fonctionnement :

Après fixation de la lame Maitrise sur la table par l'ergot centrale et le vérin Vertical de l'extrémité droite, la lame qu'est articulé sur l'axe du vérin horizontale s'est plié suite à la rotation programmé de la brochure, ce qu'entraîne un plie sous forme d'œil, noté bien que cette Opération de roulement vient juste après la sortie de la lame du four à une Température élevé.

• Définition des composantes de la machine Enrouleuse LM+L2 :

◆ Moteur

◆ Pompe



◆ Filtre



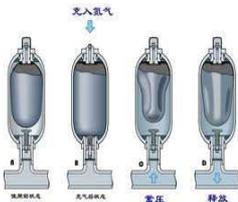
◆ Distributeur



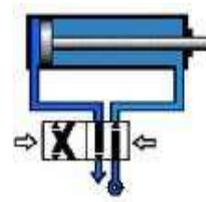
◆ Accumulateur



◆ Vérin



◆ Broche



b) Présentation de la ligne traitement thermique :

• **Introduction :**

Le traitement thermique consiste à modifier les propriétés et l'usinabilité d'un métal ou d'une pièce par le chauffage puis, éventuellement, le refroidissement et après le retour au four de revenu. Afin de s'assurer que le résultat soit conforme aux normes en vigueur, le traitement thermique est effectué dans des fours de haute précision. Suivant les métaux, les transformations de structure modifieront certaines ou toutes les caractéristiques mécaniques. Ainsi, le traitement thermique de certains alliages leur apportera une plus grande dureté ou une meilleure ductilité.

• **Fonctionnement :**



La ligne traitement thermique pour une ressort à lame est essentiel pour conférer à l'acier les qualités nécessaires à sa durée de vie lors de leur utilisation aussi pour le donner la forme de flexion. Ces opérations vont en fait augmenter de façon conséquente la dureté de l'acier.

Elle consiste en trois phases : la trempe, flexion et le revenu

Four :

Elle s'opère en élevant l'acier à une température de l'ordre de 800 à 1000°C (la température est propre à chaque nuance d'acier)

La ligne :

La lame passe par le convoyeur jusqu'à le cintre convenable ou il prend la forme de flexion après les nuances modernes se trempent à des températures de chauffe extrêmement précises $\pm 10^\circ\text{C}$. L'acier est alors refroidi brutalement. Différents modes de refroidissements sont utilisés : bain d'huile ou d'eau, air ambiant et cryogénie (basse température : $- 80^\circ\text{C}$)

Lors de cette opération, on vise essentiellement une vitesse de refroidissement qui est définie par la nuance d'acier sur lequel on opère le traitement thermique.

Le revenu :

La trempe augmente considérablement la dureté de l'acier, mais elle le fragilise énormément car celui-ci est alors extrêmement cassant. Le rôle du revenu est d'ajuster précisément la dureté de l'acier et de le "détendre" pour qu'il retrouve de l'élasticité et perde son cassant.

Cette opération est réalisée en maintenant plusieurs minutes (au moins trente minutes pour une lame par exemple) à une température précise qui est fonction de la nuance d'acier (en général de 200 à 300°C)

• Définition des composantes de la ligne traitement thermique :

Four D'austénitisation :



Un four servant au traitement thermique, on y réchauffe l'acier jusqu'à la température critique.

◆ Ligne de traitement thermique :



◆ Four de revenu :







Chapitre 4 : AMDEC MACHINE

I. Etude AMDEC :

Introduction :

La méthode AMDEC (analyse des modes de défaillance et leur effet et leur criticité) a été utilisée originellement dans le traitement des risques potentiels inhérents aux activités de production de l'armement nucléaire. Progressivement, elle a été adaptée à l'ensemble des activités à risques (nucléaire civil, domine aéronautique, spatial, grands travaux...); puis a été intégrée dans les projets industriels. De nos jours, son emploi est très répandu dans le monde industriel soit pour améliorer l'existant, soit pour traiter préventivement les causes potentielles de non performance des nouveaux produits, procédés ou moyens de production.

L'utilisation de l'AMDEC peut paraître fastidieuse; cependant, les gains qu'elle permet de réaliser sont très souvent bien plus importants que les efforts de mise en œuvre qu'elle suggère. La mise en œuvre de l'AMDEC offre une garantie supplémentaire pour l'entreprise industrielle de l'amélioration de ses performances.

But d'étude AMDEC :

- Réduire le nombre des défaillances.
- Prévention des pannes.
- Améliorer la maintenance préventive.
- Réduire les temps d'indisponibilité parés défaillance.
- Prise en compte de la maintenabilité dès la conception.
- Améliorer la maintenance corrective.
- Améliorer la sécurité.

Type d'AMDEC :

Globalement il existe trois types d'AMDEC :

- L'**AMDEC produit**, permet de vérifier la viabilité d'un produit développé par rapport aux exigences du client ou de l'application ;
- l'**AMDEC processus**, permet d'identifier les risques potentiels liés à un procédé de fabrication conduisant à des produits non conformes ou des pertes de cadence ;
- l'**AMDEC moyen de production**, permet d'anticiper les risques liés au non fonctionnement ou au fonctionnement anormal d'un équipement, d'une machine ;

Chacun de ces types d'AMDEC donne en sortie un document de travail incontournable pour la suite du développement, par exemple :

- Pour l'AMDEC produit, un plan de fiabilisation ;
- Pour l'AMDEC processus, un plan de surveillance, contrôle qualité ;
- Pour l'AMDEC moyen, une gamme de maintenance préventive ;



Démarche pratique de l'AMDEC machine :

Une étude AMDEC machine comporte quatre étapes successives, soit un total de 21 opérations. La puissance d'une étude AMDEC réside autant dans son contenu que dans son exploitation. Une étude AMDEC reste sans valeur si elle n'était pas suivie par la mise en place effective des actions correctives préconisées par le groupe, accompagnées d'un contrôle systématique.

C.1 : Initialisation :

But :

L'initialisation de l'AMDEC machine est une étape préliminaire à ne pas négliger. Elle est menée par le responsable de l'étude avec l'aide de l'animateur, puis précisée le groupe de travail.

Elle consiste à poser clairement le problème, définir le contenu et les limites de l'étude à mener et à réunir tous les documents et informations nécessaires à son bon déroulement

En suivant la méthode suivante :

- 1- Définition du système à étudié.
- 2- Définition de la phase de fonctionnement.
- 3- Définition des objectifs à atteindre.
- 4- Définition du groupe de travail.
- 5- Etablissement du planning.
- 6- Mise au point des supports de l'étude.

C.2 : Décomposition fonctionnelle :

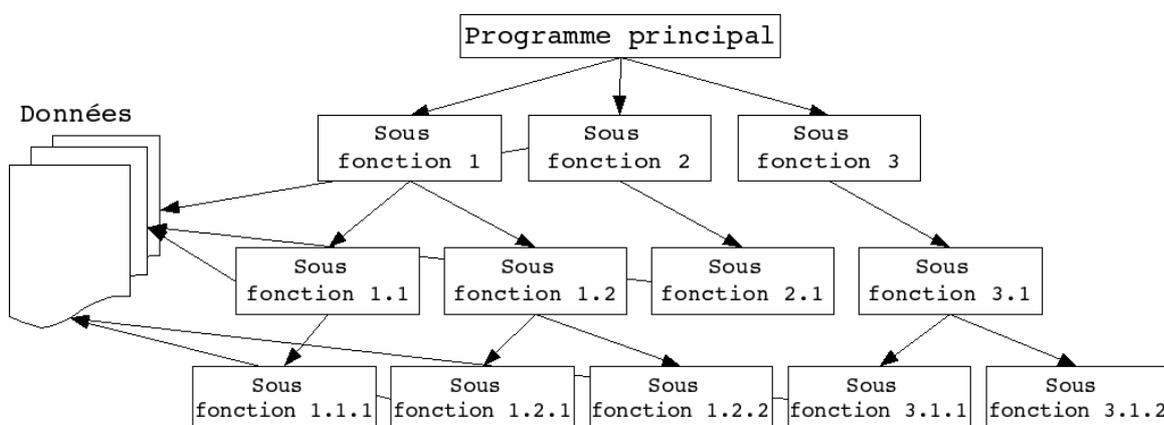
But :

Il ne s'agit pas dans cette étape de faire l'analyse critique de l'adéquation des fonctions de la machine au besoin, mais seulement d'identifier clairement les éléments à étudier et les fonctions à assurer.

C'est une étape indispensable car il est nécessaire de bien connaître les fonctions de la machine pour en analyser ensuite les risques de dysfonctionnement. Elle facilite l'étape ultérieure d'analyse des défaillances. Elle peut être menée de manière plus ou moins détaillée selon les besoins.

En suivant la méthode suivante :

- 7- Découpage du système.



- 8- Identification des fonctions des sous-ensembles.
- 9- Identification des fonctions des éléments.



C.3 : Analyse AMDEC :

But :

L'analyse AMDEC proprement dite consiste à identifier les dysfonctionnements potentiels ou déjà constatés d'une machine, à mettre en évidence les points critiques et à proposer des actions correctives pour y remédier. En pratique, on procède souvent à une estimation approximative qui se traduit par une note attribuée pour le groupe AMDEC, il s'agit donc d'une échelle de notation. De ce fait le produit multiplication utilise pour le calcul de la criticité n'a pas le sens mathématique propre de terme.

$$\text{Criticité} \rightarrow C = G.O.D \leftarrow \text{Probabilité de la non détection}$$

Gravité ↑ ↑ Fréquence

Phase d'analyse des mécanismes de défaillance :

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

Phase d'évaluation de criticité :

- Estimation du temps d'intervention.
- Evaluation des critères de notation.
- Calcul de criticité.

▪ Criticité C :

Elle permet de discriminer les actions à entreprendre et les calculer à partir de la gravite, la Fréquence et la défaillance de non détection.

Par exemple :

Niveau de criticité	Définition
$1 \leq C < 10$ Criticité négligeable	Aucune modification Maintenance corrective
$10 \leq C < 18$ Criticité moyenne	Amélioration Maintenance Préventive Systématique
$18 \leq C < 27$ Criticité élevée	Surveillance particulière Maintenance préventive Conditionnelle



$27 \leq C < 64$ Criticité interdite	Remise en cause complète de l'équipement.
---	---

▪ **Gravité G :**

- ✓ Perte de productivité (arrêt de production, défaut de qualité).
- ✓ Coût de la maintenance.
- ✓ Sécurité, environnement.

Par exemple :

Niveau de gravite	Indice	Définition
Gravite très faible	1	Sous influence
Gravite faible	2	Peut critique
Gravite moyenne	3	Critique
Gravite catastrophique	4	Très critique

▪ **Fréquence d'apparition F ou Occurrence O :**

Fréquence d'apparition d'une défaillance due à une cause particulière

Par exemple :

Niveau de Fréquence	Indice	Définition
Fréquence très faible	1	Défaillance rare : Moins d'une défaillance par an.
Fréquence faible	2	Défaillance possible : Une défaillance par trimestre.
Fréquence moyenne	3	Défaillance fréquente : Une défaillance par deux mois.
Fréquence forte	4	Défaillance très fréquente : Plusieurs défaillances par semaine.

▪ **Non détection :**



Probabilité de non détection d'une défaillance avant qu'il n'atteigne l'utilisateur

Par exemple :

Niveau de probabilité de non détection	Indice	Définition
Détection évidente	1	Défaillance précocement détectable : Détection à coup sur de la cause de défaillance
Détection possible	2	Défaillance détectable Signe avant courreur facilement détectable
Détection importable	3	Défaillance difficilement détectable : Signe avant courreur de la défaillance difficilement détectable, peu exploitable.
Détection impossible	4	Défaillance indétectable : Aucun signe Avant courreur de la défaillance

II. Analyse des modes de défaillance de

leur effet et de leur criticité :

1. AMDEC de la machine Enrouleuse LM + L2 :

⇒ Tableau AMDEC :

i. Circuit hydraulique :



Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de défaillance	Mode de détection	Criticité			
						G	D	F	C
Accumulateur	Obtenir l'Huile sous pression	Trou au niveau de la chambre à air	Qualité du chamber Fatigue Température élevée de l'huile Etat de l'huile Pression élevée d'azote	Arrêt de la machine	Contrôle	3	4	2	24
Vérin	Distribuer la pression	Usure des joints Cassure de flexible	Fatigue	Fuite d'huile Arrêt de la machine	Contrôle	3	2	2	12
Pompe	Déplacer l'huile vers le distributeur	Arrêt du débit Irrégularité du débit Baisse du débit	usure abrasive d'engrenage Détérioration du joint à lèvres Rupture de la clavette Blocage ou rupture de roulement	Arrêt de la machine	Contrôle	3	2	1	6
Filtre	Filtrer l'huile	Colmatage du Filtre	Vieillessement Filtre est Encrassé	Etat d'huile inacceptable	Probable	2	2	1	4
Moteur	Entraîner la rotation des deux pompes	Roulement -casser -bloqué -dégradé	Fatigue Vieillessement Manque de graissage	Bruit anormal	Visible	2	2	1	2
Distributeur	Distribuer la pression	Usure des joints	Vieillessement Etat d'huile	Arrêt de débit d'huile	Indétectable	2	1	1	2

ii. Partie mécanique :



Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de défaillance	Mode de détection	Criticité			
						G	D	F	C
Roulement de la Broche L2	Rotation pour donner la forme d'œil	Cassure Blocage	Vieillessement Faute dans le programme	Bruit anormale Rotation incomplète de la broche	Contrôle	3	3	2	18
Couteau	Couper des lames	Jeu	Taraudage endommagé	Mouvement inacceptable du couteau	Visible	1	2	2	4
Table	Fixer des lames	Coincement	Courroie endommagée Manque de graissage Manque de nettoyage	Déplacement difficile de la table	Probable	1	1	1	1

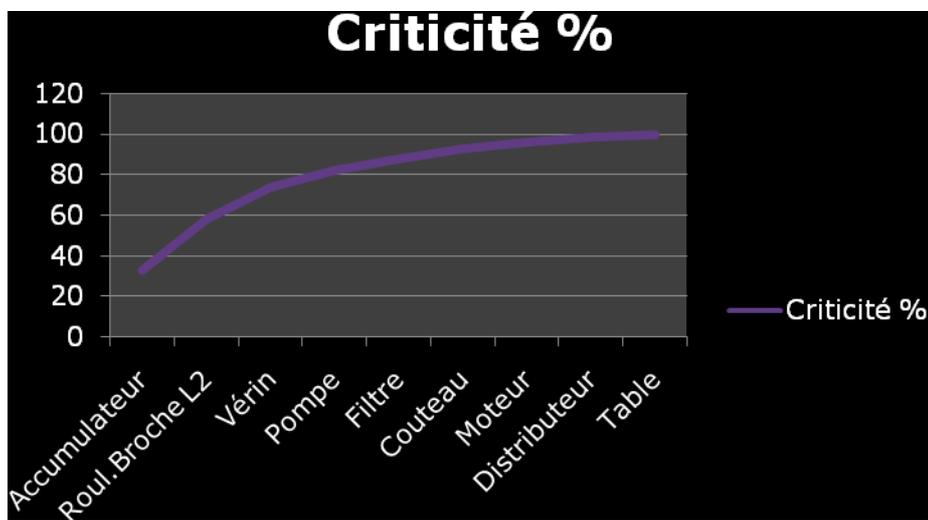
⇒ Tableau de criticité :

Organe	Criticité	Criticité Cumulée	Criticité %
Accumulateur	24	24	33
Roulement de la Broche L2	18	42	58
Vérin	12	54	74
Pompe	6	60	82
Filtre	4	64	88
Couteau	4	68	93



Moteur	2	70	96
Distributeur	2	72	99
Table	1	73	100

Alors pour mesurer et classer les éléments dont il faut concentrer nos efforts, il faut réaliser une courbe d'ABC sur ces éléments critiques.



D'après la courbe ABC on distingue les 3 zones suivantes :

❖ Zone A (correspond à 80% de criticité) comprends les éléments suivants :

- ☞ Accumulateur
- ☞ Roulement de la Broche L2
- ☞ Vérin
- ☞ Pompe

❖ Zone B (entre 80% et 95% de criticité) :

- ☞ Pompe
- ☞ Filtre
- ☞ Couteau

❖ Zone C (entre 95% et 100% de criticité)

- ☞ Table
- ☞ Distributeur
- ☞ Moteur



Conclusion :

D'après la courbe ABC on remarque que les organes suivants : Accumulateur, roulement de la broche L2 et Vérin à pompe, présentent un problème pour le bon fonctionnement de la machine Enrouleuse donc il faut concentrer les efforts de la maintenance sur ses élément.

2. AMDEC de la machine Ligne traitement thermique :

⇒ Tableau AMDEC :

i. Etude AMDEC du four d'austénitisation :

Elément	Fonction	Mode de défaillance	Causes de défaillance	Effets de défaillance	Mode de détection	Criticité			
						G	D	F	C
Brique	Déplacer les lames	Cassure	blocage des petites lames dans le four	des lames avec une température in souhaitable	Contrôle	2	2	1	4
Photo cellule	Indiquer la fin de course	La photo cellule éteint ↓ Blocage de la brique	Fil électrique coupé capteur de proximité du téton de centrage est desserré Fatigue	Arrêt de déplacement de la brique	Visible	2	2	1	4



Brûleur	Feu sous pression	Four n'atteint pas la température voulue	fil coupé bougé endommagé gicleur bouché vanne fixée	Dureté inconvenable des lames	Contrôle	2	2	1	4
Four	Chauffer les lames	Four d'austénitisation ne démarre pas	Fil électrique coupé Mauvaise manipulation lors de démarrage	Arrêt de machine	Visible	3	1	1	3

ii. La chaîne :

Élément	Fonction	Mode de défaillance	Causes de défaillance	Effets de défaillance	Mode de détection	Criticité			
						G	D	F	C
Convoyeur	Permet de déplacer les lames vers revenu	Blocage	lame non cintrée bloquée dans le chemin	Arrêt de déplacement du convoyeur	Probable	3	3	3	27
Convoyeur	Déplacer les lames devant le cintre convenable	Blocage	présence d'une lame entre la chaîne et châssis moteur de la chaîne n'engraine pas avec l'axe de sortie	Arrêt de mouvement du convoyeur ↓ Arrêt de la machine	Visible	3	2	3	18



Cintres	Permet de donner une forme à la lame	le cintre ne se met pas en marche à la nième vitesse en mode automatique	pression d'air insuffisante à l'entrée du vérin de balancement problème au niveau de commande électrique	Arrêt de la machine	DéTECTABLE	2	3	2	12
convoyeur 1	Déplacer les lames vers la machine de dressage	Jeu	usure du pignon de la chaîne	Mouvement inacceptable Mauvaise condition de travail	Visible	3	2	2	12
Moteur Réducteur	Entraîner la rotation du convoyeur	Blocage	Usure abrasive des engrenages	Arrêt de déplacement du convoyeur	Probable	3	2	2	12
Convoyeur	Dressé les lames et l'envoyé au convoyeur suivant	Blocage	boulon desserré	Arrêt de déplacement des lames	Visible	2	2	2	6
Echangeur thermique	Refroidir l'huile du bassin	Température anormale (élevée)	Manque de Nettoyage Irrégularité de la pression au niveau de la pompe L'existence d'un Obstacle	Température élevée du bassin de l'huile	Contrôle	2	2	2	6



Roue crémaillère	Mouvement vertical du cintre	Jeu	Manque de graissage Vieillisement	Bruit Mouvement inacceptable du cintre	Visible	2	1	1	2
---------------------	------------------------------------	-----	---	---	---------	---	---	---	---

iii. Circuits hydrauliques :

Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de défaillance	Mode de détection	Criticité			
						G	D	F	C
Vérin	Distribuer la pression	Usure des joints Cassure de flexible	Fatigue	Fuite d'huile Arrêt de la machine	Contrôle	3	2	2	12
Pompe	Envoyer l'huile vers le distributeur	Irrégularité du débit Arrêt du débit Baisse du débit	usure abrasive d'engrenage Détérioration du joint à lèvres Rupture de la clavette Blocage ou rupture de roulement	Arrêt de la machine	Contrôle	3	2	1	6
Moteur	Entraîner la rotation de la pompe	Cassure, blocage, dégradation du roulement	Fatigue Vieillisement Manque de graissage	Bruit anormal	Visible	2	2	1	4
Filtre	Filtrer l'huile	Colmatage du Filtre	Vieillisement Filtre est Encrassé	Etat d'huile inacceptable	Probable	2	2	1	4
Distributeur	Distribuer la pression	Usure des joints	Vieillisement Etat d'huile	Arrêt de débit d'huile	Indétectable	2	1	1	2



iv. Four de revenu :

Elément	Fonction	Mode de défaillance	Causes de défaillance	Effets de défaillance	Mode de détection	Criticité			
						G	D	F	C
Moteur	Distribuer l'air Rotation du réducteur	Roulement - cassé - Bloqué - nécessite graissage	Fatigue Vieillessement Manque de : -nettoyage -Graissage	Bruit anormale	Visible	3	2	1	6
Bassin d'eau	Refroidissement de la chaîne	Débordement d'eau	Arrêt de fonctionnement de la pompe	Sol mouillé Mauvaise condition de travail	Visible	2	1	3	6
Brûleur	Chauffer les lames	Four de revenu n'atteint pas la température voulue	fil coupé bougé endommagé vanne fixée	Dureté inconvenable des lames	Contrôle	2	2	1	4
Chaîne	Dé placage des lames	Jeu	Usure des engrenages Fatigue Manque de contrôle	Bruit Mouvement difficile	Probable	3	1	1	3

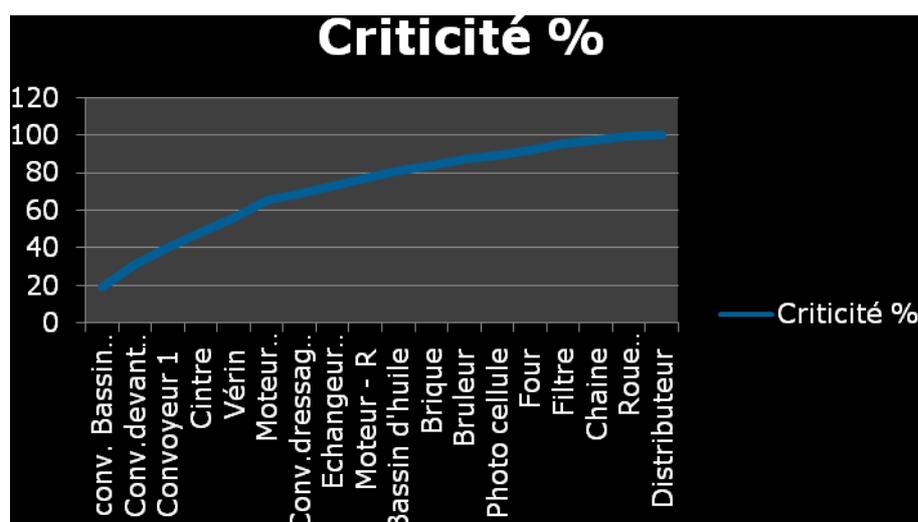
⇒ Tableau de Criticité :



Organe	Criticité	Criticité cumulé	Criticité %
Convoyeur du bassin d'huile	27	27	19
Convoyeur devant cintre	18	45	31
Convoyeur 1	12	57	40
Cintre	12	69	48
Vérin	12	81	56
Moteur réducteur du convoyeur 1	12	93	65
Convoyeur dressage des lames	6	99	69
Echangeur thermique	6	105	73
Moteur-R	6	111	77
Bassin d'huile	6	117	81
Brique	4	121	84
Bruleur	4	125	87
Photo cellule	4	129	89
Four	4	133	92
Filtre	4	137	95
Chaine	3	140	97
Roue crémaillère	2	142	99
Distributeur	2	144	100

Alor pour mesurer et classer les éléments dont il

faut concentrer nos efforts, il faut réaliser une courbe d'ABC sur ces éléments critiques.



D'après la courbe ABC on distingue les 3 zones suivantes :



❖ Zone A (correspond a 80% de criticité) comprends les éléments suivants :

- ☞ Convoyeur du bassin d'huile
- ☞ Convoyeur devant cintre
- ☞ Convoyeur 1
- ☞ Cintre
- ☞ Vérin
- ☞ Moteur réducteur
- ☞ Convoyeur dressage des lames
- ☞ Echangeur thermique
- ☞ Bassin d'huile

❖ Zone B (entre 80% et 95% de criticité) :

- ☞ Brique
- ☞ Bruleur
- ☞ Photo cellule
- ☞ Four
- ☞ Filtre

❖ Zone C (entre 95% et 100% de criticité)

- ☞ Chaîne
- ☞ Roue crémaillère
- ☞ Distributeur

Conclusion :

D'après la courbe ABC on remarque que les organes suivants les convoyeurs, les cintre, les vérins, le bassin de l'huile, présentent un problème pour le bon fonctionnement de la ligne du traitement thermique donc il faut concentrer les efforts de la maintenance sur ses élément.

III. Planning d'entretien (plan de maintenance) :

Durant mon stage à FLEXI Ressorts, j'ai constaté au niveau de la planification de la production, que les ressources (machines) sont toujours considérés comme disponibles à tout moment ou éventuellement durant certaines fenêtres de temps. La maintenance dans la société n'est jamais prioritaire de la production, pour effectuer des interventions préventives.

Cependant, les interventions de maintenance préventive ont un rôle prépondérant, puisqu'elles permettent au système de production de fonctionner de façon normale. En effet, un coût élevé engendré par une panne dû : à la maintenance corrective, l'arrêt non programmé de la production et les retards conséquents de livraison.

Malheureusement les fiches de la maintenance 1^{er} et 2^{ème} niveau qu'on a crée ne contient pas des périodes bien déterminer de telle intervention on propose à ce niveau d'établir un planning conjoint production/maintenance a moyen terme comme le montre la figure ci-dessous, et ca sera mieux si on programme ce planning dans le dev C++, pour qu'ont puissent avoir la liste des interventions correspond a chaque semaine.



a. Pour la machine Enrouleuse LM + L2 :

Périodicité	Opération de maintenance
Hebdomadaire	Visite visuel de la machine Contrôle de l'ampérage du moteur électrique Tâtonnement du moteur électrique Vérification de niveau de l'huile Relevé de paramètre de fonctionnement (P/T) Graissage (points de graisse)
Mensuel	Actions hebdomadaire Nettoyage des filtres Contrôle de l'état de la broche
Trimestriel	Action préventive mensuel
Semestriel	Action trimestriel Changement de la chambre a air Changement du filtre
Annuel	Action préventive Semestriel Changement de la valve de gonflage Changement des joints Arrêt technique

b. Pour la ligne de traitement thermique :

Périodicité	Opération de maintenance
-------------	--------------------------



Hebdomadaire	Visiter visuellement la ligne traitement thermique Relever les paramètres de fonctionnement (pression/température) Contrôle de l'ampérage du moteur électrique Graissage de la roue crémaillère et point de graissage Vérifier la température du moteur électrique
Mensuel	Actions préventive hebdomadaire Contrôler l'état des convoyeurs Contrôler l'état des briques Nettoyer le filtre
Semestriel	Actions préventive mensuel Démonter de bruleur Nettoyer de gicleur Vérifier de l'état de thermocouple
Annuel	Actions trimestriel Nettoyer l'échangeur thermique Démontage et graissage générale des pièces (Dépoussiérage)

Conclusion :



Grâce à cette expérience professionnelle et humaine enrichissante, menée au sein de la société FLEXI ressorts, j'ai pu apprendre à bien maîtriser l'application de la méthode AMDEC, aussi de côtoyer le personnel des différents services et hiérarchies. Cela va sans dire que ça m'a été bénéfique dans la mesure où j'ai pu constater l'importance des techniques de la maintenance et leurs rôles primordiaux.

En outre, j'ai pu acquérir l'esprit d'initiative et de créativité.

Et finalement, je remercie le personnel de la société qui m'a ainsi donné l'occasion d'enrichir mon esprit professionnel.

Chapitre 5 : Travail Supplémentaire :

1. Fiches de maintenance :

i. Etablissement des fiches de maintenance niveau1 et niveau2 :

Exemple :

	FICHE DE MAINTENANCE 1^{er} Niveau + 2^{eme} Niveau	Codification : Indice : Date :
---	--	---

Désignation : Enrouleuse LM + L2

N° d'identification : FR-F-E01

Étapes à suivre :

- Contrôle visuel de la machine :
 - Serrage de boulons
 - Serrage de visse
 - Des pièces manquantes
- Contrôle d'étanchéité général
- Vérification de niveau d'huile
- Relevé des paramètres de fonctionnement (Pression / Température)
- Vérification des points chauds et contrôle du bruit
- Nettoyage Total de la machine
- Graissage de la machine (9 pts)
- Appliquer le standard 5S associé



FICHE DE MAINTENANCE 3^{ème}
Niveau + 4^{ème} Niveau

Codification :
Indice :
Date :

Date	Maintenance	Intervention	Visa

ii. Etablissement des fiches de maintenance niveau 3 et 4 :

Désignation : Enrouleuse LM + L2

N° d'identification : FR-F-E01

Étapes à suivre :

- Changement des deux filtres a cartouche
- Changement des quatre roulements
- Changement des joints d'étanchéité (67)
- Changement des joints d'arrêt d'huile des vérins (3)
- Changement de la courroie
- Contrôle d'ampérage du Moteur
- Changement des roulements
 - Au niveau de la broche
 - Du moteur électrique
 - De la pompe
- Visite général des accumulateurs
 - Gonflage accumulateur azote
 - Chambre à air
- Visite Général du moteur électrique
- Vidange d'huile

Date	Maintenance	Intervention	Visa



--	--	--	--

2. Codification des machines :

La codification des machines parmi les étapes les plus importants durant ce stage par ce qu'il a abouti à une identification et organisation structuré des différents équipements de la société.

La fiche du nom et codification de machine :

Machine / Moyen	N° d'Identification
Cisaille	FR-D-C01
Scie	FR-D-S01
Perceuse 1	FR-PR-P01
Perceuse 2	FR-PR-P02
Perceuse 3	FR-PR-P03
Perceuse 4	FR-PR-P04
Four chauffe extrémité 1	FR-F-FCE01
Four chauffe extrémité 2	FR-F-FCE02
Four chauffe extrémité 3	FR-F-FCE03
Four chauffe centre	FR-F-FCC01
Presse mécanique	FR-F-PM01
Presse hydraulique à quatre postes n°1	FR-F-P01
Presse hydraulique à quatre postes n°2	FR-F-P02
Enrouleuse L 2°	FR-F-E03
Enrouleuse LM	FR-F-E02
Laminoir	FR-F-L01
Enrouleuse LM+L2	FR-F-E01
Lapideur double	FR-F-LD01
Ligne parabolique	FR-LP-LP01
Four d'austénitisation	FR-TT-FA01
Cintre 1	FR-TT-C01
Cintre 2	FR-TT-C02
Cintre 3	FR-TT-C03
Cintre 4	FR-TT-C04
Bassin d'huile	FR-TT-B01
Four de revenu	FR-TT-FR01
Grenailleuse	FR-G-G01
Presse d'ajustage	FR-A-PA01
Presse de rivetage	FR-A-PR01
Ligne d'assemblage	FR-A-LA01
Presse hydraulique de rectitude	FR-A-PRE01
Réservoir de peinture	FR-PT-R01
Tuyauterie + pistolets	FR-PT-TP01
Fraiseuse universelle 1	FR-AM-F01
Machine de filetage 1	FR-AM-F01



Machine de filetage 2	FR-AM-F02
Machine de filetage 3	FR-AM-F03
Scie	FR-AM-S01
Presse découpage (étrier)	FR-AM-PM01
Presse (poinçonnage)	FR-AM-PM02
Four	FR-AM-F01
Presse d'aplattage	FR-AM-PM03
Presse de pliage	FR-AM-PH01
Presse hydraulique	FR-AM-PH02
Rectifieuse plane	FR-AM-R01
Adoucisseur	FR-TE-AD01
Filtre à sable	FR-TE-FS02
Compresseur 1 + compresseur 2 + sécheur	FR-AC

3. Fiche de vie et de réception :

Ces fiches servent à la connexion avec les clients externes :

- En cas de vouloir acheter une nouvelle machine.
- En cas de vouloir réparer une machine à l'extérieur.

Un exemple d'une fiche de vie :

(Voir ANNEXE)

Un exemple de fiche de réception :

(Voir ANNEXE)

4. Fiches de Diagnostic de panne :

Ce sont des fiches de cette forme :

Descriptif de la panne	Causes possibles	Solutions possibles

Utilisé pour la Détermination des causes et Solutions possible de toutes les défaillances possible pour chaque machine en utilisant l'historique et l'esprit de création et d'analyse.