REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Electromécanique
Spécialité : Mécatronique

Amélioration de la maintenabilité d'une Mouleuse de Brique par la méthode AMDEC

Présenté par

ZAOUDI Marouane

KLALIB Hannachi

Dirigé par

Dr GUEMANA Mouloud

Promotion 2019

Sommaire

Section ***Page***

Sommaire……i

Liste des figures……iii

Liste des tableaux……iv

Problématique……1

1. Contexte ……1
2. Objectif du mémoire……2
3. Organisation du mémoire……2

I. Description du lieu de stage……4

I.1. Présentation de l'entreprise SOTBAF……4

I.2. Processus de fabrication de brique ……6

I.2.1. Extraction ……6

I.2.2. Broyage et malaxage ……8

I.2.3. Dosage et mélange ……9

I.2.4. Le façonnage (fabrication) ……9

I.2.5. Séchage ……11

I.2.6. La cuisson ……11

I.2.7. Emballage ……12

I.2.8. Stockage ……12

II. Généralités sur la maintenance et la méthode AMDEC……14

II.1. Définition de la maintenance ……14

II.2. Types de maintenance ……14

II.2.1. Maintenance corrective ……14

II.2.2. Maintenance préventive ……15

II.3. Les niveaux de maintenance ……18

II.4. La méthode ABC ……19

II.5. La méthode AMDEC ……20

II.5.1. AMDEC produit ……21

II.5.2. AMDEC machine (ou AMDEC moyen) ……22

II.5.3. AMDEC procédé (ou processus) ……22

II.5.4. AMDEC organisation 22
II.5.5. AMDEC service 22
II.5.6. AMDEC sécurité 22
II.6. AMDEC machine 24
II.6.1. Définition 24
II.6.2. Les intérêts 24
II.6.3. Cas d'application 25
II.7. Etapes de l'analyse AMDEC 26
II.7.1. choisir le type d'approche 26
II.7.2. définir les unités qui seront analysées 27
II.7.3. évaluer les modes de défaillances 27
II.7.4. déterminer les effets associés 27
II.7.5. identifier les causes 27
II.7.6. réaliser l'étude de criticité 27
II.7.7. prendre des décisions 27

III. Présentation de la Mouleuse de Brique 31
III.1. Etude ABC 31
III.2. Vue globale de la machine 33
III.3. Décomposition de la mouleuse 33
III.3.1. La partie électrique 34
III.3.1. La partie mécanique 35
III.3.1. La partie pneumatique 36
III.3.1. La partie hydraulique 37

IV. Application de la méthode AMDEC 38
IV.1. Analyses AMDEC 38
IV.2. Classification des composants selon leurs criticités 44
IV.2.1. Interprétation 45
IV.3. Etablissement du plan de maintenance préventive 46

Conclusion-générale 51

Références.....v

Liste des figures

Figure ***Page***

Figure I.1 : Le siège de l'entreprise SOTBAF (vue de l'extérieur) ……..….4

Figure I.2 : L'entreprise SOTBAF (vue de l'intérieur) ……...4

Figure I.3 : Le siège de SARL SOTBAF sur la carte ……..……....5

Figure I.4 : Organigramme de l'entreprise ……6

Figure I.5 : Vue générale de la carrière d'argile ……..……7

Figure I.6 : Stock d'argile, sable ……..7

Figure I.7 : Etapes de préparation du mélange Argile-Sable……..8

Figure I.8 : Broyeur à Meules ……8

Figure I.9 : Laminoir dégrossisseur ……9

Figure I.10 : Stocke de mélange ……9

Figure I.11 : Les doseurs linéaires ……..9

Figure I.12 : Laminoir finisseur ……..9

Figure I.13 : Dosage et mélange de l'argile avec l'eau et le sable……10

Figure I.14 : Sortie du boudin d'argile ……..……10

Figure I.15 : Le multi-coupeur ……....10

Figure I.16 : Entrée des briques au séchoir ……....11

Figure I.17 : La Cercleuse à feuillard automatique ……12

Figure I.18 : Parc de stockage ……..……..…12

Figure I.19 : Processus de fabrication de brique……..…13

Figure II.1 : Types de maintenance et les opérations associés ……17

Figure II.2 : Courbe ABC ou diagramme Pareto ……..……..20

Figure III.1 : Diagramme de Pareto pour le nombre des pannes de chaque système par an ……....32

Figure III.2 : La mouleuse BED 750 BLS ……..…33

Figure III.3 : la partie hydraulique de la mouleuse ……..……34

Figure III.4 : La transmission de mouvement entre le moteur et le réducteur …35

Figure III.5 : La pompe à vis de la mouleuse ……...36

Figure III.6 : la partie hydraulique de la mouleuse ……..……37

Figure IV.1 : Etude Pareto des composantes critiques ……..45

Liste des tableaux

Tableau ***Page***

Tableau I.1 : Fiche signalétique pour la société SOTBAF ……..…5

Tableau II.1 : Modes des défaillances génériques ……..21

Tableau II.2 : Critères d'évaluation des défaillances selon la gravité ……..…28

Tableau II.3 : Critères d'évaluation des défaillances selon la fréquence ……..…28

Tableau II.4 : Critères d'évaluation des défaillances selon la détectabilité ……29

Tableau III.1 : Evaluation de nombre de pannes pour chaque matériel ……...31

Tableau III.2 : Fiche signalétique de la mouleuse BED 750……..…33

Tableau IV.1 : AMDEC de la partie Mécanique ……..…39-40

Tableau IV.2 : AMDEC de la partie hydraulique ……..41

Tableau IV.3 : AMDEC de la partie électrique ……...42

Tableau IV.4 : AMDEC de la partie pneumatique ..……..…43

Tableau IV.5 : Etude Pareto des composantes critiques ……..…44

Tableau IV.6 : Classification des composants selon la criticité ……45-46

Tableau IV.7 : Plan de maintenance préventive pour la mouleuse ……...47-48

Problématique

1. Contexte

Pour être et demeurer compétitive, une entreprise doit avoir des produits de bonne qualité, d'une quantité suffisante, et à cout minimal. Le maintien des équipements de production (machines, véhicules, logiciels, etc) est un enjeu clé pour un rendement maximal [1-4].

La bonne santé des équipements est assurée par la surveillance de leurs comportements. L'apparition d'un comportement inhabituel signifie qu'il existe une défaillance causée par l'interaction de plusieurs situations, ce qui provoque l'arrêt du système et l'interruption de la production [1-4].

D'autre parte, l'avancement de la technologie a fait que les systèmes conçus de nos jours sont plus en plus complexes ce qui rend le suivi de celle-ci très difficile. Les entreprises sont de plus en plus sensibilisées à l'importance des coûts induits par les défaillances accidentelles des systèmes de production. Jusqu'à très récemment, la maintenance était considérée comme un centre des coûts [1] [5].

L'amélioration de la disponibilité de l'outil de production devient donc une priorité de l'entreprise et en particulier du service maintenance. Pour cela, les systèmes industriels nécessitent des techniques d'analyse prévisionnelle qui permettent d'estimer les risques d'apparition des défaillances ainsi que leurs conséquences sur le bon fonctionnement du moyen de production [1] [5].

Parmi les facteurs qui contribuent au maintien et l'amélioration de la disponibilité et à la sûreté de fonctionnement des installations industrielles complexes, les méthodes d'analyse représentent des leviers significatifs [6-7].

La méthode AMDEC (l'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et leur Criticité) est très utilisée pour les études de sûreté de fonctionnement lors de la conception et au cours de l'exploitation des systèmes industriels. Elle est si connue et utilisée qu'elle est pratiquement devenue le symbole de la sûreté de fonctionnement [6-7].

L'AMDEC est un outil méthodologique permettant l'analyse systématique des dysfonctionnements potentiels d'un produit, d'un procédé ou d'une installation. Cette démarche offre un cadre de travail rigoureux en groupe associant les

compétences et expériences de l'ensemble des acteurs concernés par l'amélioration de performance de l'entreprise. Elle permet de mobiliser les ressources de l'entreprise autour d'une préoccupation commune à tous : l'amélioration de la disponibilité de l'outil de production [8].

La méthode AMDEC a été utilisée originellement dans l'ensemble des activités à risques (nucléaire civil ; domaine aéronautique, spatial ; grands travaux). 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. Son utilisation très tôt en phase de conception révèle la volonté de l'entreprise d'anticiper les problèmes potentiels plutôt que d'en subir les conséquences à terme [8].

2. Objectif du mémoire

Le présent travail porte sur l'application de l'AMDEC sur la mouleuse « BED 750 ». Il a donc pour objectif d'améliorer la maintenance préventive et de mieux gérer les matériels et les personnels de maintenance.

Afin de réaliser cet objectif, nous allons mettre en place une méthode d'analyse des modes de défaillances d'une machine, de leurs effets et de leurs criticités (AMDEC-machine) pour la mouleuse, qui est un équipement indispensable pour la production du brique au sein de l'entreprise SATBAF à BOUGHEZZOUL, dans le but d'établir un moyen de diagnostic et d'apporter des améliorations à son fonctionnement, cela peut se faire en maitrisant les points faibles et critiques de cette machine sur lesquels il faut agir, afin d'optimiser sa disponibilité.

3. Organisation du mémoire

Pour mener à bien notre travail, nous répartissons ce mémoire en cinq chapitres :

Le premier chapitre consiste à présenter l'entreprise SATBAF en mettant l'accent sur le processus de fabrication de brique.

Le deuxième chapitre concerne la définition de la maintenance, ses types et le vocabulaire autour. Dans ce chapitre, nous allons également présenter la méthode courante ABC, et nous exposons l'AMDEC et ses différentes étapes à appliquer.
Dans le troisième chapitre, nous décrivons la mouleuse à étudier, où nous allons la décomposer en sous machines élémentaires.

Le quatrième chapitre est réservé à l'application de l'AMDEC-machine sur la machine mouleuse, afin de proposer un plan de maintenance préventive pour les composants critiques.

En fin, nous terminons notre travail par une conclusion générale ou nous allons synthétiser ce qui a été fait.

Chapitre I

Description du lieu de stage

Introduction

Dans toute formation structurée et basée sur les objectifs répondant aux exigences du marché de l'emploi, le stage devient un module obligatoire pour valoriser, contrôler et compter les aspects techniques de contact direct avec une entreprise privé ou établissement publique pour assurer une meilleure intégration et une bonne adaptation des étudiants à la vie professionnelle.

La faculté des sciences et techniques de l'université de Médéa, a intégré dans son cursus de formation un stage de fin d'étude d'une durée de deux semaines à effectuer dans des entreprises de différentes tailles et activités.

Ce chapitre est dédié au stage de fin d'étude qu'on a passé au sein de l'entreprise SOTBAF qui s'occupe de la briqueterie.

I.1. Présentation de l'entreprise SOTBAF

SOTBAF est une entreprise privée de type SARL (société à responsabilité limitée), chargée de fabriquer et vendre les briques (Figure I.1, Figure I.2).



Figure I.1 : Le siège de l'entreprise SOTBAF (vue de l'extérieur)



Figure I.2 : L'entreprise SOTBAF (vue de l'intérieur)

Elle situe à côté de la route nationale n°1, aux frontières de la ville de BOUGHEZZOUL (Figure I.3).



Figure I.3 : Le siège de SARL SOTBAF sur la carte

Cette entreprise est créée en 2011 avec un capital de 100 millions de dinars algériens. SOTBAF présente un effectif d'environ 140 employés, et sa quantité de briques produites atteint les 250 mille tonnes par an. Le tableau suivant résume ces données.

Nom	SARL SOTBAF
Activité	Fabrique et vente de briques
Siège	BP 514 A, Oued Elmaleh 26023-Boughezoul, W. Médéa
Date de création	2011
Capital	100, 000,000.00 DA
Effectif	140 employés
Capacité de production	250 000 t / an

Tableau I.1 : Fiche signalétique pour la société SOTBAF

L'entreprise se subdivise en plusieurs unités, et chaque unité fonctionne en différents services (Figure I.4). Notre stage a déroulé au niveau de l'unité technique, où nous avons pu suivre la chaine de production et réaliser la tâche de maintenance avec notre tuteur.

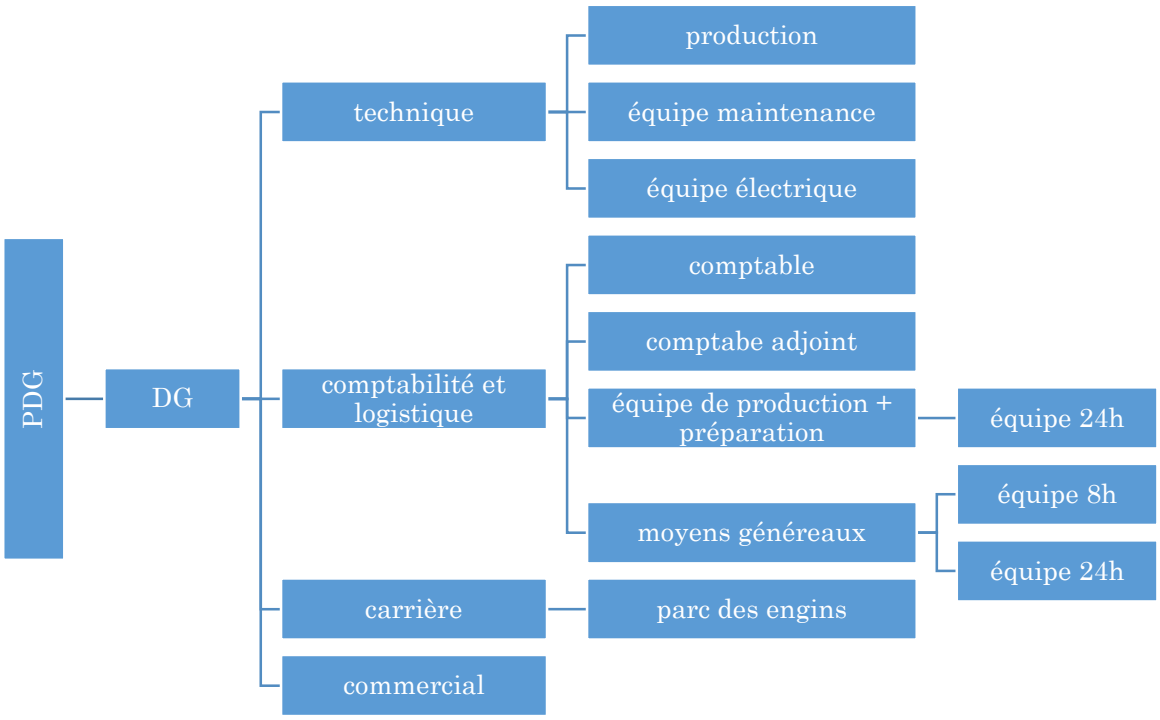


Figure I.4 : Organigramme de l'entreprise

I.2. Processus de fabrication de brique :

I.2.1. Extraction

La matière première naturelle de la brique de terre cuite est l'argile. L'argile est extraite dans des argilières situées en zone d'extraction (Figure I.5). L'argile est omniprésente dans le sous-sol et ses propriétés différentes en fonction de l'origine géologique. Le choix de la carrière est une opération déterminante pour la qualité du produit final.

Pour l'excavation de l'argile, l'on fait recours à des excavateurs mécaniques et à des engins traditionnels de terrassement (camion de carrière).



Figure I.5 : Vue générale de la carrière d'argile

L'argile est extraite d'une carrière et accumulée à proximité de l'usine à côté du stock de sable (Figure I.6) au moyen de camions et scrapeurs.



Figure I.6 : Stock d'argile, sable

L'étape initiale de fabrication s'agit de la préparation du mélange argile-sable. La Figure I.7 schématise cette étape en 7 étapes secondaires.

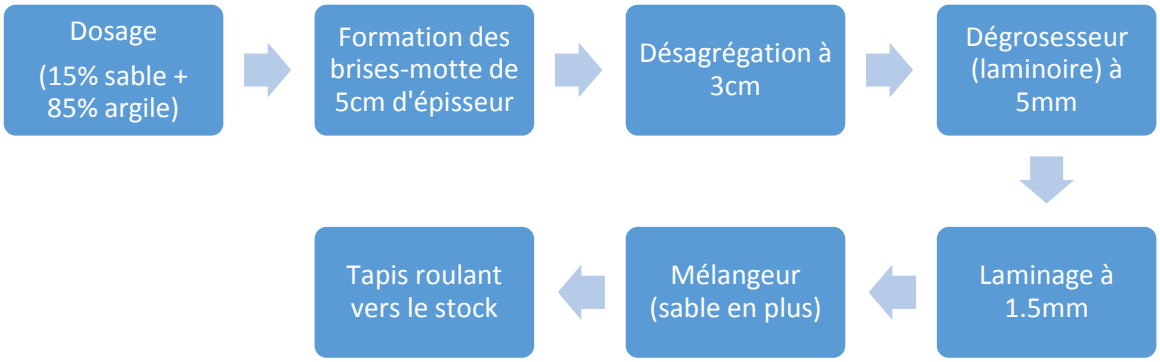


Figure I.7 : Etapes de préparation du mélange Argile-Sable

I.2.2. Broyage et malaxage

Cette étape très importante s'effectue dans un broyeur à meules verticales, il faut le concasser et le moudre par étapes successives en une fine poudre qui sera gâchée à l'eau pour obtenir une pâte (argileuse) présentant la plasticité souhaitée.



Figure I.8 : Broyeur à Meules

I.2.3. Dosage et mélange

L'argile arrive ensuite dans le Laminoir Dégrossisseur (Figure I.9), composé de deux cylindres contre-rotatifs se trouvant l'un face à l'autre à une distance de peu de millimètres, où l'argile est ultérieurement réduite en couches minces (environ de 5 mm). Finalement, l'argile passe pour être stockée dans un grand stock (Figure I.10).



Figure I.9 : Laminoir dégrossisseur



Figure I.10 : Stocke de mélange

I.2.4. Le façonnage (fabrication)

Le mélange de matière première préfabriqué est prélevé à l'aide d'un Doseur Linéaire (Figure I.11) du silo de stockage et acheminé au moyen des tapis mobiles transporteuses jusqu'au Laminoir Finisseur (Figure I.12) qui le transforme en couches encore plus minces (environ 1.5 mm).



Figure I.11 : Les doseurs linéaires



Figure I.12 : Laminoir finisseur

L'argile est mélangée, grâce à un Mouilleur Mélangeur (Figure I.13) avec de l'eau de façon à lui faire acquérir les caractéristiques de plasticité nécessaires pour terminer le cycle de fabrication.



Figure I.13 : Dosage et mélange de l'argile avec l'eau et le sable

A ce stade (Figure I.14), la masse d'argile passe par la mouleuse pour être extrudée sous forme de carotte, étirée et coupée à intervalles réguliers (Figure I.15). Chaque élément forme une brique humide, sèche, ou cuite selon la pression dans la mouleuse (entre 19 et 22 bar).



Figure I.14 : Sortie du boudin d'argile



Figure I.15 : Le multi-coupeur

I.2.5. Séchage

Le séchage vise à faire évaporer l'humidité présente dans le mélange duquel la brique est formée, stabiliser définitivement la configuration géométrique des produits, et successivement acheminés à la cuisson.

Le séchage se poursuit jusqu'à ce que les briques ne contiennent plus qu'environ 2% d'eau. Les réglages thermo-hygrométriques sont réglés par une courbe de séchage établie sur la base des caractéristiques chimiques et physiques de la brique à sécher. La température et le taux d'humidité sont contrôlés tout au long du processus de séchage, au moyen d'un système informatique réglé de façon très précise.



Figure I.16 : Entrée des briques au séchoir

I.2.6. La Cuisson

C'est là une phase d'une grande importance qui doit se dérouler très progressivement. On augmente graduellement la température jusqu'à l'obtention de la température de cuisson (comprise entre 900°C et 1000°C, en fonction du type d'argile).

On diminue ensuite progressivement la température jusqu'au refroidissement complet. Chaque mélange d'argile se caractérise par sa propre «courbe de cuisson». La cuisson en oxydation est la plus fréquente, Aujourd'hui, on utilise un four continu de type Four à tunnel. Dans celui-ci, le chargement de briques parcourt un tunnel rectiligne sur des wagonnets et passe successivement par les zones de «préchauffage», de «cuisson» et de «refroidissement».

I.2.7. Emballage

À la sortie du four, les briques sont déchargées des wagons à l'aide d'une dépileuse, qui reprennent leur cycle et acheminés vers le poste d'emballage.

Pendant cette phase, les briques sont ficelées en paquets au moyen d'un feuillard de polyéthylène thermo-rétractable (thermo-soudable) en plastique tendu par une machine appelée Cercleuse à feuillard automatique (Figure I.17), cette machine raccorde les paquets des briques horizontalement et verticalement (chaque paquet se compose de 8 rangés).



Figure I.17 : La Cercleuse à feuillard automatique

I.2.8. Stockage

Les Paquets emballés sont donc envoyés vers l'expédition où chargés directement sur les moyens de transport pour la livraison.



Figure I.18 : Parc de stockage [9]

La figure I.19 reprend les étapes de production des briques en schéma récapitulatif.

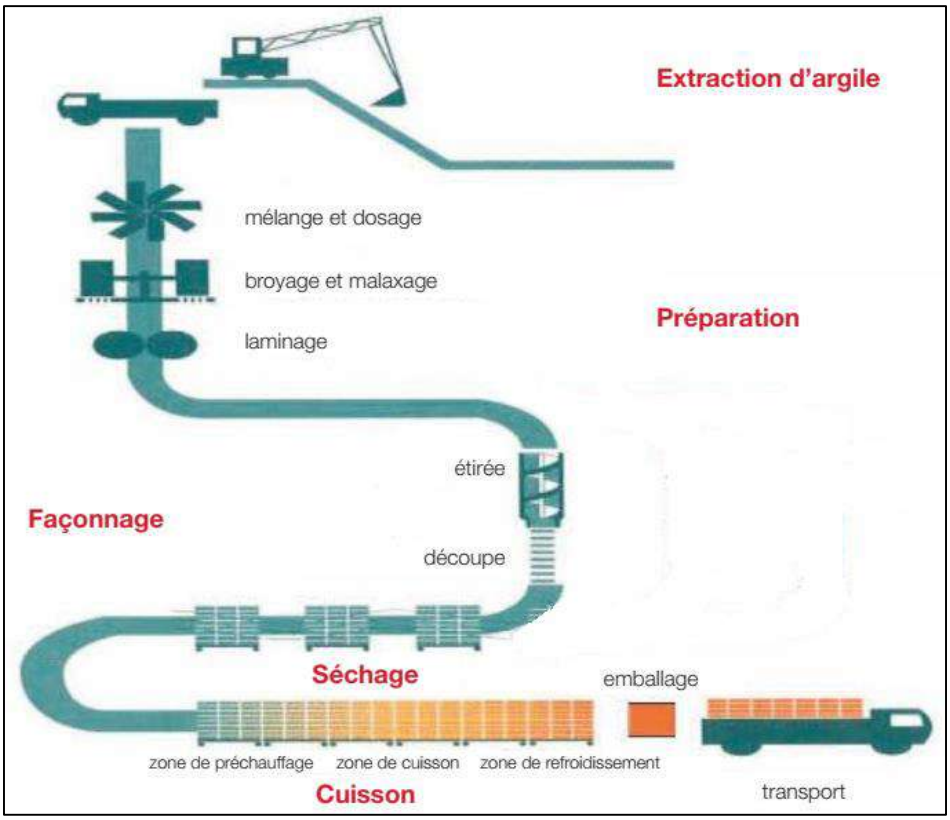


Figure I.19 : Processus de fabrication de brique [10]

Conclusion

A travers ce chapitre, nous avons expliqué le fonctionnement normal des différents équipements intervenant dans la chaine de production. Les pannes qui peuvent affecté ces équipements nous intéressent en termes de problèmes pratiques que nous confrontons et nous essayons de les résoudre. Ce qui apporte à notre formation un aspect professionnel complétant les connaissances théoriques déjà assimilées.

Chapitre II

Généralités sur la maintenance et la méthode AMDEC

Introduction

Ce chapitre définit la maintenance et expose ses différents types. Ensuite, il traite les deux méthodes ABC et AMDEC pour être appliquées ultérieurement.

II.1. Définition de la maintenance

D'après l'association française de normalisation (AFNOR X 60-010) et le comité européen de standardisation (CEN projet WI 319-003), la maintenance est l'ensemble des actions techniques, administratives et de gestion permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou dans des conditions données de sûreté de fonctionnement (disponibilité, fiabilité, maintenabilité, sécurité), afin d'être en mesure d'accomplir le service requis.

Pour répondre au souci d'efficacité économique, les opérations de maintenance sont conditionnées par le coût optimal [2-4] [11].

II.2. Types de maintenance

La définition de la maintenance fait donc apparaître deux notions :

- Maintenir, qui suppose un suivi et une surveillance, pour préserver le bon état de fonctionnement en évitant l'apparition de défaillance (maintenance préventive) ;
- Rétablir le bon état de fonctionnement lors d'une dégradation due à l'apparition de défaillance, d'où vient l'idée de correction de défaut (maintenance corrective) ; [2] [12]

II.2.1. Maintenance corrective (extrait de la norme AFNOR X 60-010-1994)

Ensemble des activités réalisées après la défaillance d'un bien ou la dégradation de sa fonction, pour lui permettre d'accomplir une fonction requise, au moins provisoirement et/ou partiellement.

Elle comprend en particulier :

- le diagnostic de la défaillance (détection, localisation, analyse),
- La remise en état avec / sans modification.
- Le contrôle du bon fonctionnement.

Palliative ou de dépannage

Action destinée à permettre à un bien d'accomplir provisionnement tout ou partie d'une fonction requise. Elle est principalement constituée d'actions à caractère provisoire qui doivent être suivies d'actions curatives.

Curative ou de réparation

Action ayant pour objet de rétablir un bien dans un état spécifié pour lui permettre d'accomplir une fonction requise. Le résultat des actions réalisées doit présenter un caractère permanent. Des modifications et améliorations peuvent être apportées, afin de réduire l'occurrence d'apparition de la défaillance ou d'en limiter l'incidence [3-4] [13].

II.2.2. **Maintenance préventive** (extrait de la norme AFNOR X 60-010-1994)

Maintenance ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un bien ou d'un service rendu. Les activités correspondantes sont déclenchées selon :

- un échéancier établi à partir d'un nombre prédéterminé d'unités d'usage,
- Et/ou des critères prescrits significatifs de l'état de dégradation du bien ou de service.

L'analyse des coûts doit mettre en évidence un gain par rapport aux défaillances qu'elle permet d'éviter.

But de la maintenance préventive :

- ✓ Augmenter la durée de vie des matériels
- ✓ Diminuer la probabilité des défaillances en service
- ✓ Diminuer les temps d'arrêt en cas de révision ou de panne
- ✓ Prévenir et aussi prévoir les interventions coûteuses de maintenance corrective
- ✓ Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions

- ✓ Eviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, etc.
- ✓ Améliorer les conditions de travail du personnel de production
- ✓ Diminuer le budget de maintenance
- ✓ Supprimer les causes d'accidents graves.

La maintenance préventive systématique

Désigne des opérations effectuées systématiquement, soit à des intervalles de temps préétablis, soit selon un nombre définis d'unités d'usage (la quantité ou la masse ou la longueur de produits fabriqués, la distance parcourue, le nombre de cycles effectués, etc.).

La détermination de la périodicité d'intervention nécessite de connaître :

- Le comportement du matériel
- Les modes de dégradation
- Le temps moyen de bon fonctionnement entre 2 avaries

La maintenance préventive systématique inclut au minimum la planification formelle, la description claire et précise du travail à effectuer (lubrification, changement de filtres, remplacement des roulements, etc.) et l'enregistrement du travail accompli [2-4] [13].

La maintenance préventive conditionnelle (ou prédictive) :

Basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement (auto diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc.). La maintenance préventive conditionnelle se caractérise par la mise en évidence des points faibles. Suivant le cas, il est souhaitable de les mettre sous surveillance et, à partir de là, de décider d'une intervention lorsqu'un certain seuil est atteint. Mais les contrôles demeurent systématiques et font partie des moyens de contrôle non destructifs.

Les paramètres mesurés peuvent porter sur :

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

- Etc.

Maintenance prévisionnelle : maintenance conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et l'évaluation de paramètres significatifs de dégradation du bien [2] [13].

Dans le but de permettre l'accomplissement par le bien de fonctions nouvelles ou supplémentaires, ou mêmes fonctions dans de meilleures conditions, il existe un autre type de maintenance dit « **maintenance améliorative** » [13].

En règle générale, on tendra vers une diminution des actions de maintenance corrective au profit d'actions préventives. Mais nous ne pouvons pas tout prévoir. Cela signifie que la corrective et la préventive vont être complémentaires.

La figure II.1 résume les différents types de maintenance. La maintenance, c'est donc effectuer des opérations de dépannage, graissage, visite, réparation, amélioration etc., qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la continuité et la qualité de la production [6].

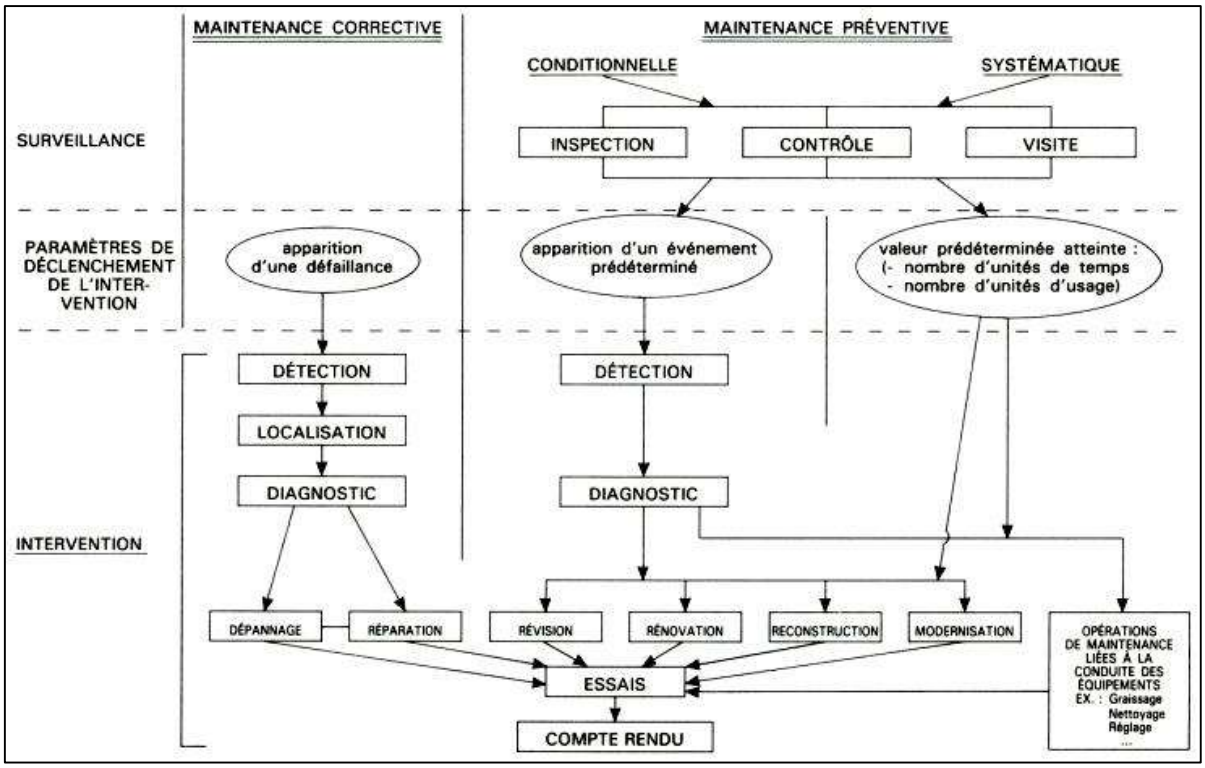


Figure II.1 : Types de maintenance et les opérations associés [14]

II.3.Les niveaux de maintenance

Les niveaux de maintenance sont définis en fonction de la complexité des travaux. La norme NF X 60-010 de l'AFNOR définit cinq niveaux de maintenance dont on précise le service :

Niveau 1

Réglage simple prévu par le constructeur ou le service de maintenance, moyen d'élément accessible sans aucun démontage pour ouverture de l'équipement. Ces interventions peuvent être réalisées par l'utilisateur sans outillage particulier à partir des instructions données.

Niveau 2

Dépannage par échange standard des éléments prévus à cet effet et d'opération mineure de maintenance préventive. Ces interventions peuvent être réalisées par un technicien habilité ou l'utilisateur de l'équipement dont la mesure où ils ont reçu une formation spécifique ou d'habilitation.

Niveau 3

Identification et diagnostique de panne suivi éventuellement d'échange de composants, de réglage et de d'étalonnage général. Ces interventions peuvent être réalisées par un technicien spécialisé sur place ou dans un atelier de maintenance à l'aide de l'outillage prévu et des instructions de maintenance.

Niveau 4

Travaux importants de maintenance corrective ou préventive à l'exception de la rénovation et de la reconstruction. Ces interventions peuvent être réalisées par une équipe disposant d'un encadrement technique très spécialisé et des moyens importants adaptés à la nature de l'intervention.

Niveau 5

Travaux de rénovation, de reconstruction ou de réparation importante confiée à un atelier central de maintenance ou une entreprise extérieure prestataire de service [9].

II.4.La méthode ABC

Parmi la multitude de préoccupations qui se posent à un responsable maintenance, il lui faut décider quelles défaillances doivent être étudiées et/ou améliorées en premier. Pour cela, il faut déceler celles qui sont les plus importantes et dont la résolution ou l'amélioration serait le plus rentable, en particulier en terme de couts d'indisponibilité.

La méthode ABC (Activity Based Coasting, ou analyse des coûts par activité) apporte une réponse. Elle permet l'investigation qui met en évidence les éléments les plus importantes d'un problème afin de faciliter les choix et les priorités. Nous classons les évènements (pannes par exemple) par ordre décroissant de couts (temps d'arrêts, cout financier, nombre, etc.), chaque évènement se rapportant à une entité. Nous établissons ensuite un graphique faisant correspondre les pourcentages des couts cumulés aux pourcentages des types de pannes ou de défaillances cumulés.

Pour faire une analyse PARETO il faut suivre la démarche suivante :

1. Historique.
2. Définition des éléments et des critères.
3. Collecte des valeurs du critère et classement par ordre décroissant.
4. Cumul des valeurs du critère pour les éléments à classer.
5. Calcul des pourcentages des valeurs cumulées.
6. Tracer la courbe et fixer les seuils des classes A, B, C.

A titre d'exemple, sur le schéma figure II.2, nous observons trois zones :

- Zone A : 20% des pannes occasionnent 80% des couts ;
- Zone B : les 30% des pannes supplémentaires ne coutent que 15% supplémentaires ;
- Zone C : les 50% de pannes restantes ne concernent que 5% du cout global.

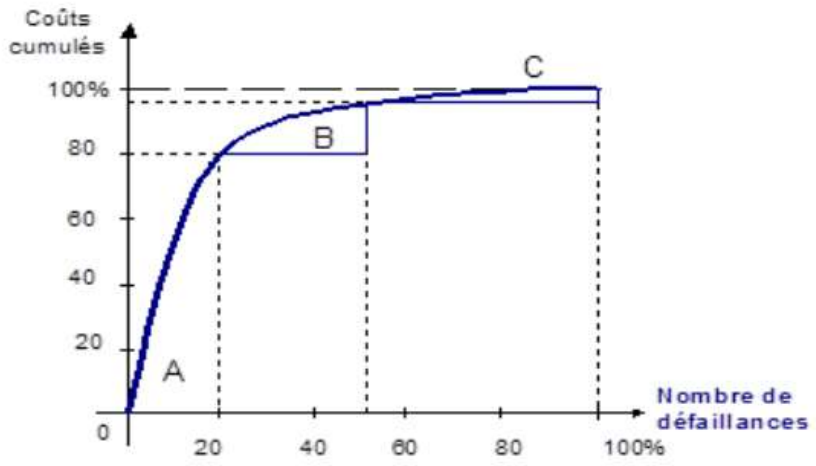


Figure II.2 : Courbe ABC ou diagramme Pareto

Il est évident que la préparation de travaux de maintenance doit porter sur les pannes de la zone A.

Toutefois, cette méthode ne résout pas les problèmes, mais il s'agit d'un outil de prise de décision qui permet d'attirer l'attention du technicien sur les groupes d'éléments à étudier en priorité [15].

II.5.La méthode AMDEC

Les approches telles que l'inspection et le contrôle du produit ainsi que le contrôle statistique des procédés sont insuffisants pour résoudre, prévenir et éviter les problèmes qui peuvent apparaitre ultérieurement dans les différents systèmes de processus d'affaires d'une entreprise.

Parmi les outils et les techniques de prévention des problèmes potentiels, la méthode AMDEC s'avère une méthode simple et très efficace [16].

Cette méthode est à vocation préventive. C'est un précieux outil pour s'assurer de la faisabilité d'un cahier des charges en respect des spécifications clients et des exigences réglementaires. Elle propose de lister puis d'organiser les modes de défaillances prévisibles et les conséquences lors de la conception d'un produit ou de la mise en œuvre d'un processus. Qu'est-ce que l'AMDEC ? piloter.org

L'AMDEC passe toujours par une analyse de type **qualitative** (analyse des **causes**, des **modes**, et des **effets** de défaillances).

Cause → Mode de défaillance → Effet

La documentation d'AFNOR dispose d'une liste générique des défaillances qu'un système peut subir (Figure II.).

1	Défaillance structurelle (rupture)	19	Ne s'arrête pas
2	Blocage physique (coincement)	20	Ne démarre pas
3	Vibrations	21	Ne commute pas
4	Ne reste pas en position	22	Fonctionnement prématuré
5	Ne s'ouvre pas	23	Retard de fonctionnement
6	Ne se ferme pas	24	Entrée erronée (augmentation)
7	Défaillance en position ouverte	25	Entrée erronée (diminution)
8	Défaillance en position fermée	26	Sortie erronée (augmentation)
9	Fuite interne	27	Sortie erronée (diminution)
10	Fuite externe	28	Perte de l'entrée
11	Dépasse la limite supérieure tolérée	29	Perte de la sortie
12	Est en dessous de la limite supérieure	30	Court-circuit
13	Fonctionnement intempestif	31	Circuit ouvert
14	Fonctionnement intermittent	32	Fuite électrique
15	Fonctionnement irrégulier	33	Autres conditions de défaillances exceptionnelles suivant les caractéristiques du système, les conditions de fonctionnement et les contraintes opérationnelles
16	Indication erronée		
17	Ecoulement réduit		
18	Mise en marche erronée		

Tableau II.1 : Modes des défaillances génériques [15]

Puis par l'évaluation **quantitative** (évaluation de la **fréquence d'apparition** de ces défaillances, de leur **gravité**, et de la **probabilité** que ces défaillances passent inaperçues).

On distingue classiquement trois types d'AMDEC, selon que l'on s'intéresse à un produit, à un moyen, ou à un procédé.

II.5.1. L'AMDEC produit : Il permet de verrouiller la conception des produits, ceci consiste à étudier les plans et les caractéristiques d'un produit afin de détecter préventivement les situations qui peuvent conduire à une fonction non ou mal réalisée, autrement dit "concevoir bon du premier coup".

II.5.2. AMDEC machine (ou AMDEC moyen) : elle se focalise sur un moyen de production afin de diminuer le taux de rebuts, le taux de panne et analyse de la conception des équipements de production pour améliorer leur disponibilité. Ce type doit permettre d'augmenter le " MTBF " (Mean Time Before Failure, ou Temps Moyen de Bon Fonctionnement. Nous allons s'attacher à identifier les causes possibles de défaillances d'une ligne de fabrication, ou d'une machine (que l'on ne peut pas modifier), pour mettre en place les systèmes de régulation ou de sécurité indispensables.

II.5.3. L'AMDEC procédé (ou processus) : dont l'objectif est de concevoir un procédé qui ne puisse pas défaillir. C'est une approche de conception : nous travaillons à imaginer ce qui pourrait survenir dans les conditions les plus improbables, et rechercher dans un processus de fabrication l'ensemble des situations qui peuvent conduire à un produit défectueux. Elle permet de valider la gamme de contrôle d'un produit afin qu'elle réponde aux spécifications définies.

Bien entendu, ils existent d'autres types auxiliaires selon l'objectif visé :

II.5.4. AMDEC organisation : elle s'applique aux différents niveaux du processus d'affaires : du premier niveau qui englobe le système de gestion, le système d'information, le système de production, le système personnel, le système marketing et le système finance, jusqu'au dernier niveau comme l'organisation d'une tâche de travail.

II.5.5. AMDEC service : elle s'applique pour vérifier que la valeur ajoutée réalisée dans le service corresponde aux attentes des clients et que le processus de réalisation de service n'engendre pas de défaillance.

II.5.6. AMDEC sécurité : elle s'applique pour assurer la sécurité des opérateurs dans les procédés où il existe des risques pour ceux-ci.

Avantages de la méthode AMDEC

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

Inconvénients de la méthode AMDEC

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

Les aspects de la méthode AMDEC

L'aspect qualitatif : Elle consiste à recenser les défaillances potentielles des fonctions du système étudié, de rechercher et d'identifier les causes des défaillances et d'en connaître les effets qui peuvent affecter les clients, les utilisateurs et l'environnement interne ou externe.

L'aspect quantitatif : Elle Consiste à estimer le risque associé à la défaillance potentielle. Le but de cette estimation est l'identification et la hiérarchisation des défaillances potentielles. Celles-ci sont alors mises en évidence en appliquant certains critères dont, entre autres, l'impact sur le client.

La hiérarchisation des modes de défaillance par ordre décroissant, facilite la recherche et la prise d'actions prioritaires qui doivent diminuer l'impact sur les clients ou qui élimineraient complètement les causes des défauts potentiels.

II.6.AMDEC machine

II.6.1. Définition

Ces techniques d'analyses qui ont pour but d'évaluer et de garantir la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité et la sécurité des machines par la maîtrise des défaillances.

Elles ont pour objectif final l'obtention, au meilleur coût, du rendement global maximum des machines de production et équipements industriels. Leurs rôles n'est pas de remettre en cause les fonctions de la machine mais plutôt d'analyser dans quelle mesure ces fonctions peuvent ne plus être assurées correctement. En particulier :

- Définir un système de surveillance : détection des anomalies, alarme, signalisation,…
- Optimiser les sticks de pièces de rechange.
- Mettre en place une maintenance conditionnelle : suivi vibratoire, analyse des huiles, thermomètre,...
- Construire les aides au diagnostic…

II.6.2. Les intérêts

Le groupe qui procède à l'AMDEC recherche essentiellement des solutions pour être mise en place par la maintenance elle-même en particulier :

- Réduire le nombre de défaillances ;
- Prévention des pannes ;
- Fiabilisation de la conception.
- Amélioration de la fabrication, du montage, de l'installation.
- Optimisation de l'utilisation et de la conduite.
- Amélioration de la surveillance et des tests.
- Amélioration de la maintenance préventive.
- Détection précoce des dégradations.
- Réduire les temps d'indisponibilité après défaillance.

- Prise en compte de la maintenabilité dès la conception.
- Amélioration de la testabilité.
- Amélioration de la maintenance corrective.
- Amélioration de la sécurité.

II.6.3. Cas d'application

L'AMDEC machine est particulièrement destinée aux constructeurs (AMDEC prévisionnelle) et aux utilisateurs de machines (AMDEC opérationnelle).

AMDEC prévisionnelle

En phase de conception, pour vérifier certains points particuliers (élément nouveau, spécifiques ou complexe) dont on connait mal le comportement. Elle permet l'amélioration de la conception, la validation d'une solution technique par rapport à un cahier des charges ou une exigence spécifique, la mise en place des dispositions d'assurance qualité, la préparation d'un plan de maintenance. On la met en pratique quand les composants sont définis, avant que les plans de détail ne soient figés.

AMDEC opérationnelle

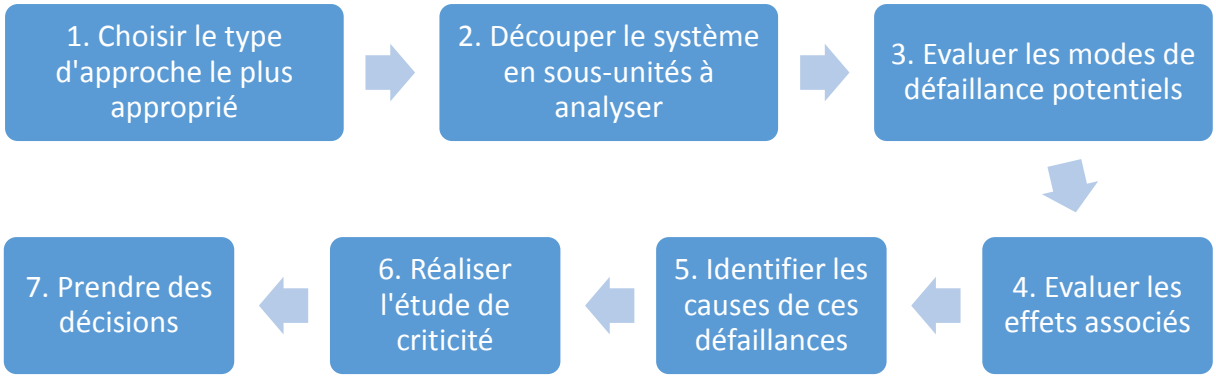
Elle est utilisée en période d'exploitation, pour améliorer le comportement d'un matériel critique et pour mettre au point le plan de maintenance d'une nouvelle installation ou pour optimiser des actions de maintenance (choix, procédure, stocks).

L'AMDEC machine est essentiellement destinée à l'analyse des modes de défaillance d'éléments matériels (mécaniques, hydrauliques, pneumatiques, électriques, électroniques…).

Elle peut aussi s'appliquer aux fonctions de la machine [5].

II.7.Etapes de l'analyse AMDEC

Cette démarche AMDEC se déroule comme suit :



II.7.1. choisir le type d'approche le plus approprié à l'étude. Nous avons globalement le choix entre deux approches :

- L'approche matérielle qui consiste à démonter (physiquement ou sur le papier) l'objet dont on réalise l'AMDEC. Ensuite, on trouvera les modes de défaillance de chacune des pièces. Cette approche ne fonctionne bien entendu que pour des objets existants.

- L'approche fonctionnelle. Nous recherchons les fonctions que l'objet, le système, la machine, le procédé... doit assurer, via une analyse fonctionnelle "classique". Ensuite, il suffit de considérer qu'une défaillance, c'est une fonction qui n'est plus assurée, ou assurée de manière partielle, intermittente, ou encore qui est "trop bien" assurée, etc.

L'approche fonctionnelle est toujours utilisable, et donne lieu à des AMDEC plus complètes, mais elle nécessite un apprentissage de la part du groupe de travail. C'est pourquoi elle est souvent délaissée dans le cas d'AMDEC produit ou d'AMDEC moyen au profit de la décomposition matérielle.

II.7.2. définir les unités qui seront analysées : ce seront les pièces, ou des ensembles de pièces dont nous étudierons les défaillances.

II.7.3. évaluer les modes de défaillances : le mode de défaillance, c'est la manière dont la défaillance se manifeste.

II.7.4. déterminer les effets associés aux modes de défaillance identifiés.

II.7.5. identifier les causes des défaillances. Il faut trouver la ou les causes associées au mode de défaillance.

II.7.6. réaliser l'étude de criticité. Il s'agit là de la partie quantitative de l'étude. Nous devons coter :

- la **Gravité** des effets associés à chaque mode de défaillance ("facteur **G**", ou "**S**", pour l'anglais Severity).

  La gravité d'une défaillance peut revêtir plusieurs aspects : la sécurité de l'utilisateur, la perte de fonctionnalité, la dégradation de la qualité, le cout financier, la durée du problème, etc. C'est le contexte qui va donner les axes de mesure. C'est aussi le contexte qui va déterminer le niveau à partir duquel nous allons commencer à remarquer les effets de la défaillance.

  Si un mode de défaillance a plusieurs effets, **la cotation correspondra toujours à l'effet le plus grave**.

- la **Fréquence** d'apparition de chaque mode de défaillance - elle découle des causes ("facteur **F**", ou "**O**", pour l'anglais Occurence).

  Nous pourrons s'appuyer sur les statistiques (historique).

- la probabilité de **ne pas détecter** le mode de défaillance ("facteur **D**").

  Il vaut toujours mieux détecter une cause de défaillance, sinon on détectera un effet. Si ni l'un ni l'autre ne sont possibles, mettre en place un système d'alerte.

Les tables ci-dessous montrent en 4 niveaux, les défaillances du moyen de production (proposition à adapter).

facteur G		**critères d'évaluation**			
note	niveau de gravité	durée arrêt (h)	impact sur la qualité produit	impact sur le matériel	impact sur la sécurité
1	Mineur	≤ 3	-	défaillance mineure, matériel intact	-
2	Moyen	3 à 8	-	défaillance moyenne, réparation rapide	-
3	Majeur	8 à 12	non conformité, constatée et corrigée au poste de travail	défaillance importante, réparation longue	-
4	catastrophique	≥ 12	non conformité détectée par le client	défaillance grave, peut affecter un matériel important ou l'environnement autour	Peut mettre en cause la sécurité des personnes

Tableau II.2 : Critères d'évaluation des défaillances selon la gravité

facteur F		**fréquence d'apparition de la défaillance, ou probabilité que la cause se produise**
note	**niveau de fréquence**	
1	Annuelle – Inexistante	la défaillance est rarement apparue sur le matériel connue ou un matériel similaire
2	Mensuelle	la défaillance est connue pour apparaitre de temps en temps
3	Hebdomadaire	la défaillance apparait fréquemment
4	Quotidienne	La fréquence d'apparition de la défaillance est très élevée

Tableau II.3 : Critères d'évaluation des défaillances selon la fréquence

facteur D		probabilité que la cause ne soit pas détectée, ou que le mode de défaillance atteigne l'utilisateur du moyen.
note	**niveau de détectabilité**	
1	détection visuelle	détection facile de la cause initiale ou du mode de défaillance, permettant d'éviter l'effet le plus grave provoqué par la défaillance pendant la production.
2	détection possible	la cause ou le mode de défaillance sont détectables, mais le risque de ne pas être perçu existe.
3	détection difficile	la cause ou le mode de défaillance sont difficilement décelables, ou les éléments de détection sont peu exploitables.
4	non détectable	rien ne permet de détecter la défaillance avant que l'effet ne se produise.

Tableau II.4 : Critères d'évaluation des défaillances selon la détectabilité

La **Criticité** C se définit alors comme le produit des trois facteurs : **C = G** x **F** x **D**

Avec les 3 grilles de cotation, les valeurs de criticité vont varier de 1 à 64, en 25 modalités (25 "échelons").

Nous devons fixer une valeur-seuil, une criticité inacceptable. Nous pouvons également fixer une limite critique pour un facteur donné.

II.7.7. <u>prendre des décisions.</u> Il s'agit là de la dernière étape de l'AMDEC. Il faut à présent décider d'actions qui vont permettre de baisser le niveau de criticité des modes de défaillances critiques.

- On commencera par essayer de diminuer G. Si c'est impossible, on essaiera de diminuer F. Sinon, on travaillera sur l'amélioration de la détectabilité (facteur D).
- On recommence la cotation des défaillances une fois les actions prévues. On obtient alors des nouvelles valeurs G', F' et D' - qui permettent de calculer C'.
- On vérifie que C' ne dépasse plus la limite critique.

L'AMDEC n'est totalement achevée qu'après mettre en œuvre les actions identifiées, puis laisser fonctionner pendant un certain temps, avant de vérifier que les facteurs pris en compte sont bien les bons [17].

Conclusion

Nous avons exprimé la vision globale de la maintenance, dans les deux sens correctifs et préventifs, en vie de la projeter dans l'environnement de l'entreprise pour une meilleure production et un cout optimal. Nous avons aussi exploité les méthodes ABC et AMDEC qui consistent à identifier l'élément critique dans la chaine de production, afin de prendre des décisions d'amélioration.

Chapitre III

Présentation de la Mouleuse de Brique

Introduction

La présentation de l'équipement de production nous amène à mieux comprendre le fonctionnement et le dysfonctionnement associé, ce qui facilite l'application de l'outil AMDEC. Ce chapitre consiste à identifier l'élément critique dans la chaine de production, ainsi à faire une décomposition matérielle adéquate de cet élément.

D'abord, pour déterminer la machine à étudier, nous procédons par l'étude ABC des pannes liées à l'ensemble des systèmes, en représentant le résultat sous forme de diagramme de Pareto.

III.1.Etude ABC

Le tableau ci-dessous regroupe l'ensemble des matériels présents dans le processus de fabrication, et le nombre des pannes évalué par an en ordre décroissant. Le pourcentage cumulé est calculé par rapport au nombre total des pannes.

Machine	Code	Fréquence de pannes / an	Pourcentage (%)	Cumulé (%)
Mouleuse	BED 750 BLS	22	20.37	20.37
Pince.de déchargement	P.S.C 1368	20	18.51	39.24
Coupe et wagon pince empileuse	1338	16	14.81	54.05
Laminoir	LPS 14X12	12	11.11	65.16
Mélangeur des déchets	GDF 800	11	10.18	75.34
Transporteur à tablier 2ème phase (déchargement)	T.G 1338	9	8.33	83.67
Transporteur à tablier 2ème phase (chargement)	T.G 1338	8	7.40	91.07
Mélangeur de l'argile	CG 5000	7	6.48	97.55
Concasser (broyeur)	RD 450/1500	3	2.77	100

Tableau III.1 : Evaluation de nombre de pannes pour chaque matériel

Les résultats du tableau sont repris sous forme de diagramme (Figure III.1).

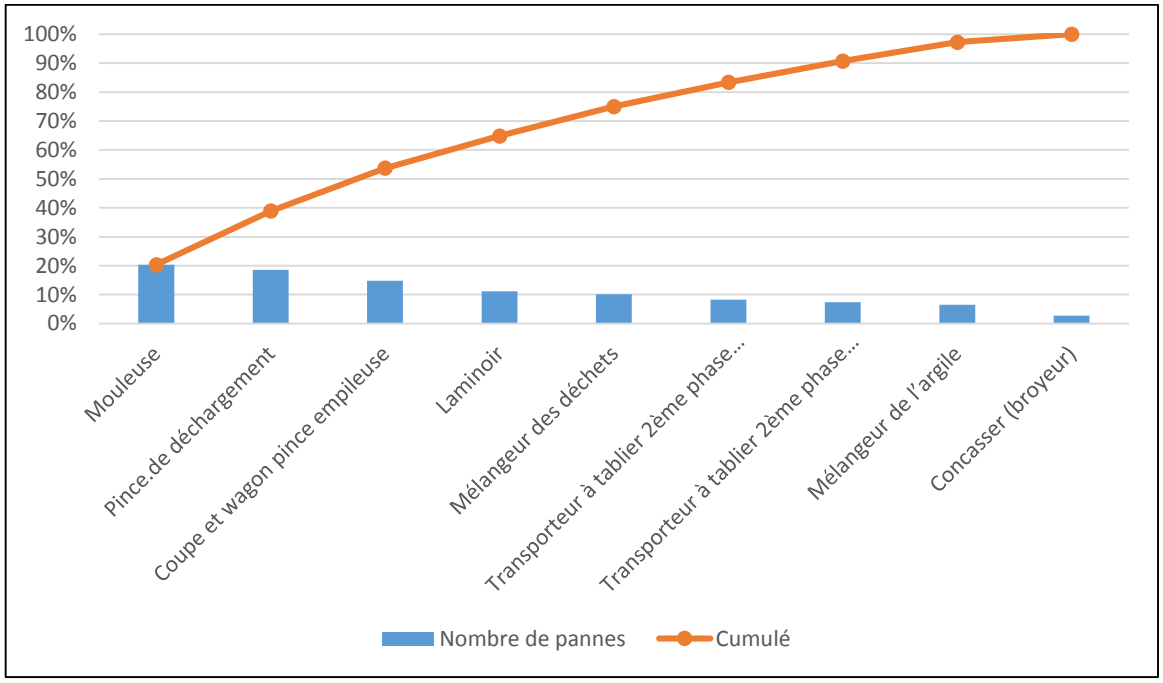


Figure III.1 : Diagramme de Pareto pour le nombre des pannes de chaque système par an

Nous remarquons que la courbe se subdivise en 3 zones principales :

- Zone A : 3 machines (33%) cumulent environ 55% des pannes enregistrées ;
- Zone B : 2 machines (22%) cumulent environ 20% des pannes ;
- Zone C : 4 machines (44%) cumulent 25% des pannes.

En analysant ce résultat, nous recensons 3 causes à l'origine de plus de 50% des pannes. Par conséquent, en s'attaquant à ces 3 points, nous allons toucher plus de la moitié des problèmes. Nous allons ainsi minimiser les plans d'action sur lesquels travailler, tout en maximisant leurs impacts sur les équipements de l'entreprise.

Ce travail d'analyse de causes peut s'avérer très utile afin de se focaliser sur les sources de pannes impactant le plus la production. Il suppose cependant un historique fiable et complet à partir duquel on pourra extraire des chiffres justes de façon à ne pas se tromper de direction dans la suite de la résolution des pannes

D'après la courbe, nous constatons que la machine mouleuse BED 750 BLS tombe souvent en panne (plus de 20 pannes par an), alors l'étape suivante portera sur l'exploitation de cette machine et son principe de fonctionnement.

III.2.Vue globale de la machine

La mouleuse BED 750 BLS (Figure III.2) est développée en acier par la compagnie italienne BEDESCHI.



Figure III.2 : La mouleuse BED 750 BLS [17]

Le tableau III.2 donne quelques de détails techniques à propos cette machine.

Type de malaxeur hélice	2ø600
Type d'étireuse hélice	ø750
Débit briques NF/h	35.000
Tons de produit cuit /h briques perforées	70÷80
Puissance kW	110÷320

Tableau III.2 : Fiche signalétique de la mouleuse BED 750 [17]

III.3.Décomposition de la mouleuse

La mouleuse BED 750 contient la mouleuse elle-même, le malaxeur, et le piocheur. Nous pouvons décomposer l'ensemble en quatre parties essentielles :

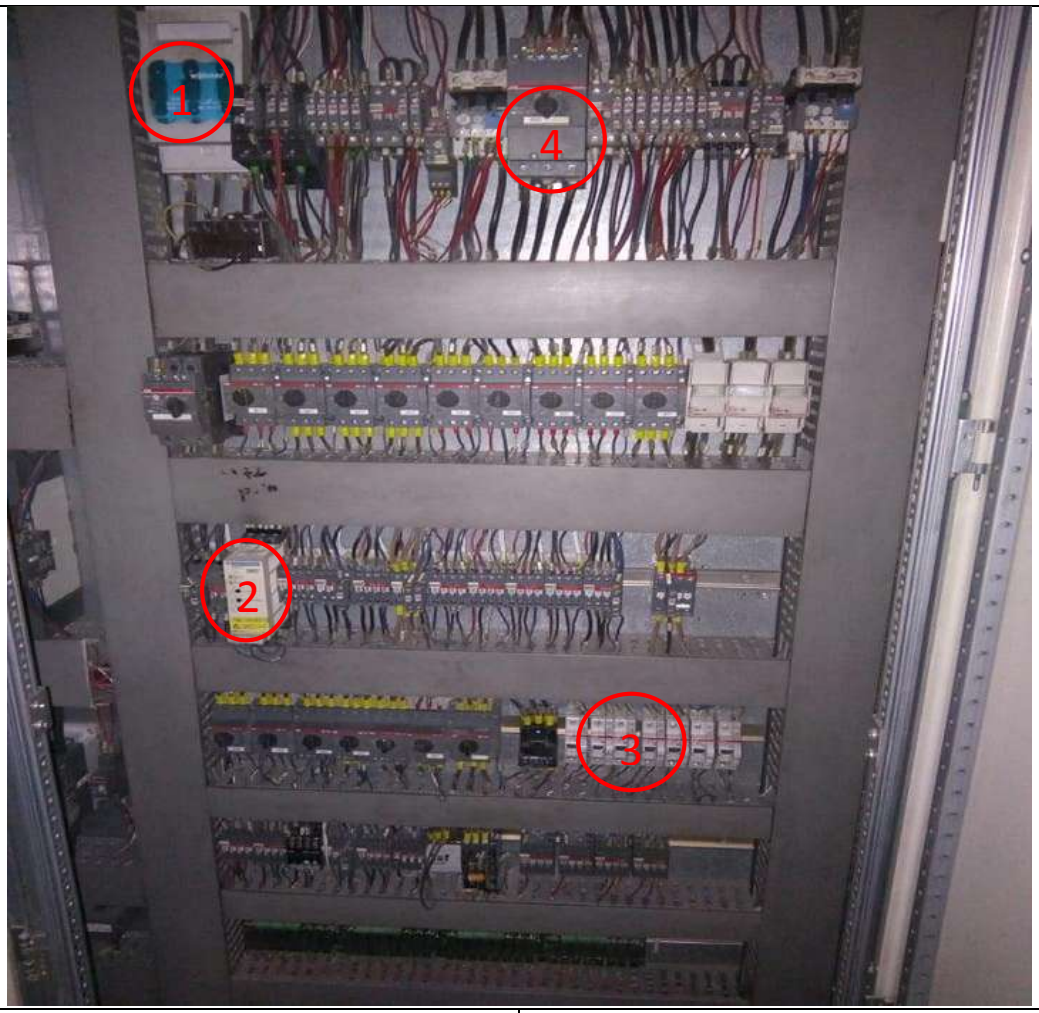
- La partie électrique ;

- La partie mécanique ;
- La partie hydraulique ;
- La partie pneumatique.

III.3.1.La partie électrique

Cette partie sert à l'alimentation et la commande de la machine. Elle est constituée de quatre éléments secondaires :

- ✓ le transformateur ;
- ✓ le redresseur ;
- ✓ le contacteur ;
- ✓ le sectionneur (porte-fusibles).



1. Démarreur progressive	3. Unipolaire
2. Contacteur	4. Variateur

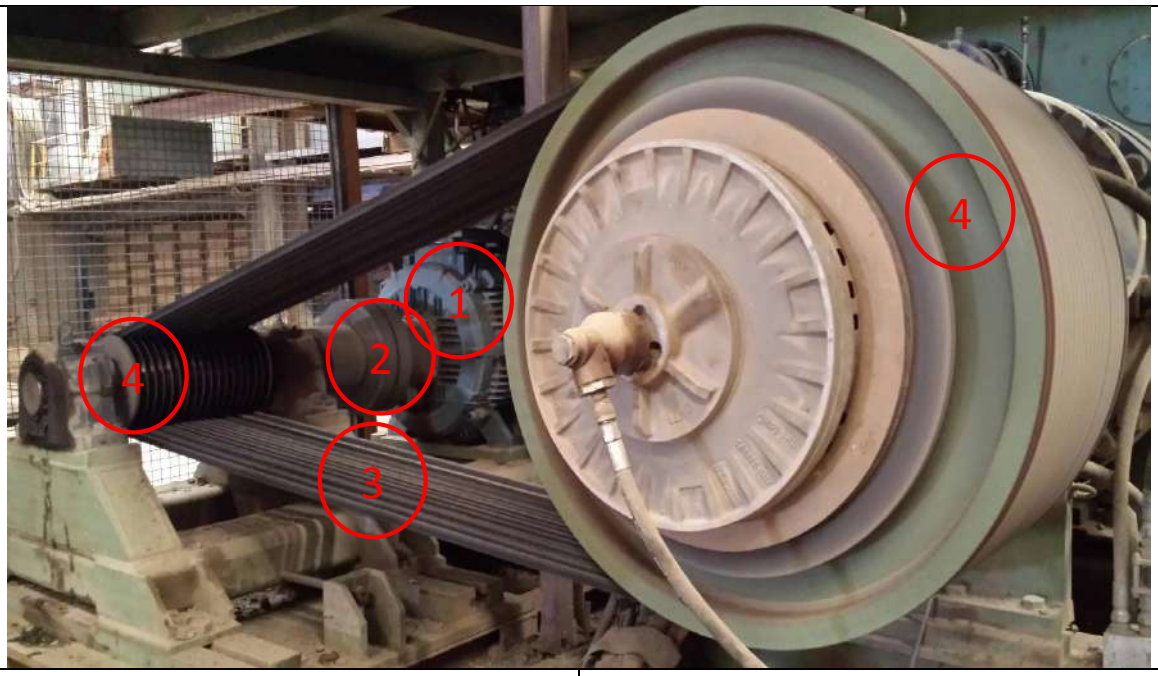
Figure III.3 : la partie hydraulique de la mouleuse

III.3.2.La partie mécanique

Les composants de la partie mécanique sont :

- ✓ l'axe malaxeur ;
- ✓ la bague chromée ;
- ✓ la spatule du piocheur ;
- ✓ les courroies ;
- ✓ la chemise lisse ;
- ✓ la chemise à lunette ;
- ✓ l'hélice ;
- ✓ l'entrefer.

La figure III.4 montre en grand la transmission de mouvement dans partie mécanique.



1. Moteur	3. Courroies
2. Accouplement élastique	4. Poulie

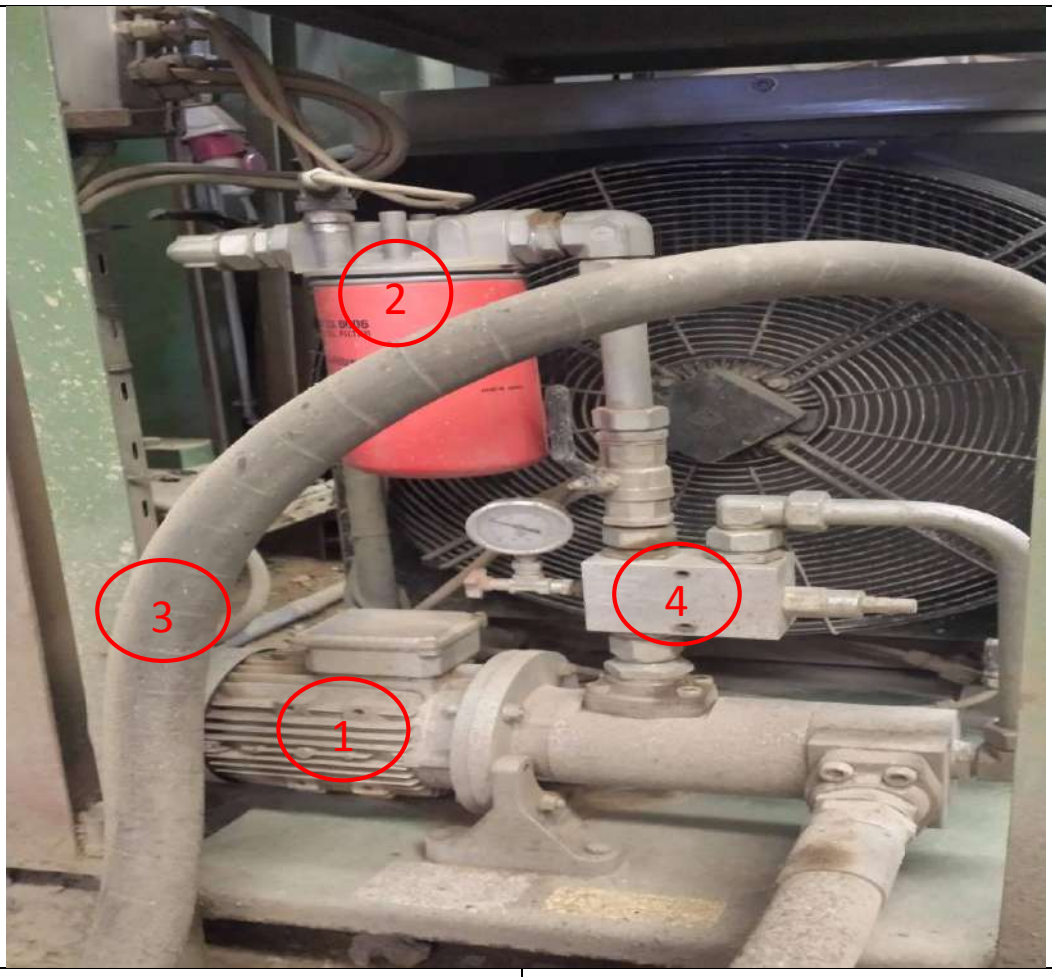
Figure III.4 : La transmission de mouvement entre le moteur et le réducteur

III.3.3.La partie pneumatique

Dans cette partie, ils existent trois types de pompes :

- ✓ une pompe à vis ;
- ✓ une pompe centrifuge ;
- ✓ une pompe à engrenage.

La combinaison de la pompe à vis avec la partie mécanique est illustrée par la figure III.5.

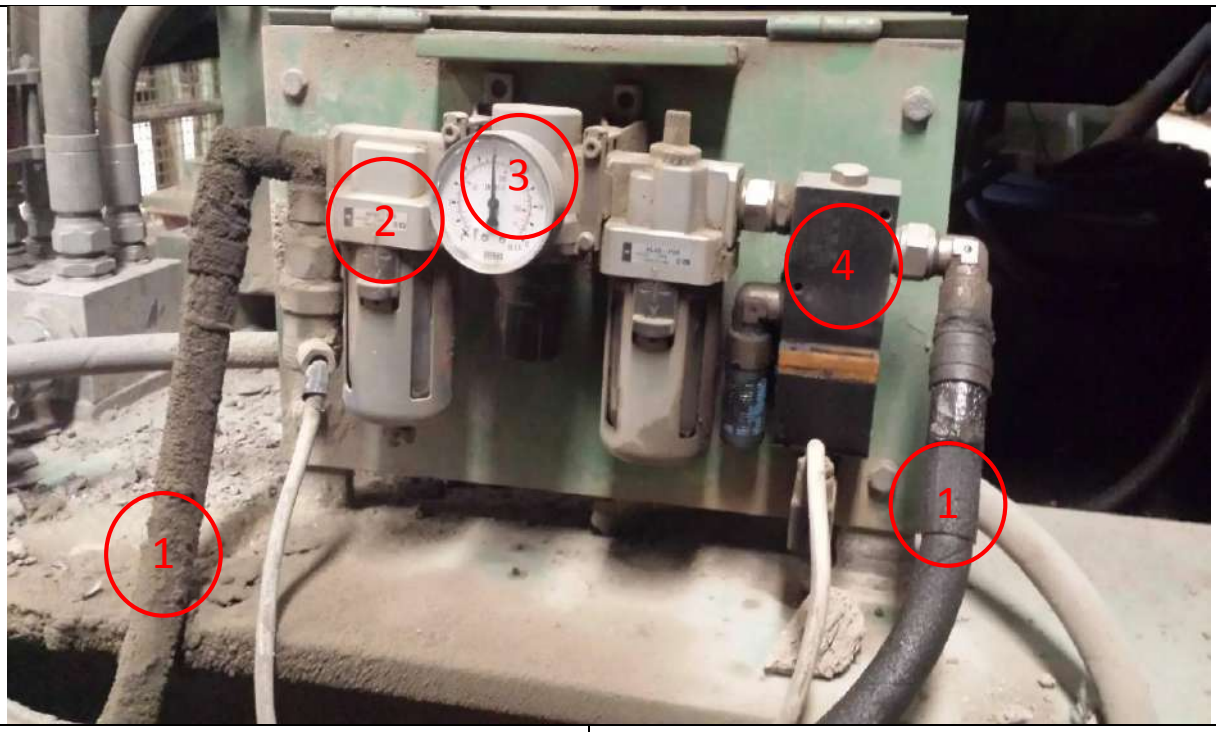


1. Moteur 2. Filtre à huile	3. Pompe à vis 4. Flexible

Figure III.5 : La pompe à vis de la mouleuse

III.3.4.La partie hydraulique

Nous montrons ci-dessous les éléments de la partie hydraulique.



1. Flexible (tuyau) 2. Filtre	3. Régulateur pneumatique 4. Distributeur

Figure III.6 : la partie hydraulique de la mouleuse

Conclusion

Cette étude nous aide à mieux construire une démarche préventive ou corrective, et la décomposition de la mouleuse en différents parties nous a servis comme un pas dans l'application de l'outil AMDEC.

Chapitre IV

Application de la méthode AMDEC

Introduction

Après avoir définit la mouleuse comme étant la machine la plus défectueuse dans la chaine de production, et après la décomposé en sous-systèmes, nous allons dans ce chapitre entamer l'application de l'outil AMDEC sur cette machine, afin de fournir un plan de maintenance assurant le bon déroulement de la production.

IV.1. Analyses AMDEC

Le relèvement des modes de défaillances et le calcul de criticité associée sont donnés sous forme de tableau pour chacune des parties hydraulique, mécanique, électrique et pneumatique (Tableaux IV.1-4).

Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et de leurs Criticités									
SYSTEME : MEULEUSE									
CODE MACHINE : BED 750 BLS									
ENSEMBLE : CIRCUIT MECANIQUE									
Elément	Fonction	Mode de défaillance	Détection	Causes	Effets	Criticité = F*G*D			
						F	G	D	C
Hélices	Déplacer l'argile	Usure (corrosion)	Fin duré de vie T° ↑ Pression ↓	-Fatigue -Huile dégradé	La qualité (mauvaise) Le circuit de moteur augmente	2	3	2	10
Entraphes	Nettoyer l'hélice	Usure (corrosion)	Durée de vie	Fatigue	Le circuit de moteur augmente	2	3	2	10
Chemises lisse	Nettoyer l'hélice	Usure (corrosion)	Fin duré de vie T° ↑ Pression ↓	Usure (corrosion)	La qualité (mauvaise)	2	3	2	10

Chemises à lunette	Nettoyer l'hélice	Usure (corrosion)	Fin duré de vie T° ↑ Pression ↓	Usure (corrosion)	La qualité (mauvaise)	2	3	2	10
Spatules	Descendre l'argile	Usure (corrosion)	Durée de vie	Usure (corrosion)	La qualité (mauvaise)	2	3	2	10
Axe malaxeur	Porte palet et hélice (avancer l'argile)	Cassé	Bruit du moteur et disjoncteur	Blocage	La machine arrêtée	1	4	2	8
Les croies	Transmettre le mouvement du moteur vers le poulier malaxeur	Déchirer	Visuelle	Usure	Arrêt de la machine (mouvement arrêté)	1	3	1	3
Compresseur	La pression (12H)	Problème (palet, flictore, joint tournent)	Visuelle			2	2	1	4
Bague chromé (20h) par année	Montage le joint pis pur foulité tournage	Déforme des traces de joint spis	Visuelle	Fuite	Niveau d'huile diminué	1	4	1	4
Spatule de piocher (12h) par année	Désheure l'argile vers l'axe mouleuse	Blocage	Bruit et blocage l'axe mouleuse	Désirer les vis de démontage		1	3	2	6

Tableau IV.1 : AMDEC de la partie Mécanique

Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et de leurs Criticités									
SYSTEME : MEULEUSE									
CODE MACHINE : BED 750 BLS									
ENSEMBLE : CIRCUIT HYDRAULIQUE									
Elément	Fonction	Mode de défaillance	Détection	Causes	Effets	Criticité = F*G*D			
						F	G	D	C
Poupée de lubrification (mouleuse, malaxeur, piocheur, poupe à vis) (01:00h)/année	Lubrification (hydraulique)	Joint spis	Fuite d'huile (visuelle)	La pression d'mince 04bar	Mauvaise lubrification	1	1	1	1
Réservoir	Réservoir du lubrifiant	-Oxydation -Disfonctionnement des capteurs de niveau	Visuelle	Fatigue -Huile dégradé	Fuite -Mauvaise lubrification	2	1	1	2
Moteur de pompe Hydraulique	pour le fonctionnement de la pompe hydraulique	-Court-circuit -Problème des roulements -vibration -Ne démarre pas	- visuelle - vibration	-vieillissement -Usure ou cassure des roulements -Erreur de câblage	Arrêt de circuit Hydraulique	2	2	1	4

Tableau IV.2 : AMDEC de la partie hydraulique

Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et de leurs Criticités									
SYSTEME : MEULEUSE									
CODE MACHINE : BED 750 BLS									
ENSEMBLE : CIRCUIT ELECTRIQUE									
Elément	Fonction	Mode de défaillances	Détection	Causes	Effets	Criticité = F*G*D			
						F	G	D	C
Sectionneur/port fusible (3h __8h) par année	Séparer ou connecter un circuit électrique	Défaillance du fusible	Détection possible (multimètre)	Cout circuit	Arête de machine	1	2	2	4
Contacteurs (3h __8h) par année	Etablir interrompe le passage de commande électrique au moteur à partir de commande	Défaillance de bobine	Détection possible (multimètre)	Courant insuffisant	Arête de machine	1	2	2	4
Transformateur par 3mois (3__8H) par année	Abaisser la tension	Court-circuit	Détection possible (multimètre) ou Visual	Choc	Arrêt de machine	2	2	2	8
Redresseur (3__8H) par année	Destine alimenter le système par une tension ou un courant continu à partir d'une source alternative	Ne fonctionne pas	Multimètre	Court-circuit	Arrêt de machine	1	2	2	4

Tableau IV.3 : AMDEC de la partie électrique

Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et de leurs Criticités									
SYSTEME : MEULEUSE									
CODE MACHINE : BED 750 BLS									
ENSEMBLE : CIRCUIT PNEMETIQUE									
Elément	Fonction	Mode de défaillances	Détection	Causes	Effets	Criticité = F*G*D			
						F	G	D	C
Embrayage de mouleuse (pneumatique) (03:00h) année	Embrayage débrayage moteur (accouplent)	Partie démarrage (endommagée) (usure)	Bruit + resuelle	Male pression	Production arrêté	1	1	1	1
Limiteur de pression	Abaisse la pression d'air	Pression élevée	Difficile à détecter	Fuite du cricui	Mauvais fonctionnement De limiteur de pression	1	1	3	3
Filtre pneumatique	Obstacle pour les particules	Colmatage	Difficile à détecter	Fuite	Disfonctionnement de tout le circuit pneumatique	2	4	3	24

Tableau IV.4 : AMDEC de la partie pneumatique

IV.2.Classification des composants selon leurs criticités

Il ne reste plus qu'à fixer un seuil au-delà duquel il faut mettre en œuvre des actions préventives permettant de réduire le risque. Pour cela nous allons encore utiliser la méthode PARETO :

Composantes	Criticité	%	% cumulée
Filtre pneumatique	24	18.46	18.46
Entraphes	10	7.69	26.15
Hélices	10	7.69	33.84
Chemises lisse	10	7.69	41.53
Chemises à lunette	10	7.69	49.22
Spatules	10	7.69	56.91
Axe malaxeur	8	6.15	63.06
Transformateur	8	6.15	69.21
Spatule de piocheur	6	4.61	73.82
Moteur de pompe Hydraulique	4	3.07	76.89
Redresseur	4	3.07	79.96
Contacteurs	4	3.07	83.03
Sectionneur/port fusible	4	3.07	86.1
Bague chromé	4	3.07	89.17
Compresseur	4	3.07	92.24
Limiteur de pression	3	2.30	94.54
Les croies	3	2.30	96.84
Réservoir	2	1.53	98.37
Embrayage de mouleuse	1	0.76	99.13
Poupet de lubrification	1	0.76	99.89

Tableau IV.5 : Etude Pareto des composantes critiques

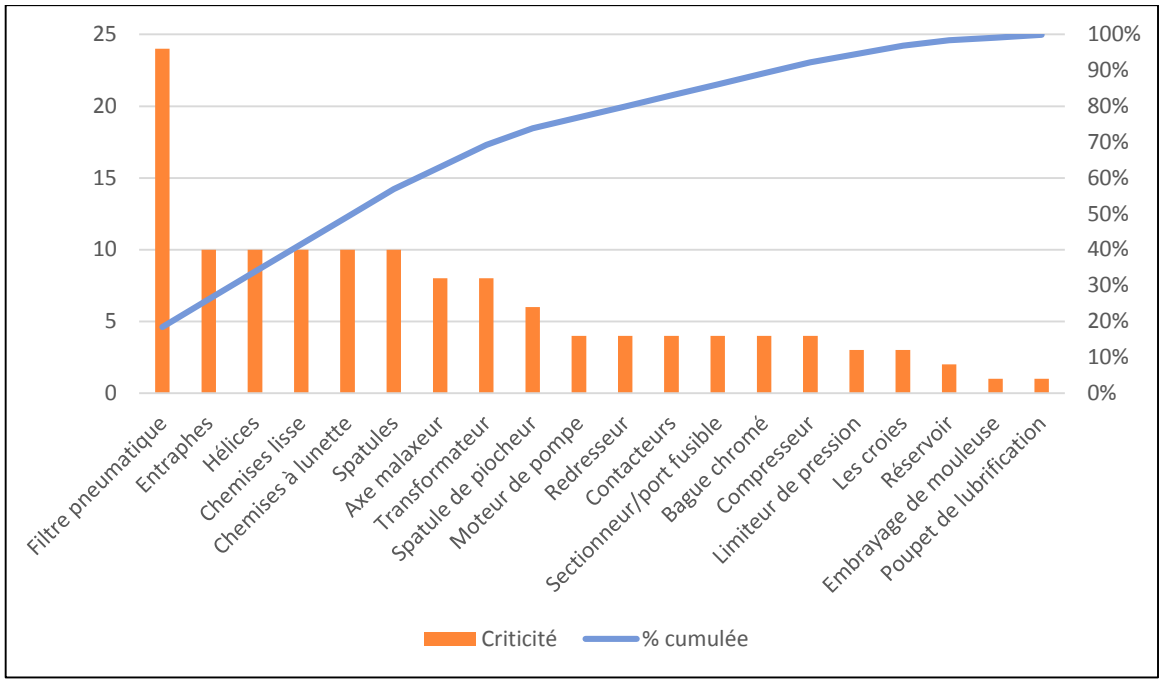


Figure IV.1 : Etude Pareto des composantes critiques

IV.2.1.Interprétation

Selon le tableau et la représentation graphique, nous pouvons considérer 3 niveaux de criticité comme suit :

Niveau de criticité	Organes
1 ≤C < 8 **Criticité négligeable**	Poupé de lubrification Embrayage de mouleuse Réservoir Les croies Limiteur de pression Compresseur Bague chromé Sectionneur/port fusible Contacteurs Redresseur Moteur de pompe Hydraulique Spatule de piocher

8 ≤C < 16 **Criticité moyenne**	Transformateur Axe malaxeur Spatules Chemises à lunette Chemises lisse Hélices Entraphes
16 ≤C ≤24 **Criticité élevée**	Filtre pneumatique

Tableau IV.6 : Classification des composants selon la criticité

IV.3.Etablissement du plan de maintenance préventive

Afin de réduire la criticité, et pour améliorer la disponibilité de la machine, il faut concentrer les actions de maintenance (Tableau IV.7) sur les éléments critiques.

Sous- ensemble	Elément	Défaillance	C	Action prévue	Durée prévue	Pièce de rechange	Fréquence
Circuit Pneumatique	Filtre pneumatique	Mauvais filtrage -Colmatage	24	Changer filtre pneumatique	1h	Filtre pneumatique en stock	Chaque 6 mois (en trois équipes)
Circuit Mécanique	Entraphes	Usure (corrosion)	**10**	Changer les Entraphes	1h	Entraphes en stock	Chaque 2 ans
Circuit Mécanique	Hélices	Usure (corrosion)	**10**	Changer le Hélices	2h	Hélices en stock	Chaque 3 mois
Circuit mécanique	Chemises lisse	Usure (corrosion)	**10**	Changer le Chemises lisse	2h	Chemises lisse en stock	Chaque 2 mois
Circuit mécanique	Chemises à lunette	Usure (corrosion)	**10**	Changer le Chemises à lunette	1h	Chemises à lunette en stock	Chaque 3 mois
Circuit mécanique	Spatules	Usure (corrosion)	**10**	Changer le Spatules	1h	Spatules en stock	Chaque 1 an
Circuit mécanique	Axe malaxeur	Cassé	**8**	Changer l'axe malaxeur	**40 minutes**	Axe malaxeur en stock	Chaque 6 mois
Circuit électrique (armoire)	Transformateur	-Bobine Défectueuse Court-circuit	8	Vérification -Nettoyage -Serrage	1h	Bobine en stock	Chaque 6 mois

Circuit Mécanique	Spatule de piocheur	Blocage	**6**	Changer le Spatule de piocheur	1h	Spatule de piocher en Stock	Chaque 1 an
Circuit Hydraulique	Moteur de pompe Hydraulique	Court-circuit -Problème des roulements -Vibration -Ne démarre pas -Manque de Phase	**4**	changer les roulements	4h	Roulements en stock	Chaque 2 ans
				-vidange huile Moteur	3h		Chaque 2 ans

Tableau IV.7 : Plan de maintenance préventive pour la mouleuse

Conclusion

Une fois les actions mises en place, la criticité est recalculée. Toutes ces actions permettent donc de réduire la fréquence des pannes tout en optimisant la fréquence des interventions préventives.

A la fin de cette étude, nous pouvons sortir avec les recommandations suivantes :

- Il faut respecter les instructions de la maintenance systématique telles que les remplacements des pièces défectueuses selon les périodicités recommandées par le constructeur.
- Refaire l'étude AMDEC systématiquement.
- Former le personnel de service maintenance à l'AMDEC.
- Tenir un stock de sécurité des pièces de rechange de 1ère nécessité.
- Former les techniciens maintenance sur l'équipement de facilité la détection des anomalies.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le travail effectué nous a permis en premier lieu de nous familiariser avec l'univers de l'industrie, le monde du travail et les différents aspects que ces derniers peuvent dévoiler. Le déroulement du projet, nous a offert l'opportunité de découvrir de quoi est fait réellement un processus de maintenance, ce travail nous a aussi permis de synthétiser de façon pratique les différents cours théoriques qui nous ont été dispensés.

Nous rappelons que notre projet de fin d'étude avait pour objectif de réaliser le plan de maintenance préventif de la machine mouleuse BED 750 BLS et de définir les pièces de rechange ainsi que la périodicité des actions préventives. Pour répondre à cet objectif nous avons procédé à la décomposition et l'analyse de la mouleuse, en se basant sur les dossiers techniques et l'historique de la machine, l'expérience de service maintenance sans oublier la formation que nous avons pris, et grâce aux résultats obtenus, nous avons pu hiérarchiser les causes potentielles des défaillances recensées, puis cibler celles qui sont plus critiques afin de proposer des solutions efficaces pour chaque défaillance. Les résultats de cette analyse sont les actions prioritaires propres à diminuer significativement les risques de défaillances potentielles.

Du point de vue pratique, cette méthode doit faire partie d'une approche globale. A quoi sert par exemple le zéro défaut en production si le produit n'est pas rentable, si le produit ne répond pas aux besoins de clients, si nous faisons des erreurs de facturation, si nous ne répondons pas aux appels téléphonique de nos clients ou si nous respectons pas les délais ou le lieu de livraison fixés par le client ? Il est évident que pour un succès significatif de cette approche, elle doit être intégrée aux autres méthodes dans le concept de la qualité totale. Cependant, le travail que nous avons réalisé se présente comme des propositions d'amélioration au sein de l'entreprise pour l'application future.

En dernier, nous espérons que le travail réalisé ait une grande utilité dans le cadre du développement de l'entreprise SOTBAF à l'avenir.

Références

[1] Analyse des défaillances par la méthode AMDEC - application à un compresseur au sein du complexe CEVITAL, Hamidouche Noureddine et Bordjah Ferhat, université de Béjaia, 2013/2014.

[2] Introduction à la maintenance industrielle, liberty.1.free.fr.

[3] La maintenance industrielle, Technologue.pro, consulté le 21/04/2019.

[4] Introduction à la maintenance – Métiers de la maintenance, université du Littoral-Côte-d'Opale.fr, consulté le 21/04/2019.

[5] Application de la méthode AMDEC-MACHINE sur un séparateur d'huile au sein de l'entreprise CEVITAL-Bejaia, ARHAB Nabil et ADJED Zine-eddine, 2016/2017.

[6] Optimisation de la fonction maintenance par la méthode AMDEC – cas de la pompe 2000D à membrane de l'entreprise CERTAF, ABDI Adil, université de Tlemcen, 2012/2013.

[7] Techniques de l'ingénieur SE4040 : AMDEC, Yves MORTUREUX, 10/10/2005.

[8] Techniques de l'ingénieur AG4220 : AMDEC-moyen, Michel RIDOUX, 10/07/1999.

[9] Contrôle par thermographie d'un four de cuisson et effet de la température sur la qualité de la brique, Bouallouche Ala-Eddine, université Badji Mokhtar de Annaba, 2016/2017.

[10] Fabrication de la brique, Fédération Belge de la Brique, consulté le 14/04/2019.

[11] CERIC Briqueterie Branis : L'Industrie de la Terre Cuite change de dimension, Youtube, consulté le 14/04/2019.

[12] Introduction à la maintenance d'un équipement, MaxiCours.com, consulté le 23/11/2018.

[13] Types de maintenance, INRS, consulté le 23/11/2018.

[14] Les différentes formes de Maintenance, TPMAttitude.fr, consulté le 23/11/2018.

[15] Cours méthodes de la maintenance, Scribd.com, consulté le 17/11/2018.

[16] La méthode AMDEC, Joseph Kélada, école des HEC, 1994.

[17] Formation à l'AMDEC, Hubert Bazine, 15/09/2018.

[18] Catalogue des produits de BEDESCHI - PADOVA 1908.

مُلخَّص

تعد صيانة معدات الإنتاج تحديا أساسيا لتحقيق مردود أفضل للشركة. طريقة تحليل أنماط الأعطال وآثارها هي أداة منهجية تتيح التحليل المنتظم للأعطال المحتملة من أجل تحسين مدى إتاحة أداة الإنتاج وجاهزيتها. يتناول هذا العمل تطبيق هذه الأداة على آلة لقولبة اللَّبِن. إنه يهدف إلى تحسين الصيانة الوقائية وإلى إدارة المعدات وموظفي الصيانة بشكل أفضل.

الكلمات المفتاحية: الصيانة الوقائية، تحليل أنماط الأعطال وآثارها، آلة القولبة، صناعة اللَّبِن.

Résumé

Le maintien des équipements de production est un enjeu clé pour un rendement maximal. La méthode AMDEC est un outil méthodologique permettant l'analyse systématique des dysfonctionnements potentiels en vue d'améliorer la disponibilité de l'outil de production. Le présent travail porte sur l'application de l'AMDEC machine sur une mouleuse. Il a donc pour objectif d'améliorer la maintenance préventive et de mieux gérer les matériels et les personnels de maintenance.

Mots clefs : maintenance préventive, AMDEC machine, mouleuse, briqueterie.

Summary

Maintaining production equipment is a key issue for maximum efficiency. The FMEA method is a tool allowing the systematic analysis of potential malfunctions in order to improve the availability of the production tool. The present work deals with the application of the functional FMEA on a molding machine. It therefore aims to improve predictive maintenance and better manage equipment and maintenance personnel.

Key words: predictive maintenance, functional FMEA, molding machine, brickyard.