**3.1. INTRODUCTION**

Ce chapitre est consacré à la mise en œuvre de l’AMDEC appliquée à un système technique dénommé « Mouilleur Mélangeur » utilisé dans la chaîne de fabrication des produits rouge dans le secteur de l’industrie des matériaux de construction. Le choix s’est porté sur ledit système, vu que cette machine présente un grand nombre d’interventions curatives au cours de son cycle de fonctionnement et de production.

**3.1.1. Initialisation**

L’initialisation passe par la définition du système à étudier. Ce dernier c’est une machine consommatrice d’énergie électrique dans laquelle se réalise la préparation de la pâte destiné à l’obtention des briques. Le mouilleur mélangeur mélange, amalgame et mouille l'argile précédemment réduite en petits morceaux (figure 3.1). Les mélangeurs se divisent en deux catégories:

* Mélangeurs-mouilleurs : ils mélangent les argiles sèches ou à peine humides ;
* Mélangeurs-filtre : principalement utilisés dans le département de production, ils effectuent un premier mélange de l'argile avec l'eau.

MOUILLEUR-MELANGEUR

Mélanger l’argile avec de l’eau

- Argile

- Energie électrique

- Eau

- Pâte

- Energie dégradée

**Figure 3.1** : *Système étudié.*

**3.1.2. Structure de la machine**

Description des éléments principaux de la machine :

* Structure en acier électro-soudé réalisée sur un plan d’appui unique pour en faciliter le transport et l’installation.
* Groupe réduction : en direct connexion avec la structure en acier ,composé d’engrenage en acier à haute résistance a dents hélicoïdal supporté par des arbres généreusement dimensionnés montés sur roulement avec pompe électrique, filtre, interrupteur pression et niveau minimum.
* Groupe moteur : moteur monté sue base machine et prédisposé pour tensionnement courroies. Transmission indirecte à l’aide de courroies trapézoïdales.
* Cuve de mélange : grande cuve dont les parois ont une épaisseur majorée, palettes démontables avec report anti-usure coté poussée et sur le diamètre extérieur.
* Equipement de mouillage avec soupape d’arrêt.
* Carter de protection sur cuve de mélange.
* Transmission par courroies trapézoïdales entre poulie moteur et mélangeur.

**3.1.3. Description technique**

La machine est composée d’une cuve sur laquelle sont installés deux arbres contrarotatifs pourvus de pales et hélices qui mélangent le pétrissage en l'acheminant vers la sortie. La partie supérieure de la cuve est pourvue d’un dispositif de mouillage avec un système de contrôle réglant l'humidité du pétrissage.

Dans le cas du mélangeur filtre, la partie finale de la cuve est pourvue de grilles qui extrudent l'argile. Les grilles du mélangeur filtre se déplacent grâce à un système hydraulique pour en permettre le nettoyage. La quantité de production horaire déterminera la dimension de la machine, la constitution de cette dernière sera détaillée aux **Tableau 3-1** et **Tableau** **3-2**.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tableau 3-1 : Mélangeurs série MB COD.F-04-01** | | | | | |
| **CODE** | **TYPE** | **DIMENSION CUVE MM**  **PALES Ø** | **PRODUCTION**  **M3/ H** | **PUISSANCE INSTALLÉE (KW)** | **POIDS MACHINE (KG)** |
| F-04-01-01-000 | MB 10 | 620 x 2500 330 | 5 / 10 | 7,5 | 1.500 |
| F-04-01-03-000 | MB 30 | 800 x 3000 450 | 25 / 30 | 18,5 | 2.500 |
| F-04-01-03-000 | MB 50 | 1050 x 3500 600 | 40 / 50 | 45 | 8.400 |
| F-04-01-08-000 | MB 80 | 1300 x 4000 750 | 60 / 80 | 75 | 10.500 |

|  |  |
| --- | --- |
| **Tableau 3-2 : Accessoires pour mélangeurs COD.F-04-50** | |
| CODE | DESCRIPTION |
| F-04-50-01-000 | Dispositif contrôle rotation |
| F-04-50-02-000 | Base d'installation machine |
| F-04-50-03-000 | Capot récupération poussière |
| F-04-50-04-000 | Pales avec revêtement anti-usure reporté |
| F-04-50-05-000 | Chromages des pales |
| F-04-50-06-000 | Dispositif de mouillage |
| F-04-50-07-000 | Kit moteur électrique courroies chariots carté transmission |
| F-04-50-08-000 | Base d'installation machine |
| F-04-50-09-000 | Balcon avec rampe et escalier |
| F-04-50-10-000 | Câblages électriques au bord machine |
| F-04-50-11-000 | Peinture personnalisée par tableau RAL (ou standard vert RAL 6011) |

**3.4. Objectifs à atteindre**

L’objectif principal est de mettre au point le plan de maintenance du mouilleur mélangeur avec :

* L’amélioration de la sécurité.
* L’amélioration de la fiabilité.
* L’amélioration de la maintenabilité.
* L’amélioration de la disponibilité.

**3.4.1. Décomposition fonctionnelle**

* **Découpage du système**

Le découpage du système a été réalisé en deux organes :

Dispositif de mouillage

**Mouilleur mélangeur**

Dispositif de mélange

* **Arborescence**

Dispositif de rotation

Dispositif de mouillage

Robinet de mouillage

Pales

Arbre mélangeur

***Figure 3.2****: Arborescence.*

* **Identification des fonctions des sous-ensembles**

L’analyse fonctionnelle est une méthode dont l’objet est de contribuer à générer les fonctions de services et techniques relatives à un produit industriel.

La méthode peut être séquencée en deux étapes :

* **Identifier** les fonctions : cette étape consiste à imaginer les fonctions potentielles ou réalisées ;
* **Exprimer** les fonctions : cette étape consiste à qualifier les fonctions à l’aide d’un verbe d’action et d’un complément.
* **Bête à cornes**

La bête à cornes est un outil de représentation de ces questions fondamentales. C’est un des éléments de la méthode APTE :

* À qui le *Produit* rend-il service ?
* Sur quoi le *Produit* agit-il ?
* Dans quel but le *Produit* existe-t-il? **[06]**

**3.4.2. Dispositif de mouillage**

* **Analyse fonctionnelle globale**

***A qui rend-elle service* ?**

***À quel système appartient le produit ?***

Le produit appartient au système automatique

***Sur qui/quoi agit-elle* ?**

**Mélange Argile-Eau**

**Système de préparation**

***Dans quel but le besoin existe-t-il* ?**

Assurer l’obtention d’une pâte homogène

***Figure 3.3****: Bête à corne Mouilleur Mélangeur.*

**3.4.3. Diagramme des inter-acteurs de la machine**

FC2

FC1

FC7

FC6

FC5

**FP**

FC4

FC3

***Figure 3.4****: Diagramme des inter-acteurs, Mouilleur Mélangeur.*

**3.4.4. Identification des fonctions des organes**

L’identification des fonctions n’était pas un travail assez facile puisque nous n’avons que quelques idées très générales sur les organes qu’on a choisis. Nous avons donc recours, d’une part, aux schémas techniques et aux documents constructeurs de la machine pour mieux comprendre les caractéristiques de chaque organe.

***Figure 3.5 :*** *Découpage arborescent des organes.*

**Mouilleur mélangeur**

**Dispositif de mélange**

Arbres mélangeur

Entretoise sur arbre mélangeur

Anneau avec labyrinthe sur cuve

Bague de fixation pales

Entretoise sur bague de fixation pales

Anneau avec labyrinthe sur cote de déchargement

Entretoise sur roulements cote déchargement

Couvercle sur roulements cote déchargement

**Dispositif de mouillage**

Robinet

Débitmètre

**3.5. MODES DE DEFAILLANCES [07]**

Le mode de défaillance est relatif à la fonction, il s’exprime par la manière dont un élément ou un composant vient à ne plus remplir sa fonction il est caractérisé par une dégradation ou une perte complète de la fonction. Pour collecter ces informations on utilise l’historique de la machine.

**1°. Recherches des causes**

La cause c’est l’anomalie initiale (point de départ) susceptible de conduire à un mode de défaillance, elle s’exprime par un terme d’écart par rapport à une référence.

**2°. Recherche des effets**

L’effet de la défaillance est la caractérisation de la conséquence constatée par l’utilisateur. Il est relatif à mode de défaillance.

**3°. Evaluation de la criticité**

Dans cette partie de l’AMDEC, essentiellement quantitative, nous allons calculer la criticité de chaque combinaison (cause, mode, effet) d’une défaillance à partir des différents critères de cotation.

**4°. Les grilles de cotation**

Pour évaluer la criticité des défaillances de la machine à mouler, il nous a fallu estimer les trois critères indépendants : la fréquence d’apparition (F), la gravité (G) et la probabilité de non détection (D). A chaque critère on associe une grille de cotation définie selon quatre niveaux en s’appuyant sur : l’historique des arrêts et l’expérience du personnel. En effet, les grilles de cotation sont basées principalement sur le temps d’indisponibilité ainsi que le nombre de défaillances de la machine à mouler. Elles sont aussi le fruit de nombreuses discussions menées avec le personnel du service maintenance. Ainsi nous avons pu dresser les tableaux suivants :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tableau 3-3 :** Grille de cotation de la fréquence d’apparition. | | |
| **Niveau de F** | **Valeur de F** | **Définition** |
| fréquence très faible | **1** | Moins d’une défaillance par année. |
| fréquence faible | **2** | Plus d’une défaillance par semestre. |
| fréquence moyenne | **3** | Plus d’une défaillance par mois. |
| fréquence forte | **4** | Plus d’une défaillance par semaine. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tableau 3-4 :** Grille de cotation de la gravité. | | |
| **Niveau de G** | **Valeur de G** | **Définition** |
| Gravité mineure | **1** | Arrêt de la machine moins de 20 mn. |
| Gravité significative | **2** | Arrêt de la machine entre 20 mn et 1h. |
| Gravité moyenne | **3** | Arrêt de la machine entre 1h et 4h. |
| Gravité majeure | **4** | Arrêt de la machine de plus de 4h. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tableau 3-5 :** Grille de cotation de la probabilité de non détection. | | |
| **Niveau de D** | **Valeur de D** | **Définition** |
| Détection évidente | **1** | Détectable par l’opérateur. |
| Détection possible | **2** | Détectable par le technicien maintenance. |
| Détection improbable | **3** | Détection difficile. |
| Détection impossible | **4** | Détection trop difficile voir impossible. |

**3.5.1. Calcul de la criticité**

La valeur de la criticité est le produit des niveaux atteints par les critères de cotation :



Les valeurs de criticité, ainsi calculés, nous permettent de faire une classification afin de hiérarchiser les défaillances. Une échelle à été mise en place afin de déterminer quels sont les éléments et causes critiques qui seront à surveiller et les moins critiques qui nécessiteront moins d’entretien.

|  |  |
| --- | --- |
| **Tableau 3-6 :** Echelle de criticité. | |
| **NIVEAU DE CRITICITE** | **ACTIONS CORRECTIVES A ENGAGER** |
| **1 ≤ C < 8**  **Criticité négligeable** | Aucune modification de conception  Maintenance corrective |
| **8 ≤ C < 16**  **Criticité moyenne** | Amélioration des performances de l’élément  Maintenance préventive systématique |
| **16 ≤ C < 30**  **Criticité élevée** | Révision de la conception du sous-ensemble et du choix des éléments  Surveillance particulière, maintenance préventive conditionnelle / prévisionnelle |
| **C > 30**  **Criticité interdite** | Remise en cause complète de la conception |

**3.5.2. Proposition d’actions correctives**

En se basant sur la classification des défaillances suivant les valeurs des criticités et les différents niveaux atteints par les critères de cotation nous avons proposé des actions correctives qui sont les suivantes :

* **Changement d’un organe ou de l’un de ses composants s :**

Les organes ayant des criticités élevées, résultants des temps d’arrêts énormes, nécessitent un changement systématique.

* **Contrôle et vérification d’un organe ou de l’un de ses composants :**

Cette action est proposée :

* Soit pour les organes qui possèdent des composants externes, qui induisent à la défaillance et qui sont faciles à contrôler par l’opérateur. Le contrôle doit être fait périodiquement un nombre de fois.
* Soit pour les organes qui n’ont pas des composants faciles à contrôler par l’opérateur mais qui sont importants dans le système, c’est à dire leur défaillance est à criticité élevée ou moyenne. Le contrôle de ses organes nécessite en général des actions spéciales (démontage, appareillage, …) et donc un temps de travail important, ce qui induit à une période de contrôle grande.

**Tableau 3-7 :** Tableaux d’AMDEC du mouilleur mélangeur.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| AMDEC MACHINE **ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCES DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ** | | | | | |  | | | | |
| Système : Mouilleur Mélangeur | | | Sous - Système : dispositif de mélange | | |
| **Elément** | **Fonction** | **Mode de défaillance** | **Cause de la défaillance** | **Effet de la défaillance** | **Détection**  Visuel | **criticité** | | | | **Action corrective** |
| **F** | **G** | **N** | **C** |
| Arbre mélangeur | Entrainer les pales  En rotation | - Usure  - Fatigue mécanique  - Balourd | - Réglages  - Contrôle  - Chocs | Vibration | -Bruit  -Détecteur de vibration | 2 | 4 | 2 | 16 | **MPM** |
| Bague de fixation  pales | Fixer les pales sur l’arbre | Usure | Pénétration de terre | Coup de secousse irrégulier | Visuel après démontage | 2 | 4 | 2 | 16 | **MPM** |
| Pales | Mélanger et la terre | -Usure  -Fatigue mécanique | - fabrication  - états de surface | Blocage | Visuel après démontage | 2 | 4 | 3 | 24 | **MPH** |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| AMDEC MACHINE **ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCES DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ** | | | | | |  | | | | |
| Système : Mouilleur mélangeur | | | Sous - Système : dispositif de soulèvement | | |
| **Elément** | **Fonction** | **Mode de défaillance** | **Cause de la défaillance** | **Effet de la défaillance** | **Détection** | **criticité** | | | | **Action corrective** |
| **F** | **G** | **N** | **C** |
| Robinet | Assurer le dosage en eau | -Colmatage | Dépôt de calcaire | Mauvais dosage | Visuel | 1 | 4 | 2 | 8 | **MPT** |

**3.5.3. Classification des éléments suivant leurs criticités**

Nous avons choisi la valeur 8 comme seuil de criticité. Les éléments dont la criticité dépasse 8 sont regroupés par ordre décroissant dans le tableau, c’est sur ces éléments qu’il faut agir en priorité en engageant des actions correctives appropriées.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tableau 3-8 :**Classification des éléments suivant leurs criticités. | | |
| Eléments | Criticité | Propositions d’actions à engager |
| Arbre mélangeur | 24 | Inspection et nettoyage systématique ;  Contrôle de la surface exposé à l’usure ; |
| Pales | 16 | Contrôle systématique de la surface exposé à l’usure ;  Inspection et nettoyage systématique. |
| Commande de rotation | 12 | contrôle de niveau d’huile du réservoir à huile |
| Dispositif de mouillage | 8 | Changement périodique des joints, et nettoyage ou changement des robinets (chaque semestre) |

**3.6. SYNTHESE**

Pour conclure notre étude AMDEC sur le Mouilleur mélangeur, nous avons pu identifier différents modes de défaillances propres à certaines parties de la machine.

Après avoir étudié ses modes de défaillances, leurs causes et effets, nous avons pu proposer des solutions sous forme d’actions correctives qui vont peut être permettre d’abaisser le niveau de criticité de chaque défaillance.

C’est lors de cette étude AMDEC que nous avons appris que la principale défaillance du Mouilleur mélangeur venait du mal entretien de la machine, de la poussière de terre et du calcaire. Toutefois, nous ne sommes pas en mesure de garantir si les solutions proposées sont faisables, réalisables, et à un coût raisonnable.

En fin, nous pouvons sortir avec les recommandations suivantes :

* Il faut respecter les instructions de la maintenance systématique telles que la lubrification / graissage systématique des pièces et aussi les remplacements des pièces défectueuses selon les périodicités recommandées par le constructeur.
* Établir des fichiers historiques bien détaillés.
* 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.