



*Faculté des Sciences et Techniques de Fès*



*Département de Génie Industriel*



*LST de Génie Industriel*

## **Projet de Fin d'Etudes**

# **Etude AMDEC de la machine à commande numérique**

**Lieu : ONCF de FES**

**Référence : 06/11GI**

**Préparé par :**

- Darhoury Hanane

- Zniti Aouatif

**Soutenu le 14 Juin 2011 devant le jury composé de :**

- Pr M. El Hammoumi (Encadrant FST)

- Pr H.Bine El Ouidane (Examineur)

-Pr I.Tajri (examineur)

- Mr Mostapha Kharbouch (Encadrant Société)

# Dédicaces

A nos chers parents, symbole de bonté et de sacrifice en hommage à leur amour, à leur patience et à l'éducation qu'ils nous ont inculqué tout au long de notre carrière.

A nos frères et sœurs en leur souhaitant bonheur et succès dans leurs vies Personnelles et professionnelles.

A tous nos fidèles amis, avec nos vœux les plus sincères de Réussite, de bonheur et de prospérité.

A tous ceux qui ont contribué de près ou loin à la réalisation de ce projet.

# REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier nos enseignants de leurs efforts qu'ils ont fournis durant la période de formation qui a enrichi nos connaissances théoriques et pratiques.

Nous voulons bien exprimer notre gratitude la plus profonde à tous les gens qui ont sacrifié un temps précieuse en vue d'orienter notre réflexion et qui ont mis à notre disposition tous les documents et matériels nécessaires à la réussite de notre travail en commençant par : **Mostapha KHARBOUCH, Mohammed ALAOUI** ainsi que son collègue Mr : **Ali GHIATI**.

Nous adressons les remerciements à notre encadrant à la FSTF Mr : **M El Hammoumi** qui nous a aidés avec ses conseils pour bien réussir notre projet de fin d'étude.



# SOMMAIRE

## Partie n° : 1

|   |    |
|---|----|
| I). Historique de l'ONCF :.....   |    |
| <b>Erreur ! Signet non défini.</b>  |    |
| II). Organigramme général .....   | 8  |
| II). Présentation de CMFTLF : (Centre de Maintenance et Formation des Trains de Ligne Fès)..... | 9  |
| 1) Fonctions CMFTLF :.....  | 9  |
| 2) Missions de CMFTLF :.....  | 10 |
| 3) Présentation des unités de production de CMFTLF :.....                                       | 10 |

## Partie n°:2

|  |    |
|--|----|
| I). Introduction du tour en fosse :.....               | 13 |
| II). Exploitation de la machine :.....                 | 13 |
| III). Structure de la machine :.....                   | 15 |
| 1) Les galets de la machine :.....                     | 15 |
| 2) Rails d'entrée :.....                               | 16 |
| 3) Roulement du véhicule ou système de manœuvre :..... | 16 |
| 4) Conduire les chariots au point de référence :.....  | 17 |
| 5) Conduire les chariots au point de référence :.....  | 17 |
| 6) L'outil d'usinage :.....                            | 19 |
| 7) usinage.....  | 19 |

## Partie n° :3

### Généralité sur l'AMDEC

|                         |    |
|-------------------------|----|
| I). Introduction :..... | 22 |
|-------------------------|----|

|  |    |
|--|----|
| 1) Définition AFNOR :.....                       | 22 |
| 2) Types de l'AMDEC :.....                       | 22 |
| 3) Buts de l'AMDEC :.....                        | 22 |
| 4) Méthodologie :.....                           | 23 |
| 5.1-Etape 1 : Initialisation.....                | 23 |
| 5.2-Etape 2 :Décomposition fonctionnelle.....    | 23 |
| 5.3-Etape 3 :Analyse AMDEC.....                  | 23 |
| 5.4-Etape 4 : Synthèse.....                      | 26 |
| II). Processus de l'AMDEC :.....                 | 26 |
| <u>Etude AMDEC du tour à commande numérique:</u> |    |
| I).Composition d'une tour à CNC :.....           | 27 |
| II). Application de l' AMDEC:.....               | 28 |
| 1) Découpage arborescent de la machine :.....    | 28 |
| 2) Les tableaux AMDEC:.....                      | 30 |
| 2.1-Etude AMDEC de la partie hydraulique :.....  | 30 |
| 2.2-Etude AMDEC de la partie mécanique.....      | 32 |
| 2.3-Etude AMDEC de la partie électrique:.....    | 33 |
| III).Les actions correctives :.....              | 36 |
| conclusion :.....                                | 39 |
| Bibliographie:.....                              | 40 |

# INTRODUCTION

Le tour en fosse : la machine à commande numérique CNC (**Commande Numérique par Calculateur**) est l'élément principale dans le service maintenance de « l'ONCF » ainsi, chaque arrêt ou panne non programmée peut paralyser le système productif.

Notre projet de fin d'étude consiste à faire une étude AMDEC (**Analyse de Mode de Défaillance de leurs Effets et de leur Criticité**) sur le tour à commande numérique. Il a pour objectif de cerner les pannes les plus critiques à fin d'empêcher leurs réapparitions et aussi d'améliorer le rendement de la machine et de réduire le temps improductif.

La présentation de rapport s'articulée sur trois grands parties :

Le 1<sup>er</sup> est consacré à la présentation de l'ONCF et CMMF (**Centre de Maintenance et Matériel de Fès**). Le 2<sup>ème</sup> chapitre présente le tour en fosse, son exploitation et sa structure. Enfin le 3<sup>ème</sup> et le dernier chapitre traite les approches AMDEC, ainsi que l'étude AMDEC de la machine et par conséquent les actions correctives sous forme d'un plan d'action.

*Partie n ° :1*

Généralités sur l'ONCF

ET

Présentation de CMMF

## I. Historique de l'ONCF:

La construction du réseau des chemins de fer du Maroc remonte au début du 20ème siècle. Les premières lignes construites à voie de 0,60m ont été établies à partir de 1916, et ce n'est qu'en 1923 que la construction des voies à écartement normal a été confiée à trois Compagnies concessionnaires privées :

- La compagnie franco-espagnole du chemin de fer de Tanger à Fès
- La compagnie des chemins de fer du Maroc (CFM)

Ces dernières se partagèrent le trafic ferroviaire, en exploitant chacune la partie du réseau qui lui était concédée. Jusqu'en 1963, lorsque le Gouvernement Marocain a décidé le rachat des concessions et la création de l'Office National des Chemins de Fer (ONCF) conformément au Dahir n° 1-63-225 du 5 août 1963.

## II. Organigramme général de l'ONCF :

La direction centrale de l'ONCF est organisée selon l'organigramme suivant (fig. 1) :

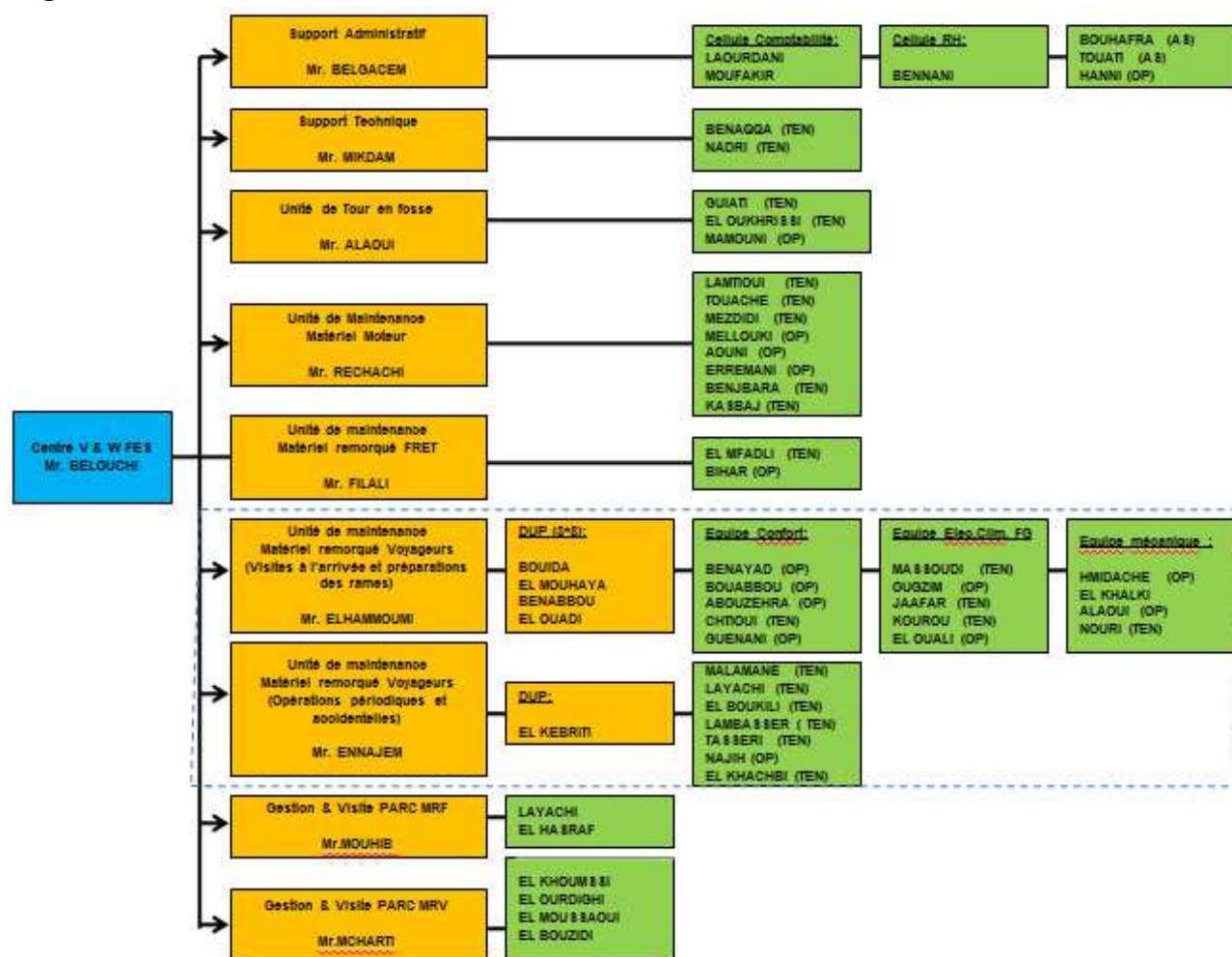


Figure 1 : l'organigramme de la direction générale de l'ONCF



### III. *Présentation de CMMF : (Centre de Maintenance et Matériel Fès)*

Le centre de maintenance voyageur Fès a comme fonction la réalisation des différentes visites de maintenance sur l'ensemble des voitures et locomotives de la rame :

- ✚ Visite limité (VL) : c'est une visite électrique et thermique des fourgons générateurs 4ème et 5ème série.
- ✚ Autre travaux systématiques (ATS) : sur les voitures climatisées 3ème, 4ème et 5ème série.
- ✚ Visite générale (VG) : sur climatisation, éclairage, sonorisation, caisse, confort, sanitaire et infrastructure.
- ✚ Visite à l'arrivée (VA) : sur climatisation, éclairage, sonorisation, caisse, confort, sanitaire et infrastructure est concerne :
  - les voitures climatisées 3ème, 4ème et 5ème série.
  - les voitures ordinaires.
  - les fourgons générateurs.

Cette visite se fait à l'aide de la consultation d'un carnet de bord qui contient l'enregistrement des anomalies constatées par l'agent d'accompagnement.

#### *1) Fonctions CMMF:*

##### **1- Fonction Maintenance du Parc**

- ✓ Elaborer et mettre en œuvre le plan Maintenance.
- ✓ Définir les besoins en pièces de rechange.

##### **2- Fonction Exploitation**

- ✓ Création opérationnelle du matériel roulant.
- ✓ Elaborer et suivre la réalisation des roulements du personnel de Conduite.
- ✓ S'assurer de la disponibilité du matériel voyageur.

##### **3- Fonction Ressources Humaines**

- ✓ Assurer la gestion prévisionnelle des Ressources Humaines
- ✓ Rationaliser l'affectation des Ressources
- ✓ Participer à l'élaboration du plan de Formation.

##### **4- Fonction Comptabilité**

- ✓ Elaborer le budget d'exploitation et suivre son exécution
- ✓ Elaborer la comptabilité de l'établissement

## 2) Missions de CMMF :

Les missions du centre se résument comme suit:

- ✓ La maintenance et la préparation des rames à Voyageur destinées Aux trains nobles qui font la liaison Fès Marrakech pour un parcours de 600Km.
- ✓ La visite à l'arrivée des locomotives électriques et la maintenance de quatre locos diesel de manœuvre.
- ✓ La gérance d'un service Mouvement qui comprend 27 Mécaniciens (Agents de conduite machines) et 23 CTR (Chefs de Train), coiffé par un chef de traction dépôt et d'un chef de traction ligne.

## 3) Présentation des unités de production de CMMF :

### 4.1-Unité de production n°1 :

Unité de production des matériels voyageurs est une unité de la maintenance et d'entretien des matériels à voyageurs de grande vitesse (GV) à partir d'une visite à l'arrivée (VA).

**Visite à l'arrivée VA :** est une visite effectuée chaque jour. Pour s'assurer du bon fonctionnement des matériels voyageurs on visite les parties suivantes :

- ❖ Partie climatisation.
- ❖ Partie éclairage / sonorisation.
- ❖ Partie caisse / Confort/ sanitaire.
- ❖ Partie essai de frein.
- ❖ Partie visite mécanique.

### 4.2-Unité de production n°2 :

Unité de production du matériel moteur est une unité de la maintenance et de l'entretien du matériel moteur à partir d'une visite à l'arrivée (VA).

On distingue deux types des locomotives (moteur) :

- ✓ Loco électrique
- ✓ Loco diesel

Les travaux à effectués en VA sont :

- ✓ Essai de frein
- ✓ Graisseur boudin et rail
- ✓ Essais réalisés après visites
- ✓ Partie électrique
- ✓ Relevé dimensionnel des roues

- ✓ Partie mécanique

#### 4.3-Unité de production n°3 :

Le tour en fosse est une machine d'usinage des roues et disques de frein des essieux montés.

L'usinage se fait automatiquement, assisté et contrôlé par une commande CNC du type SINUMERIK 850T avec une PL 31 30B intégrée.

La commande CNC est l'élément primordial de la machine qu'il faut traiter et entretenir avec les plus grands soins possibles.

*Partie n ° :2*

# Tour en fosse



*Figure 2 : Tour en fosse*

## I. Introduction :

Le tour en fosse (fig.3) : c'est une machine à commande numérique type 106 CNC (Commande Numérique par Calculateur) 850T d'une technologie allemande « HEIGENSHEDT ».

Elle assure l'usinage des roues et disques de frein des essieux montés de tous les types de matériels roulants de l'ONCF, sans qu'il soit nécessaire de les démonter du wagon.

Les phases de travail sont automatisées, assistées et contrôlées par la commande CNC du type SINUMERIK 850T. Un seul manœuvre suffit à commander le tour. La machine est placée dans une fosse en-dessous des rails d'amènée. une partie de ces rails est poussée hydrauliquement en dehors du champ de la machine avant l'usinage d'un essieu monté

*Différents types de Tour en Fosse de l'ONCF :*

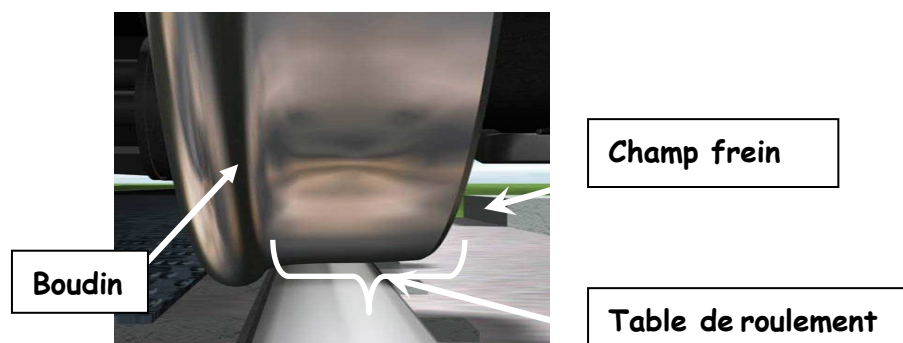
- Tour en fosse de Fès type 106 CNC 850 T de Fabrication Allemande.
- Tour en fosse de JORF type E.G.D 150 N de Fabrication Polonaise.
- Tour en fosse de KENITRA type U.G.E 150 N de Fabrication Polonaise.

## II. Exploitation de la machine :

### 1) Roue ferroviaire :

La roue ferroviaire se compose de trois parties :

- La bande de roulement ou (Table de roulement) qui est en contact avec la surface du haut du rail
- Le boudin qui assure le guidage en prenant appui sur les faces latérales du champignon (fig.3).
- Le champ frein.



*Figure 3 : vue général d'une roue ferroviaire*

## 2) Essieu :

En terme ferroviaire, l'essieu désigne généralement l'ensemble (axe+2roues) qui est solidaires (fig.4). Lorsqu'il y a réunion de deux (ou plus) essieux sur un châssis on parle alors de bogie.



Figure 4 : représentation d'un essieu

## 3) Bogie :

Un bogie est un chariot situé sous le véhicule ferroviaire, sur lequel sont fixés les essieux (fig.5). Il est mobile par rapport au châssis du véhicule (locomotive, wagon ou voiture ) et destiné à s'orienter convenablement dans les courbes.

Le bogie assure les rôles de freinage, d'interface entre la signalisation sur voie et la caisse, de suspension de l'ensemble du train, et parfois de traction. On distingue donc deux grandes familles de bogies:

- ✓ Les bogies moteurs dans le cas d'une traction directe ou avec les pignons dans le cas d'une traction indirecte.
- ✓ les bogies porteurs (pas de moteur), généralement plutôt dédiés au freinage et assurant la répartition des charges et le guidage.



Figure 5 : un bogie qui comporte deux essieux



### **III. Structure de la machine :**

Les éléments de « Tour en fosse » et leurs fonctions dans le cycle de travail :

#### **1) Les galets de la machine :**

Il existe deux types de galets dans la machine et chacun assure une fonction bien déterminée.

##### **1.1-Galets de guidage :**

On trouve quatre galets deux de chaque côté qui assurent le mouvement de rotation des roues des essieux (fig. 6).

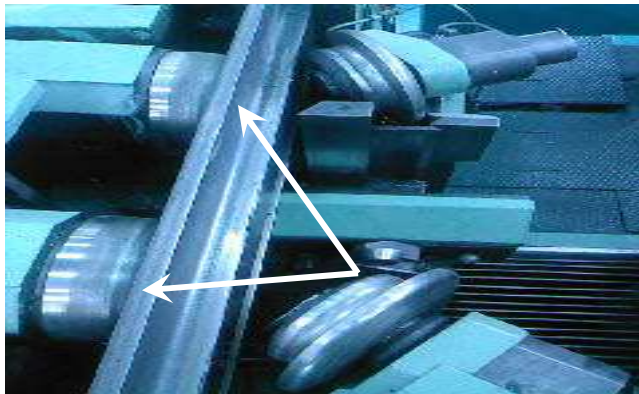


Figure 6 : les galets de guidage

##### **1.2-Galets coaxiaux :**

On trouve aussi quatre galets, deux de chaque côté elles assurent le blocage total des essieux lors de l'usinage (fig.7).

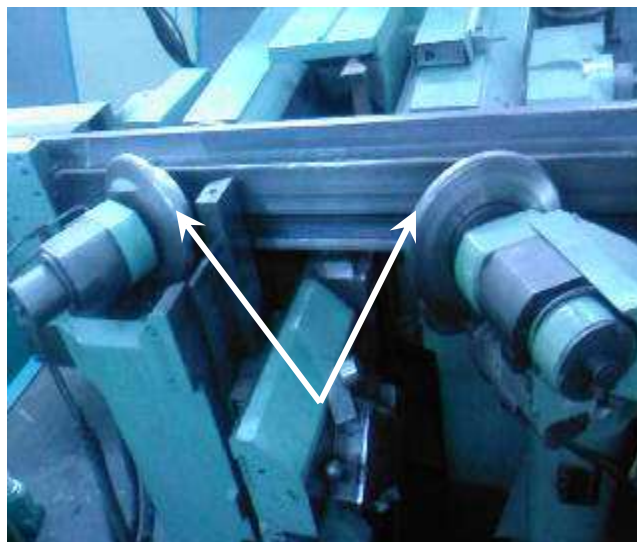
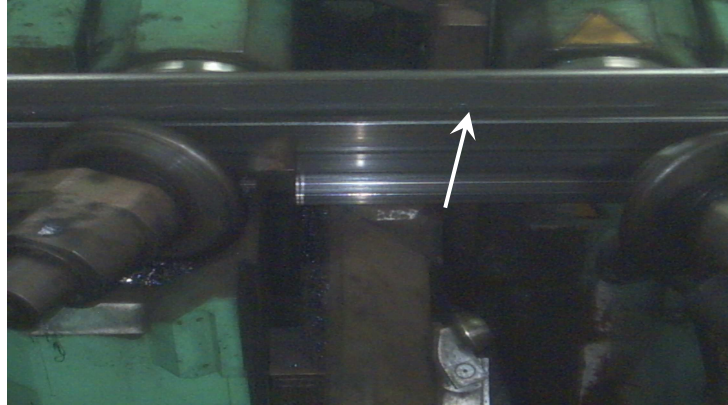


Figure 7: les galets coaxiaux

## 2) Rails d'entrée :

Les rails d'entrée ou (rails mobiles) (fig.8) : Assure le positionnement parfait des essieux entre les quatre galets (deux d'entraînement et deux coaxiaux).



*Figure 8: rail mobile entre les quatre galets*

## 3) Roulement du véhicule ou système de manœuvre :

On utilise le système de manœuvre pour amener les véhicules, d'une manière économique, au tour en fosse.

Ce système comporte un ensemble de manœuvre installé devant la fondation, côté d'entrée, et derrière la fondation, côté sortie, chacun équipé d'un moteur triphasé à réglage de fréquence, d'un wagonnet de manœuvre avec entraîneurs, des câbles de traction avec système de renvoi et des rails de manœuvre nécessaires (fig.9).



*Figure 9 : Le système de manœuvre*



#### 4) Conduire les chariots au point de référence :

Après chaque mise en circuit de la commande, il faut conduire les axes de nouveau aux points de référence (fig. 10).



*Figure 10: visualisation des points de référence sur écran*

1. Sélectionner le mode de fonctionnement JOG.
2. Le côté de la machine, qui est réglé, est présélectionné par les sélecteurs de canaux  
K1 = canal 1, côté gauche  
K2 = canal 2, côté droit
3. Le chariot est conduit du point de référence dans une position neutre par le commutateur à multiples directions.
4. Déplacer les chariots de chaque essieu d'environ 50 mm dans la direction négative et toujours conduire les points de référence d'abord dans l'essieu X puis dans l'essieu Z afin d'éviter une collision avec une paire de roues éventuellement montée.
5. Sélectionner le côté de la machine, K1 ou K2, et sélectionner le commutateur à multiples directions dans la direction '+' de l'essieu X et après atteint le point de référence, dans la direction '+' de l'essieu Z

#### 5) Capteur de mesure :

##### 5.1-Dispositif de mesure du diamètre :

Les émetteurs du dispositif de mesure sont installés sur les galets de guidage frontaux. La mesure est réalisée par un réglage hydraulique des roues d'arpenteur du dispositif. Les galets de guidage ont pour fonction d'orienter axialement les roues d'arpenteur du dispositif automatiquement sur les champs du périmètre de mesure

L'essieu doit effectuer au moins sept rotations par opération de mesure. Cinq de ces rotations sont saisies par le biais d'une barrière photoélectrique reliée à un réflecteur (fig.11).

Le réflecteur est appliqué sur la partie frontale du bandage pneumatique avant l'opération.



*Figure 11 : la barrière photoélectrique*

Les valeurs du diamètre mesurées à l'essieu droit et gauche sont affichées sur l'écran CNC.

### 5.2- Mesure de l'usure

Le dispositif de mesure de l'usure (fig.12) intégré dans le palpeur de positionnement est conçu de telle sorte qu'il détermine l'usure de l'essieu à usiner à des points précis des profils. Cette usure est comparée à un profil de référence dans l'unité de commande, puis celle-ci indique sur l'écran la profondeur de coupe optimale nécessaire. Cette opération est effectuée durant le programme de mesure préalable

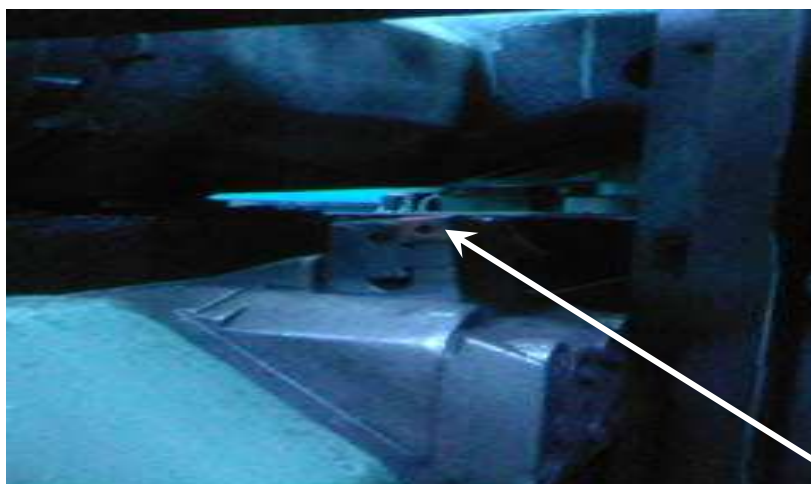
Palpeur de  
Positionnement



*Figure 12 : le palpeur de positionnement*

## 6) L'outil d'usinage :

L'outil : c'est une pièce qui assure la coupe des roues de l'essieu. (fig.13)



L'outil

Figure 13 : L'outil d'usinage

## 7) Usinage :

### 7.1-Données pour le calcul de la segmentation de coupe :

Les données pour le calcul de la segmentation de coupe sont affichées dans une visualisation de menu (fig.14).

Les données sont divisées en deux groupes :

#### Les données inchangeables :

Longueur de l'arrêt coupante 15 mm.

Epaisseur de coupe pour convertir dans le cercle de roulement 8 mm.

Les données changeables : à changer par l'utilisateur.

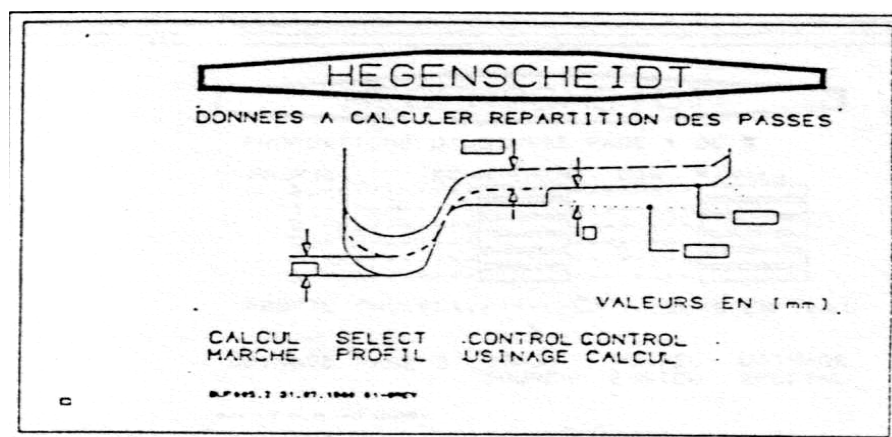
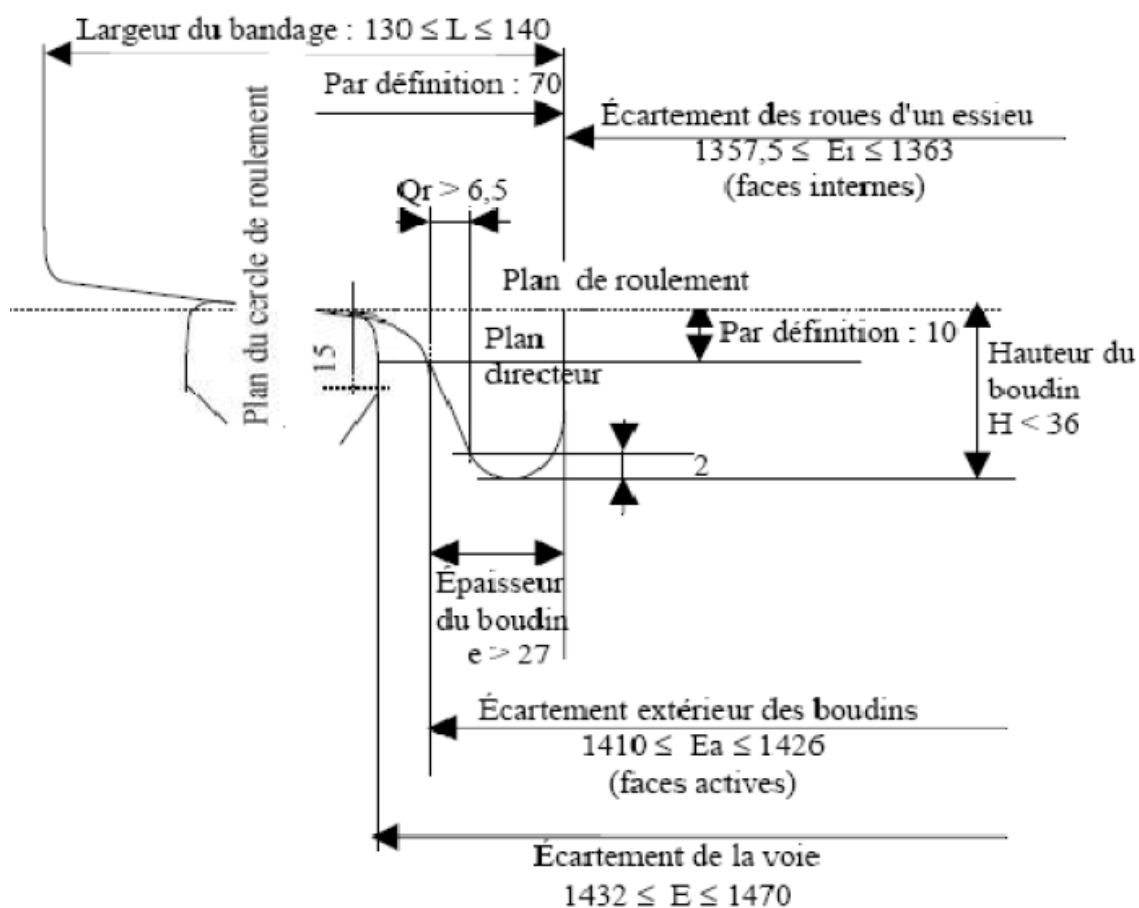


Figure 14 : segmentation de coupe

### 7.2-Tolérance du diamètre de roue :

- Différence de diamètre de roue d'un même essieu  $\leq 0,5$  mm.
- Différence entre deux essieux de deux bogies différents  $\leq 40$  mm.
- Différence entre les essieux du même bogie  $\leq 20$  mm.

### 7.3-Caractéristiques techniques du tour en fosse :



Partie n ° :3

Mise en place

De

L'AMDEEC

# Généralités sur l'AMDEC

## I. Introduction :

### 1) Définition AFNOR :

Selon la définition AFNOR, AMDEC (l'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) est une méthode d'analyse de la fiabilité qui permet de recenser les défaillances dont les conséquences affectent le fonctionnement du système dans le cadre d'une application donnée (de **Sûreté de Fonctionnement (Sdf)** et de **gestion de la qualité**).

L'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC) est avant tout une méthode d'analyse de systèmes s'appuyant sur un raisonnement inductif (causes conséquences), pour l'étude organisée des causes, des effets des défaillances et de leur criticité.

### 2) Types de l'AMDEC :

Il existe trois principaux 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.

### 3) Buts de l'AMDEC :

L'AMDEC est une technique qui vise à :

- ✓ Evaluer et garantir la sûreté de fonctionnement (sécurité, fiabilité, maintenabilité et disponibilité).
- ✓ Obtenir au meilleur coût le rendement global maximum des équipements de production.
- ✓ Définir les actions à entreprendre pour éliminer ces défaillances, réduire leurs effets et pour en empêcher ou en détecter les causes.
- ✓ Prioriser les interventions d'amélioration continue.
- ✓ Réduire les risques les plus grands.

- ✓ Elaborer des plans d'actions et allouer les ressources de façon rationnelle.
- ✓ Déterminer les points faibles d'un système et apporter des remèdes.
- ✓ Prévenir les pannes.
- ✓ Réduire le temps d'indisponibilité après défaillance.

#### 4) Méthodologie de l'AMDEC machine :

##### 4.1-Etape 1 : Initialisation

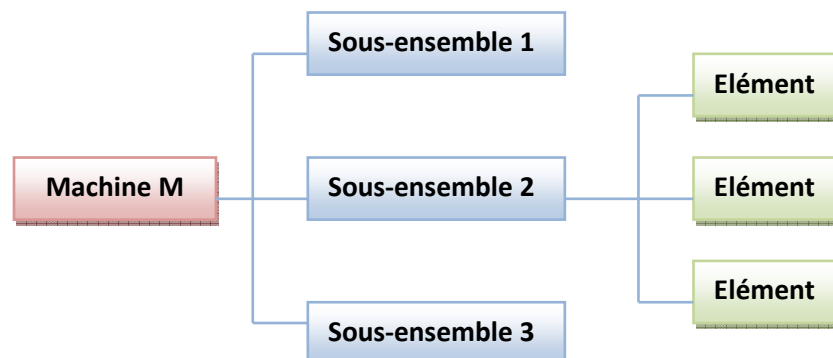
Elle consiste à poser clairement le problème, définir l'équipe puis le contenu et les limites de l'étude à mener et à réunir tous les documents et informations nécessaires à son bon déroulement.

##### 4.2-Etape 2 : Décomposition fonctionnelle

Permet 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.

##### Méthodes :

- ✚ Découpage du système.



- ✚ Identification des fonctions des sous-ensembles.
- ✚ Identification des fonctions des éléments.

##### 4.3-Etape 3 : Analyse AMDEC

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.



Le produit (*Fréquence*) x (*gravité*) x (*probabilité de non détection*) donne la *criticité*.

Plus que *C* est grand, le problème est critique

- **Phase d'analyse des mécanismes de défaillance :**

Identification des modes de défaillance.

Recherche des causes.

Recherche des effets.

- **Phase d'évaluation de criticité :**

Estimation du temps d'intervention.

Évaluation des critères de cotation.

Calcul de criticité

Criticité C

Elle permet de discriminer les actions à entreprendre et les calculer à partir de la gravité, la fréquence et de la probabilité de non détection

Gravité G :

C'est la gravité des effets de la défaillance

| Niveau de gravité     | Indice   | Définition  |
|-----------------------|----------|---|
| Gravité mineur        | <b>1</b> | <b>Défaillance mineure :</b><br>-arrêt de production de 1h à 6 heures.<br>-aucune dégradation notable du matériel                                       |
| Gravité moyenne       | <b>2</b> | <b>Défaillance moyenne:</b><br>-arrêt de production de 6h à 10 heures,<br>-remise d'état de courte durée ou une petite réparation sur place nécessaire. |
| Gravité critique      | <b>3</b> | <b>Défaillance moyenne :</b><br>-arrêt de production de 10h à 48 heures,<br>-changement du matériel défectueux nécessaire.                              |
| Gravité très critique | <b>4</b> | <b>Défaillance majeure :</b><br>-arrêt de production de 48 h à 7 jours<br>-production de pièces non conformes non détectées.                            |



|                        |          |  |
|------------------------|----------|--|
| Gravité catastrophique | <b>5</b> | <b>Défaillance catastrophique :</b><br>-arrêt de production supérieur à 7 jours.<br>- intervention nécessitant des moyens coûteux. |
|------------------------|----------|--|

### Fréquence d'apparition F ou Occurrence O :

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

| Niveau de fréquence   | Indice   | Définition   |
|-----------------------|----------|--|
| Fréquence très faible | <b>1</b> | <b>Défaillance rare :</b><br>Moins d'une défaillance par 4 ans |
| Fréquence faible      | <b>2</b> | <b>Défaillance possible :</b><br>Une défaillance par 2 ans     |
| Fréquence moyenne     | <b>3</b> | <b>Défaillance fréquente :</b><br>Une défaillance par an       |
| Fréquence forte       | <b>4</b> | <b>Défaillance très fréquente :</b> 1 panne par mois           |

### Non détection D :

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

| Niveau de probabilité de non détection | Indice   | Définition  |
|--|----------|---|
| Détection évidente                     | <b>1</b> | <b>Défaillance précocement détectable:</b><br>- détection à coup sur de la cause de défaillance                                 |
| Détection possible                     | <b>2</b> | <b>Défaillance détectable :</b><br>Signe avant cureur facilement détectable   |
| Détection improbable                   | <b>3</b> | <b>Défaillance difficilement détectable :</b><br>signe avant cureur de la défaillance difficilement détectable, peu exploitable |
| Détection impossible                   | <b>4</b> | <b>Défaillance indétectable :</b><br>Aucun signe avant cureur de la défaillance   |

Donc le tableau final de l'AMDEC aura la forme :

| <i>Organes</i> | <i>Fonctions</i> | <i>Mode de défaillance</i> | <i>Causes</i> | <i>Effets</i> | <i>F</i> | <i>G</i> | <i>D</i> | <i>C</i> | <i>Actions correctives</i> |
|----------------|------------------|----------------------------|---------------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------------------------|
|                |                  |                            |               |               |          |          |          |          |                            |

#### 4.4-Etape 4 : Synthèse

##### But :

Cette étape consiste à effectuer un bilan de l'étude et à fournir les éléments permettant de définir et lancer, en toute connaissance de cause, les actions à effectuer. Ce bilan est essentiel pour tirer vraiment partie de l'analyse.

##### Méthodes :

- Hiérarchisation des pannes à partir de l'indice de criticité en ordre décroissant.
- Liste des points critiques.
- Liste des recommandations.

#### **II). Processus de l'AMDEC :**

Le processus de l'AMDEC se résume comme suit (fig.15)

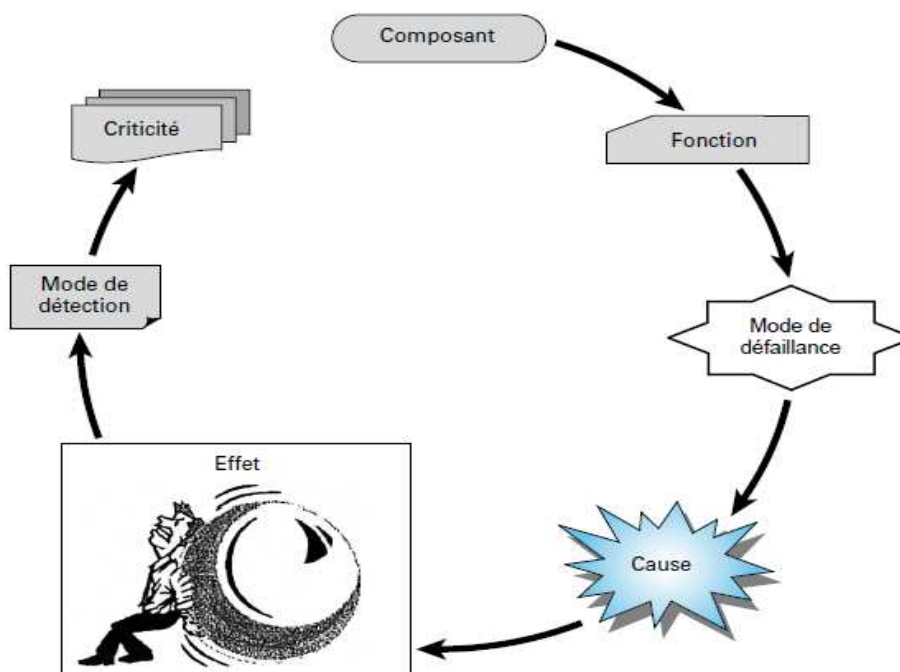


Figure 15 : Processus de l'AMDEC

## Etude AMDEC du tour à commande numérique :

### I. Composition d'une tour à CNC :

Cette machine-outil à commande numérique forme un ensemble comprenant :

-Une machine -outil, ou partie opérative, dont les mouvements fournis par des moteurs qui sont commandé par des automates, elle comprend :

- ❖ Un **socle**, très souvent en béton hydraulique vibré, assurant l'indépendance de la machine au sol.
- ❖ Un **bâti**, dont les larges glissières sont en acier traité.
- ❖ Un **support outil** (broche, torche, laser, jet d'eau...).
- ❖ Une **table support pièce**, mobile selon 2 ou 3 axes, équipée de système de commande à vis et écrou à bille. Le granit, ou le granit reconstitué, est utilisé pour la fabrication des tables et des bâtis des machines à mesurer tridimensionnelles des rectifieuses et de certains tours.
- ❖ Des **moteurs** chargés de l'entraînement de la table.
- ❖ Un **élément de mesure** ou capteur de position renseignant à tout moment sur la position du mobile sur chaque axe.

**Une armoire électrique** : (ou armoire de puissance) composée :

- ❖ D'un **automate programmable** gérant toutes les entrées-sorties.
- ❖ De **relais**.
- ❖ D'**électrovannes**
- ❖ D'un **simodrive** qui se compose de : deux cartes de régulation côté gauche et droit, chacune d'elle représente les axes X et Z, d'une carte d'alimentation et quatre cartes de puissances telle que chaque deux cartes de puissances sont reliées à une carte de régulation et qui représente un axe
- ❖ De **contacteurs 3TF** (1 par élément de machine : axes, broche)
- ❖ D'un **interrupteur général** avec sécurité.

**Une partie commande** : différente d'une machine conventionnelle constituée d'une armoire dans laquelle on trouve

- ❖ Le **pupitre** permettant de rentrer les commandes à l'aide d'un clavier.
- ❖ Le **lecteur de données** (ce lecteur peut être une option lors de l'achat de la machine).

- ❖ La sortie RS 232 pour les liaisons avec les périphériques externes.
- ❖ L'écran de visualisation de toutes les données enregistrées
- ❖ Le calculateur
- ❖ Les cartes électroniques (commandes d'axes, mémoire ...)
- ❖ La partie commande est alimentée par un courant faible et ne peut donc pas alimenter en direct les moteurs de la machine.

### **I. Application de l'AMDEC:**

#### **1) Découpage arborescent de la machine**

##### **1.1-Partie hydraulique:**

| Eléments        | Sous ensembles  |
|-----------------|---|
| Vérin           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Couvercles</li> <li>• Tige</li> <li>• Bague d'étanchéité</li> <li>• Piston</li> <li>• Corps</li> <li>• Orifices</li> <li>• Nettoyeur métallique</li> </ul> |
| Distributeurs   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Corps</li> <li>• Tiroir de commande</li> <li>• Solénoïde</li> <li>• Ressorts de rappel</li> </ul>  |
| Pompe à palette | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbre</li> <li>• Rotor</li> <li>• Carter</li> <li>• Palettes</li> </ul>  |

##### **1.2-Partie mécanique :**

| Eléments        | Sous ensembles  |
|-----------------|---|
| Boite à vitesse | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bâti</li> <li>• Couvercle</li> <li>• Engrenages</li> <li>• Arbre</li> <li>• Carter</li> <li>• Roulement</li> <li>• Joints</li> </ul> |

|                  |  |
|------------------|--|
| <b>Réducteur</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bâtie</li> <li>• Couvercle</li> <li>• Engrenages</li> <li>• Arbre</li> <li>• Carter</li> <li>• Roulement</li> <li>• Joints</li> </ul> |
| <b>Mandrin</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Corps</li> <li>• Mors</li> </ul>  |
| <b>Tourelle</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Corps</li> <li>• Outils</li> <li>• Loge outils</li> </ul>   |
| <b>Bâtis</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Paliers</li> </ul>  |

### 1.3-Partie électrique :

| ELEMENTS                  | SOUS ENSEMBLES   |
|---------------------------|--|
| <b>Moteur électrique</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stator bobiné</li> <li>• Rotor</li> <li>• Boite à borne</li> <li>• Arbre</li> <li>• Roulement</li> <li>• Flasque</li> <li>• Joint d'étanchéité</li> </ul>                     |
| <b>Armoire électrique</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contacteurs</li> <li>• Relais de protection</li> <li>• Disjoncteur</li> <li>• Fusible</li> <li>• Relais temporisés</li> <li>• Transformateurs</li> <li>• Automate.</li> </ul> |
| <b>Simodrive</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deux cartes de régulation</li> <li>• D'une carte d'alimentation</li> <li>• Quatre cartes de puissances</li> <li>• Onduleurs</li> </ul>  |

## 2) Les tableaux AMDEC:

### 2.1-Etude AMDEC de la partie hydraulique :

| Elément           | Fonction   | mode de défaillance                                  | cause de défaillance   | effet de défaillance  | Criticité |   |   |    |
|-------------------|--|--|--|---|-----------|---|---|----|
|                   |  |  |  |   | G         | F | D | C  |
| Pompe à huile     | Alimente le circuit hydraulique de commande            | Détérioration  | Cassure d'une dent   | Pas de commande de piston huile                               | 3         | 3 | 1 | 9  |
| Pompe             | Donner l'énergie hydraulique                           | Détérioration des joints                             | Contamination d'huile  | -Fuite<br>-Echauffement                                       | 3         | 2 | 1 | 6  |
| Vérin hydraulique | Transformer l'énergie hydraulique en énergie mécanique | Déformation de la tige                               | Grande effort  | Variation de niveau de l'huile                                | 1         | 1 | 1 | 1  |
|                   |  | Détérioration des joints intérieurs                  | Usure  | Rendement est insuffisant                                     | 3         |   | 1 | 6  |
|                   |  | -Pas de mouvement ou mouvement trop long<br>-Blocage | -Manque de pression<br>-Débit insuffisant<br>-Grippage<br>-Collage | Arrêt machine   | 1         | 4 | 2 | 8  |
| Filtre            | Assure la filtration d'huile                           | Colmatage  | Dépôt de débris  | -Interruption de l'aspiration d'huile<br>-Manque de puissance | 2         | 2 | 1 | 4  |
| Electrovanne      | Commander le distributeur                              | -Bouchage<br>-Grillage du contacteur                 | -Poussière<br>-Surtension  | Arrêt du vérin  | 2         | 3 | 3 | 18 |

|                                  |  |   |   |   |          |          |          |          |
|----------------------------------|--|---|---|---|----------|----------|----------|----------|
| <b>Moteur hydraulique</b>        | Transformer de l'énergie hydraulique en énergie mécanique                | -Bouchage<br>-puissance faible                                      | -Fluide contaminé<br><br>-manque de pression                              | -Blocages des aubes<br><br>-perte de fonction du moteur | <b>3</b> | <b>2</b> | <b>1</b> | <b>6</b> |
| <b>Distributeur</b>              | Commander la direction du fluide   | -Bouchage<br><br>-Grillage de la bobine<br><br>-blocage des tiroirs | -Fluide contaminé<br><br>-court circuit                                   | -Arrêt du circuit hydraulique<br><br>-perte de fonction | <b>3</b> | <b>2</b> | <b>1</b> | <b>6</b> |
| <b>Circuit pompe</b>             | Etablir la liaison hydraulique entre la pompe hydraulique et les organes | -Obturation<br><br>-Fuite   | Impuretés dues à l'usure des joints défectueux desserrés                  | Arrêt machine   | <b>2</b> | <b>1</b> | <b>1</b> | <b>2</b> |
| <b>Soupape de décompressions</b> | Sécurité en cas d'une grande pression                                    | -Blocage<br><br>-Obturation   | -Grippage<br><br>-Ressort cassé<br><br>-Impureté<br><br>-Usure des joints | Arrêt de la machine                                     | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>2</b> | <b>4</b> |
| <b>Limiteur de pression</b>      | Limiter la pression dans un circuit pour protéger le circuit hydraulique | Déclenchement à pression trop élevée ou trop faible                 | -Déréglage ou affaiblissement des ressorts<br><br>-Tarage trop élevé      | Détérioration des Conduites                             | <b>1</b> | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>2</b> |

## 2.2-Etude AMDEC de la partie mécanique

| Elément                | Fonction                                 | mode de défaillance                         | cause de défaillance   | effet de défaillance                        | Criticité |   |   |    |
|------------------------|--|---|--|---|-----------|---|---|----|
|                        |  |   |  |   | G         | F | D | C  |
| Arbres de transmission | Transmission du mouvement                | -Flexion de l'arbre<br>-usure<br>-fissure   | surcharge  | Arrêt de transmission de puissance          | 3         | 2 | 1 | 16 |
| Glissières             | Guider les Déplacements                  | Vibration                                   | -Usure   | Mauvais déplacement de la table             | 4         | 2 | 1 | 8  |
| Mandrin                | Fixation de la pièce ou de l'outil       | - Cassure d'un mors                         | Choc   | Arrêt d'usinage                             | 5         | 2 | 1 | 10 |
| Bâtis                  | Protection de la machine                 | -Usure normale<br>-Bruit                    | Ovalisation d'alésage portant les roulements   | -Détérioration des paliers<br>-Echauffement | 3         | 2 | 2 | 12 |
| Roulement              | Guider et assures la rotation d'un arbre | -Bruit<br>-Grippage<br>-Usure<br>-vibration | -Abrasion<br>-vitesse excessive<br>-ajustement très serré<br>-Manque de graissage<br>-laminage | -Arrêt de machine<br>-température élevée    | 2         | 4 | 2 | 16 |
| Chariot                | Mécanisme de déplacement                 | -Jeu<br>-Blocage                            | Manque de graissage  | Arrêt de la machine                         | 1         | 2 | 2 | 4  |



|                  |   |                              |   |  |   |   |   |   |
|------------------|---|------------------------------|---|--|---|---|---|---|
| <b>Tourelle</b>  | Assure les changements des outils   | Cassure                      | -Choc<br>-Mauvaise programmation  | Arrêt d'usinage                        | 5 | 1 | 1 | 5 |
| <b>Engrenage</b> | Assurer la transmission de mouvement (puissance)                                    | -Rupture de dent<br>-Fissure | -Fatigue de<br>-Manque de graissage   | Arrêt de la machine                    | 1 | 4 | 2 | 8 |
| <b>Réducteur</b> | -Réduire la vitesse<br>-Transmettre une puissance mécanique avec minimum des pertes |                              | -Fatigue<br>-Corps étrangers<br>-Vitesses excessives<br>-Manque de graissages | -Arrêt machine<br>-Vibration<br>-Bruit | 1 | 4 | 2 | 8 |

### 2.3- Etude AMDEC de la partie électrique:

| Elément                     | Fonction  | mode de défaillance      | cause de défaillance                 | effet de défaillance        | Criticité |   |   |    |
|-----------------------------|---|--------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-----------|---|---|----|
|                             |   |                          |                                      |                             | G         | D | F | C  |
| <b>Carte d'alimentation</b> | Assure l'alimentation du servomoteur                          | Grillage des résistances | -Surtension<br>-Problème de capacité | Arrêt complet de la machine | 3         | 4 | 3 | 36 |
| <b>Carte de puissance</b>   | Gère et régule les tensions venant de la carte de puissance   | Grillage                 | -Court circuit<br>-Surtension        | Arrêt de la machine         | 2         | 4 | 4 | 32 |
| <b>Carte de régulation</b>  | Réguler et filtrer la tension venant de la carte de puissance | Fatigue                  | Duré de vie                          | Tensions non filtrées       | 1         | 4 | 2 | 8  |

|                           |   |   |  |  |   |   |   |    |
|---------------------------|---|---|--|--|---|---|---|----|
| <b>Automate</b>           | Calcul les Paramètres d'usinage                   | Perte des données                         | Décharges des batteries (pile)   | arrêt de la machine                          | 1 | 5 | 1 | 5  |
| <b>Servomoteur</b>        | Assurer le déplacement du chariot porte outil     | Arrêt                                     | - Problème de carte de puissance défectueuse.<br>- Coupleur défectueux.<br>- Axe défectueux. | Impossible de relever la mesure de diamètre. | 2 | 4 | 2 | 16 |
| <b>Disjoncteur</b>        | Protection du circuit                             | Coupure                                   | Surcharge  | Circuit ouvert pas de signale                | 2 | 1 | 2 | 4  |
| <b>Contacteur 3TB48</b>   | Assurer une vitesse spécifique : 1000-1500 tr/min | Vieillessement                            | -Fusionnement du doigt de contact  | La machine ne s'arrête pas                   | 2 | 3 | 2 | 12 |
| <b>Carte 6FX1120 6BAO</b> | Assurer la communication dans la machine.         | Arrêt                                     | -Carte défectueuse.<br>-Eprom endommagé  | Arrêt complet de la machine.                 | 2 | 3 | 2 | 12 |
| <b>Ecran</b>              | Affichage des informations                        | Le circuit d'affichage n'est pas connecté | Surcharge  | Ecran hors usage, des informations erronées  | 1 | 4 | 1 | 4  |
| <b>Stator</b>             | Créer le champ tournant                           | -Vibration<br>-Bruit                      | défaut d'alignement du moteur.<br>-Accouplement déséquilibré.<br>-Roulement défectueux       | -Détérioration des paliers et des roulements | 3 | 2 | 3 | 18 |

|                    |                                |                          |                                |                                      |          |          |          |           |
|--------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|----------|----------|----------|-----------|
| <b>Le rotor</b>    | Entraîner les organes associés | Le moteur se bloc        | Manque d'une phase             | Arrêt d'un moteur                    | <b>3</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>18</b> |
| <b>Les paliers</b> | Guidage et support de rotor    | Détérioration            | -Graisse insuffisant<br>-Usure | -Frottement<br>-manque de lubrifiant | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>2</b> | <b>12</b> |
| <b>Arbre</b>       | Transmission du mouvement      | Fléchissement de l'arbre | -surcharge<br>-rupture         | Arrêt des organes associé            | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>1</b> | <b>6</b>  |

On classe les éléments selon leur criticité en ordre décroissant :

| Élément  | Criticité |
|--|-----------|
| carte d'alimentation                             | <b>36</b> |
| Carte de puissance                               | <b>32</b> |
| Rotor  | <b>18</b> |
| Stator   | <b>18</b> |
| Electrovanne                                     | <b>18</b> |
| Arbre de transmission,<br>roulement, servomoteur | <b>16</b> |
| Vérin  | <b>15</b> |

|  |    |
|--|----|
| Bâti, contacteur, les paliers,<br>CARTE 6FX1120                  | 12 |
| Mandrin  | 10 |
| Pompe à huile  | 9  |
| Carte de régulation, réducteur, engrenage,<br>Glissière          | 8  |
| moteur hydraulique , distributeur,<br>pompe, arbre               | 6  |
| Automate, tourelle   | 5  |
| Disjoncteur, écran, chariot, filtre, soupape<br>de décompression | 4  |
| Limiteur de pression, circuit pompe                              | 2  |

D'après le responsable maintenance et les techniciens de tour en fosse toutes les pannes qui ont une valeur de criticité inférieure ou égale à douze "12", l'entreprise peut les surmonter, les pannes qui ont une criticité supérieure à "12" doivent faire objet d'actions correctives afin d'empêcher la réapparition des pannes les plus critiques.

### **III). Les actions correctives :**

En général la gestion des actions correctives et préventives est l'une des charges de travail les plus lourdes pour toute organisation soucieuse de sa qualité. Les normes ISO et autres réglementations requièrent une approche systématique de la gestion des actions correctives et préventives. Chaque entreprise espère pouvoir se soustraire aux causes fondamentales nécessitant des actions correctives mais la réalité est que les défauts, déclenchent le besoin d'une application de gestion d'actions correctives.

Les entreprises recourent à l'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance leurs Effets et leur Criticité), cette méthode permet d'identifier les modes de

défaillances et leurs effets sur le fonctionnement global de l'installation, respectent certains critères pour la gestion des actions correctives et préventives :

1/pièces de rechanges :

- Définir et prendre les mesures nécessaires pour réduire l'usure de ces pièces.
- Vérifier les conditions de stockage de ces pièces de rechanges.

2/Diminuer des stocks de fournitures industrielles :

-l'entreprise doit avoir juste le nécessaire pour assurer le bon fonctionnement de la production tout en minimisant la valeur ainsi immobiliser.

3/Reporter des investissements :

L'entreprise qui souhaite augmenter sa production doit d'abord améliorer sa maintenance et la fiabilité de son outil de production avant d'investir dans une nouvelle installation.

### Les actions à suivre pour réduire la réapparition des pannes :

#### ✓ Partie mécanique :

Pour les équipements de la partie mécanique, la majorité des pannes sont dues au vieillissement des composantes de la machine. Pour cela un stock de sécurité paraît indispensable pour éviter tout arrêt de la machine.

#### ✓ Partie hydraulique :

Dans la partie hydraulique le lubrifiant regroupe les impuretés dans le réservoir. Pour cette raison in faut :

- Nettoyer le réservoir avant le remplissage.
- Rendre étanche tous les passages de tuyauteries ou les accessoires à fin de réduire au maximum l'introduction de corps étranger dans le réservoir.
- Remplir le réservoir à sa contenance maximale avec le fluide hydraulique recommandé. Compléter le niveau d'huile dans le réservoir après mise en service de la machine.

#### Soupape de graissage :

Le graissage entre les roues des essieux et les galets d'entraînement est assuré par les soupapes. Pour changer l'huile de graissage il faut donc :

- Purger le circuit d'air comprimé.
- Démonter puis remonter le composant en suivant les consignes du constructeur.
- Régler la soupape en se référant au dossier de la machine.

Mettre sous pression et essayer

### ✓ Partie électrique :

D'après le tableau de classification des éléments selon leur criticité, les cartes électriques sont classées parmi les pannes les plus critiques. Pour cette raison nous avons recommandé mettre en place pour ces organes une maintenance prédictive pour limiter la fréquence d'apparition de ces défaillances. Pour cette raison il est recommandé de :

- Eviter le dépôt de la poussière sur les composants électroniques du moniteur le filtre est placé avant la conduite d'aspiration et un autre après la conduite de refoulement sur les portes des armoires.

- Effectuer un control périodique des résistances de protection.

- Mettre des petits circuits de stabilisation, des onduleurs par exemple, pour garder la stabilisation de la tension à l'entrée des cartes.

- Inspectez les câblages, les relais et les compteurs de façon périodique.

Parmi les éléments critiques on trouve le Servomoteur. Il assure le mouvement du chariot porte outil soit dans le sens X ou Z. Si ce dernier est en panne, il est impossible d'effectuer l'usinage. Pour assurer un bon fonctionnement il faut :

- Installer des stabilisateurs des tensions pour éviter les chutes de tensions.

- Installer des ventilateurs externes ou des moteurs extracteurs pour aspirer l'air chaud pour le refouler à l'extérieur dont le but d'éviter l'excès d'échauffement.

- Assurer une bonne liaison entre les servomoteurs et leurs cartes.

# Conclusion

L'étude AMDEC nous a permis de déterminer la criticité des éléments composants le tour en fosse, de cerner les pannes les plus critiques en priorisant les interventions d'amélioration continue et par suite de définir les actions à entreprendre pour éliminer les défaillances, réduire leurs effets et pour en empêcher les causes

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 a permis pour le centre de maintenance de l'ONCF une garantie supplémentaire de l'amélioration de ses performances.

Les difficultés rencontrées pendant la réalisation de notre projet, nous ont permis d'acquérir un esprit de synthèse, et de trouver les bonnes solutions aux problèmes rencontrés.

# Bibliographie

- ❖ Cours de maintenance de Monsieur Chafi LST G.I (2010) FST, Fès
- ❖ Historiques de la société
- ❖ Principe AMDEC : <http://www.piloter.org/qualite/amdec.htm>
- ❖ Manuel : mise en service CNC,SINUMERIQUE.27/09/05, Edition 02.88