

*Faculté des Sciences et Techniques de Fès*



*Département de Génie Industriel*



*LST de Génie Industriel*

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

Amélioration du plan de la maintenance  
à l'aide de l'étude AMDEC sur la  
machine DEMAG D-150

**Lieu : CEAC de FES**

**Référence : 05 / 13 GI**

**Préparé par :**

- RAIS MARIAME
- ELBANNOUNI FATIMA-ZAHRA

**Soutenu le Juin 2013 devant le jury composé de :**

- Pr. H. BINE EL OUIDANE (Encadrant FST)
- Pr. A. ENNADI (Examineur FST)
- Pr. A. CHAMAT (Examineur FST)
- Mr. O. ELHAMDAOUI (Encadrant Société)

## SOMMAIRE

<i>Remerciements</i> .....	5
<i>Introduction Générale</i> .....	6
<b>chapitre 1</b> :représentation de la société et du projet .....	8
<b>I. Présentation de la société:</b> .....	8
1. Historique :.....	8
2. Organigramme :.....	9
3. Activités:.....	10
4. Renseignements généraux:.....	10
5. Description des ateliers.....	11
6. Ressources humaines:.....	12
<b>II. La problématique : Définir le projet</b> .....	13
<b>III. Cahier des charges :</b> .....	13
<b>Chapitre 2</b> :Etude de la disponibilité des machines.....	15
<b>I. Disponibilité actuelle des machines de l'atelier d'injection</b> .....	15
<b>II. Calcul des indicateurs de la maintenance :</b> .....	17
1. Le MTBF: Mean Time Between Failure .....	18
2. Le MTTR: Mean Time to Repair .....	19
3. Taux de disponibilité .....	20
<b>Conclusion :</b> .....	21
<b>Chapitre 3</b> :Etude AMDEC .....	22
<b>I. Présentation de l'étude :</b> .....	23
1. Définition : .....	22
2. Méthodologie :.....	22
<b>II. Application de l'étude AMDEC</b> .....	25
1. Décomposition matérielle de la machine.....	26
2. Décomposition fonctionnelle de la machine.....	27
3. Classement des pannes De la machine DEMAG par l'analyse PARETO : ...	29
4. Fiche analytique d'AMDEC : .....	29
5.Synthese:.....	31
<b>Chapitre 4</b> :Actions amélioratives.....	32
1. Identifier les conditions d'utilisation du matériel : .....	32
2. Présenter des actions correctives : .....	36
3. présenter des actions préventives : .....	36
<b>Conclusion générale</b> .....	39
<b>Bibliographie</b> .....	41
<b>Annexe –A-</b> .....	42

<b>Annexe –B-</b> .....	43
<b>Annexe –C-</b> .....	44
<b>Annexe –D-</b> .....	45

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Calcul des indicateurs de la maintenance.....	20
Tableau 2 : Analyse PARETO.....	29
Tableau 3 : Résultat de l'étude.....	31
Tableau 4 : Plan de lubrification.....	38
Tableau 5 : Mode opératoire du changement de moule.....	39

## Listes des Figures

Figure 1 : Organigramme .....	10
Figure 2 : Implantation géographique de la société .....	11
Figure 3 : pièces constitutives du compteur monophasé deux fils .....	13
Figure 4 : Ressources humaines de la société.....	13
Figure 5 : Diagramme Machine DEMAG 200-840 compact .....	16
Figure 6 : Diagramme Machine DEMAG 100-450.....	16
Figure 7 : Diagramme Machine DEMAG 150-450.....	17
Figure 8 : Diagramme Machine DEMAG 200-840 compact.....	17
Figure 9 : Presse à injecter DEMAG D150.....	18
Figure 10 : schéma de calcul du MTTR .....	19
Figure 11 : Démarche de l'étude AMDEC .....	24
Figure 12 : schéma représentatif de la presse à injecter .....	26
Figure 13 : Diagramme Pieuvre .....	28
Figure 14 : Diagramme Pareto des éléments de la machine DEMAG D150 .....	30
Figure 15 : Manutention manuelle du moule suspendu.....	34
Figure 16 : Système de blocage mécanique .....	36

## Remerciements



*Au terme de notre projet de fin d'études, nous exprimons notre profonde gratitude à Monsieur le Doyen de la FST, tout le cadre administratif et professoral pour leurs efforts considérables, spécialement le département Génie industriel en témoignage de notre reconnaissance.*

*Nous adressons, aussi nos sincères considérations à Monsieur KOUHEN, Directeur Général de CEAC FES ; Mr. Omar notre parrain industriel, pour nous avoir donné l'opportunité de passer ce stage dans les meilleures conditions de professionnalisme, matérielles et morales, et pour ses directives et conduites dont il nous avait épargné à chaque fois qu'il était sollicité.*

*Notre gratitude s'adresse également à Mr. BINE EL OUIDANE pour son encadrement pédagogique très consistant ainsi que pour l'intérêt avec lequel il a suivi la progression de notre travail, pour ses conseils efficaces, ses judicieuses directives et pour les moyens qu'il a mis à notre disposition pour la réussite de ce travail tout au long de notre période de projet.*

*Nous remercions, également les membres de jury d'avoir accepté d'évaluer notre travail.*

*Nos sincères remerciements vont aussi à toutes les personnes du service production et maintenance, pour leur soutien et leur encouragement, notamment Mr SADOUK,*

*Vers la fin, il nous est très agréable d'exprimer toutes nos reconnaissances à l'ensemble du personnel de CEAC : cadres, employés et opérateurs pour leur soutien, leur aide et, surtout, pour leur sympathie. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde reconnaissance et notre profond respect.*

## *Introduction Générale*

La presse à injection de Bakélite : La machine permettant de produire des pièces en Bakélite par le procédé de moulage à injection est l'élément principal dans le service production de CEAC ce qui implique chaque arrêt ou panne non programmé peut paralyser le système productif.

Notre projet de fin d'étude consiste à faire une étude AMDEC « Analyse de Mode de Défaillances de leurs Effets et de leurs Criticité » sur la presse à injecter, elle a pour objectif de cerner les pannes les plus critiques afin d'empêcher leur réapparition, ce qui va nous permettre d'améliorer le rendement de la machine et de réduire le temps improductif.

La présentation du rapport s'articule sur quatre chapitres. Le premier est consacré à la présentation de la société CEAC FES. Ce chapitre intègre également le cahier des charges du problème. La disponibilité des machines de l'atelier d'injection est présentée dans le deuxième chapitre. Le troisième chapitre traite les approches AMDEC et son application sur la machine critique. Les propositions relatives à l'amélioration de différentes actions de la maintenance sont exposées dans le quatrième et dernier chapitre. Enfin nous terminerons par une conclusion générale dans laquelle sont rassemblés les principaux résultats obtenus de notre travail.

## *Chapitre 1 :*

# *Représentation de la société et du projet*

### **Introduction :**

Pour mettre en situation la problématique de notre projet, nous commencerons par une présentation de la société CEAC FES, ainsi une description de ses ateliers. En second lieu nous expliciterons la problématique en se basant sur la méthode QQQQCP. Enfin, nous définirons le plan selon le cahier des charges.

## **I. Présentation de la société:**

### **1. Historique :**

Créée en 1979, CEAC (Constructions Electriques Appareillages de Comptage), société anonyme au capital de 11 millions de dirhams, a démarrée sa production en 1982 par fabrication des compteurs monophasés de type DE4 et triphasés de type GH sous licence Ganz (HONGRIE).

Suite au rachat de Ganz par Schlumberger Industries en 1990, CEAC a lancée la fabrication sous licence Schlumberger, du compteur monophasé de type H10 en 1996 puis celle du compteur de type C114 en 1998.

En 1999, CEAC a démarrée la fabrication du compteur monophasé M2XS4, prévu dans un premier temps pour l'ONE.



## 2. Organigramme :

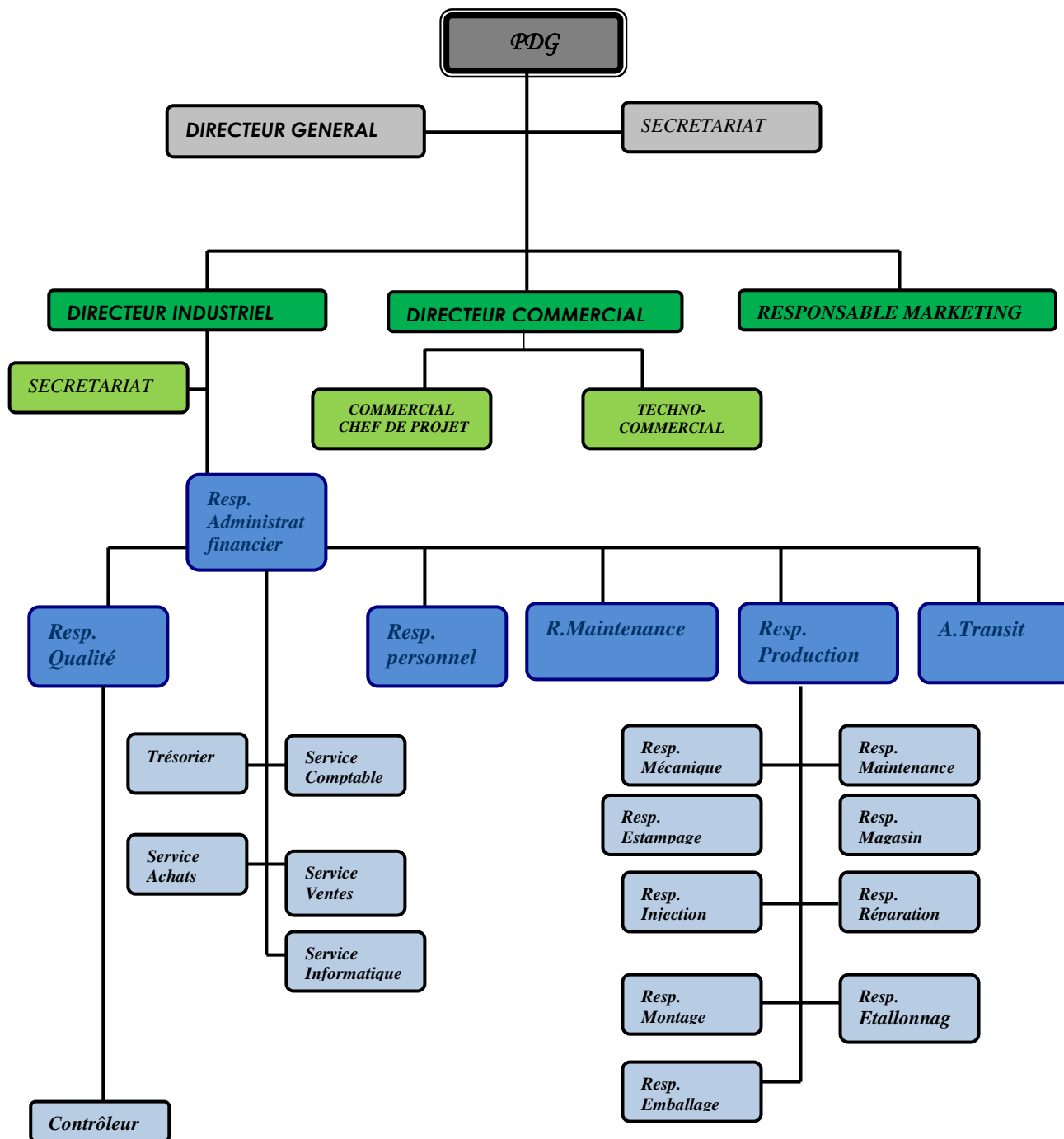


Figure 1 : Organigramme de la société

### 3. Activités:

#### a. Activités principales:

Fabrication des compteurs d'énergie électrique active basse tension monophasée 2fils et triphasés 4fils.

#### b. Activités secondaires:

- Maintenance des compteurs numériques Spectral
- Services dans l'environnement du compteur : ventes et maintenance des TSP (Terminaux de Saisie Portable), systèmes de télé relèvement, gestion de la clientèle,...

### 4. Renseignements généraux:

#### a. Organisation interne :

Les différents services de CEAC s'articulent autour de deux directions :

La direction Générale dont le siège à Rabat ;

La direction Industrielle à l'usine de Fès.

#### b. Implantation géographique :

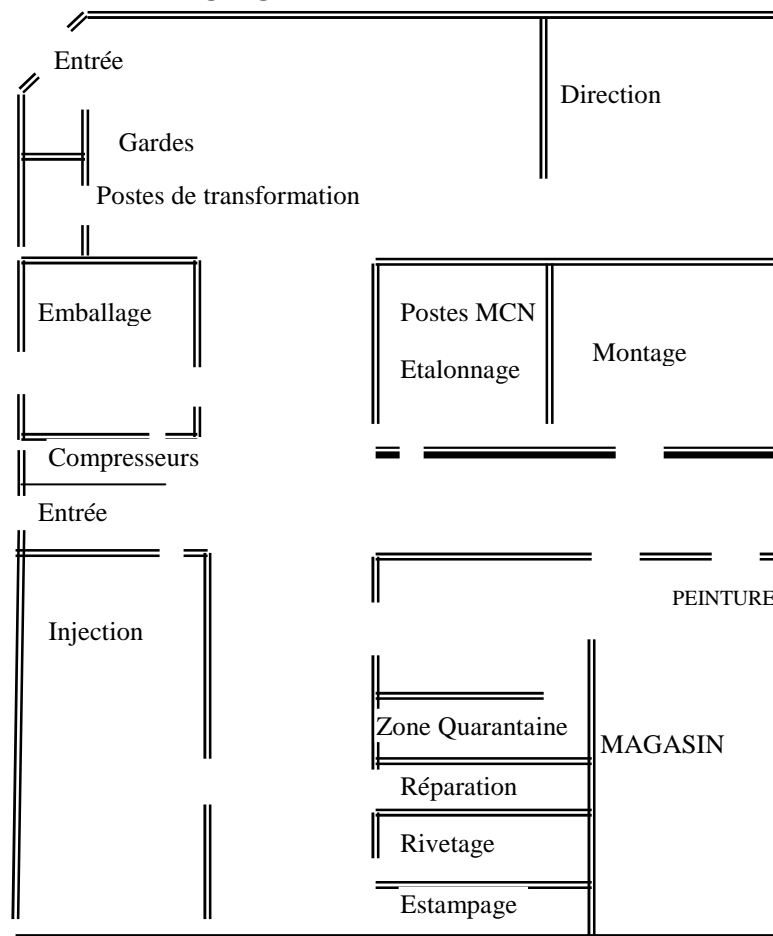


Figure 2 : Implantation géographique de la société

## 5. Description des ateliers

### ➤ Atelier d'injection :

Dans l'atelier d'injection on a trois générations de machines qui font la même opération. Ces machines s'appellent les presses d'injection. Elles servent à fabriquer des pièces par la transformation de la matière Bakélite d'une carcasse très dure et résistante à l'eau.

Cet atelier contient plusieurs machines autre que les presses : utilisées pour le refroidissement du capot, pour l'échauffement d'huile à une valeur très précise et pour insérer des visses, donc elles possèdent trois installations :

- Air sous pression
- Eau sous pression
- Courant électrique

### ➤ Atelier d'estampage et rivetage :

Dans l'atelier d'estampage se déroule le découpage des tôles magnétiques fabriqués d'un alliage de cuivre appelé le laiton, il se fait en petites pièces, par l'intermédiaire d'un outil (la grignoteuse).

Ces pièces se récupèrent et s'arrangent dans des caisses appropriées pour les envoyer à l'atelier de rivetage ou se passe leurs assemblage, à l'aide des manettes, pour obtenir des noyaux de tensions et de courants.

### ➤ Atelier de montage :

Cet atelier est considéré comme le cœur de l'usine, c'est le lieu où les éléments des compteurs monophasés et triphasés sont rassemblés. Ces pièces sont montrés sur la figure trois.



**Figure 3: Les pièces constitutives du compteur monophasé 2 fils**

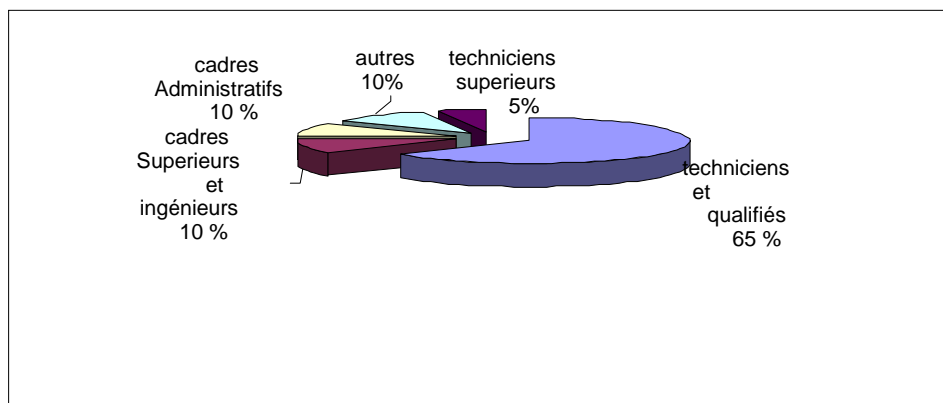
#### ➤ Atelier d'étalonnage :

Pour garantir la qualité des compteurs, la société se base sur une procédure de contrôle appelé étalonnage. Cette opération consiste à déterminer les valeurs des erreurs des compteurs en faisant varier les différents paramètres qui sont la tension, l'intensité et l'angle de déphasage. Son principe consiste à faire une comparaison entre le compteur produit et autre étalon électronique qu'on peut le considérer comme un calibre.

Enfin le compteur s'envoie à l'atelier d'emballage afin d'être livré à la régie spécifiée. Le compteur qui présente une anomalie est transmis à l'atelier de réparation.

#### 6. Ressources humaines:

Le personnel de CEAC a pour son activité comptage (Production et Administration) se répartit comme suit:



**Figure 4 : Ressources humaines de la société**

## II. La problématique : Définir le projet

L'application de la méthode **QOOQCP** va nous permettre de bien cadrer et définir le problème pour faciliter la maîtrise de notre sujet afin de trouver des bonnes solutions.

Cette méthode consiste à répondre d'une manière successive aux questions suivantes :

**QUOI ?** Etudier la disponibilité des machines à l'atelier d'injection, les problèmes qui mènent à la dégradation de la production et faire des propositions d'amélioration de la fonction de la maintenance.

**QUI ?** Le problème concerne au premier lieu service maintenance et production.

**OU ?** Atelier d'injection

**QUAND ?** Depuis une année.

**COMMENT ?** Chercher les causes possibles et principales qui présentent un obstacle à la bonne démarche de la production.

**POURQUOI ?** Pour optimiser la production et avoir un bon fonctionnement de service maintenance.

## III. Cahier des charges :

**Objet :** Amélioration et optimisation du plan de la maintenance préventive de la machine critique dans l'atelier d'injection au sein de la société CEAC.

### **Mission :**

1. Analyser l'état actuel de l'atelier d'injection et détecter les problèmes de disponibilité.
2. Justifier le choix de la machine critique à étudier, en se basant sur le calcul des indicateurs de la maintenance.
3. Appliquer la méthode AMDEC.
4. Améliorer le planning de la maintenance pour la machine critique.

### **Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons décrit l'organisme d'accueil, ainsi que le processus de fabrication des compteurs électriques, en plus du plan à suivre pour réaliser notre projet.



## *Chapitre 2:*

# *Etude de la disponibilité des machines*

### **Introduction :**

Dans ce chapitre nous nous baserons sur la disponibilité des machines de l'atelier d'injection fournit par le service maintenance. Par la suite, nous effectuerons une étude de leur disponibilité actuelle afin de focaliser notre étude sur la machine la plus critique.

## I. Disponibilité actuelle des machines de l'atelier d'injection

Les tableaux (voir l'annexe –A-) fournis par le service maintenance ont pour but de sélectionner, dans une population, les machines les plus représentatifs en regard d'un critère mesurable. Généralement cette sélection sera effectuée pour simplifier l'étude du problème en retenant la machine la plus critique (qui a un problème de disponibilité et qui tombe souvent en panne) :

### ➤ DEMAG Ergotech 200 – 840 compact

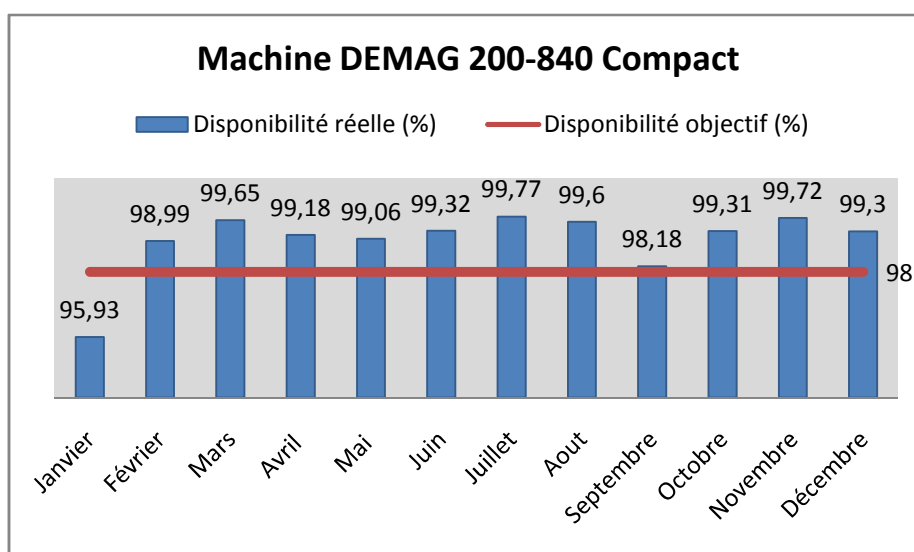


Figure 5 : Machine DEMAG 200-840 Compact

### ➤ DEMAG D100 - 452

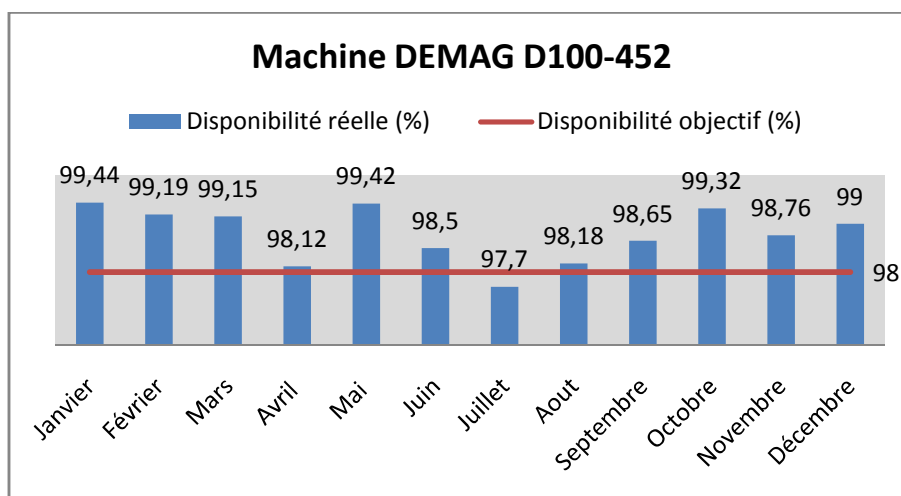


Figure 6 : Machine DEMAG 100-452

## ➤ DEMAG D150 – 452

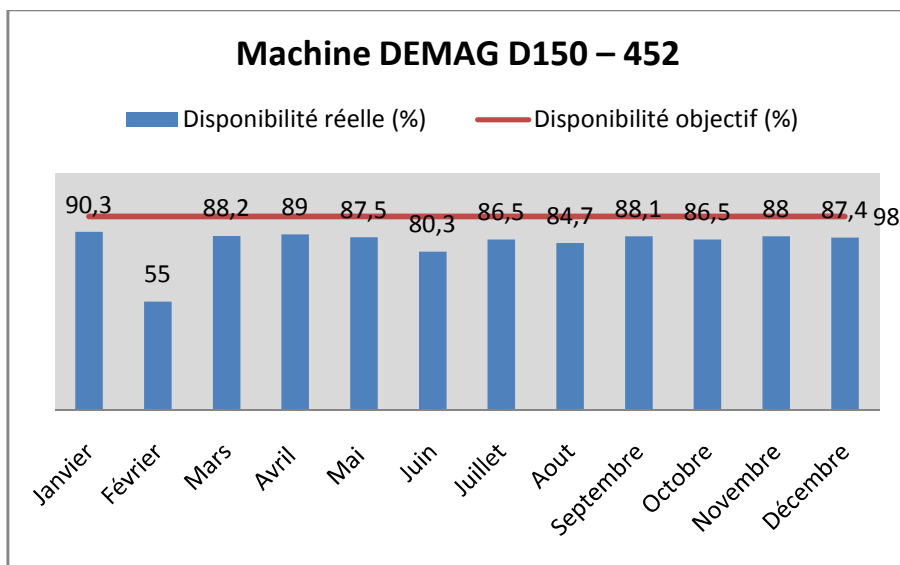


Figure 7 : Machine DEMAG 150-452

## ➤ DEMAG 200 – 840 compact

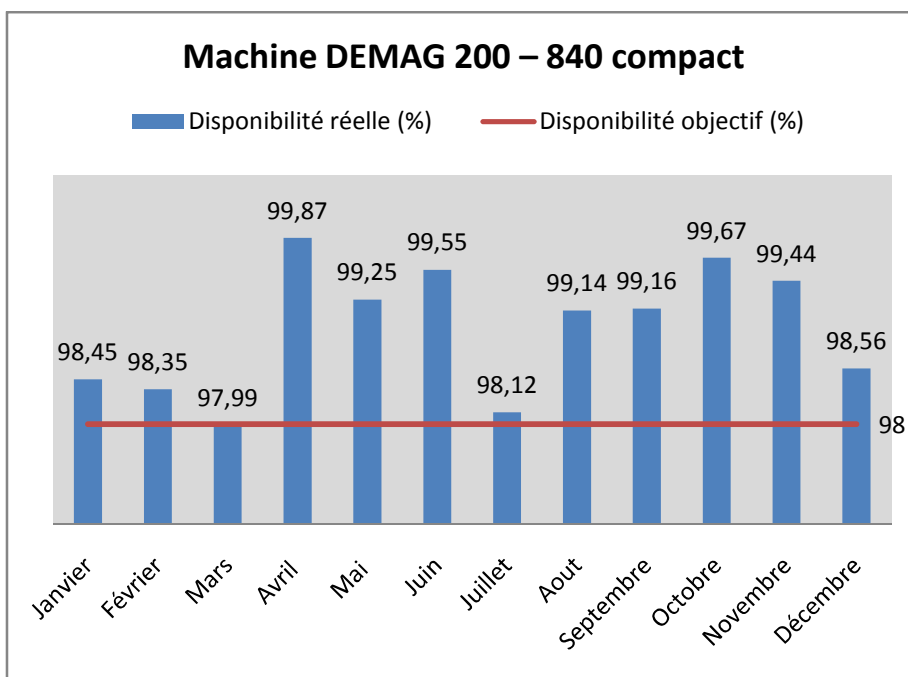


Figure 8 : Machine DEMAG 200-840 compact



### Interprétation des diagrammes ci-dessus :

Après avoir analysé la disponibilité réelle on a constaté qu'elle dépasse largement celle de l'objectif des machines dans cet atelier à partir des histogrammes ci-dessus.

Or la machine « DEMAG D150 – 452 » que vous trouverez ci -dessous figure 9 n'atteint même pas l'objectif fixé par l'entreprise, donc c'est la plus critique parmi les 4 machines.



**Figure 9 : La presse à injecter DEMAG D-150**

Pour confirmer les résultats obtenus précédemment, on a décidé de recalculer les indicateurs de maintenance pour cette machine afin de bien s'assurer de son état actuel.

### ***II. Calcul des indicateurs de la maintenance :***

Afin d'auditer l'état de la maintenance, pour évaluer les points d'amélioration sur lesquels on va travailler, il est nécessaire de "mesurer la maintenance". Pour cela, il existe des indicateurs pertinents basés sur plusieurs aspects :

- Des aspects économiques.
- Des aspects temporels.
- Des ratios de taux de maintenance.

Nous allons ici vous présenter les différents indicateurs propres à la maintenance, qui servent à calculer le taux de disponibilité de la machine étudiée.

### 1. Le MTBF: Mean Time Between Failure

Le MTBF signifie "**temps moyen entre deux pannes**". Cela traduit très clairement la fiabilité d'un matériel. En effet, il caractérise l'intervalle moyen sur une période donnée entre deux interventions de maintenance corrective. Pour le mesurer, le plus simple est de répertorier les arrêts non prévus de la production, ou les interventions de maintenance correctives (ce qui revient au même) et de diviser ce nombre par l'intervalle total de l'analyse.

$$\text{MTBF} = \text{Somme des temps de bon fonctionnement} / \text{nombre de pannes}$$

*N.B : La somme des temps de bon fonctionnement inclut les temps d'arrêt programmés hors défaillance et les temps de micro arrêts.*

### 2. Le MTTR: Mean Time to Repair

Le MTTR signifie "**temps moyen de réparation d'une panne**". Cet indicateur permet de caractériser la gravité d'une panne et la difficulté de résolution qui en découle. Pour le mesurer, il est nécessaire de répertorier les interventions de maintenance corrective sur un équipement et plus particulièrement le temps mis pour chaque intervention.

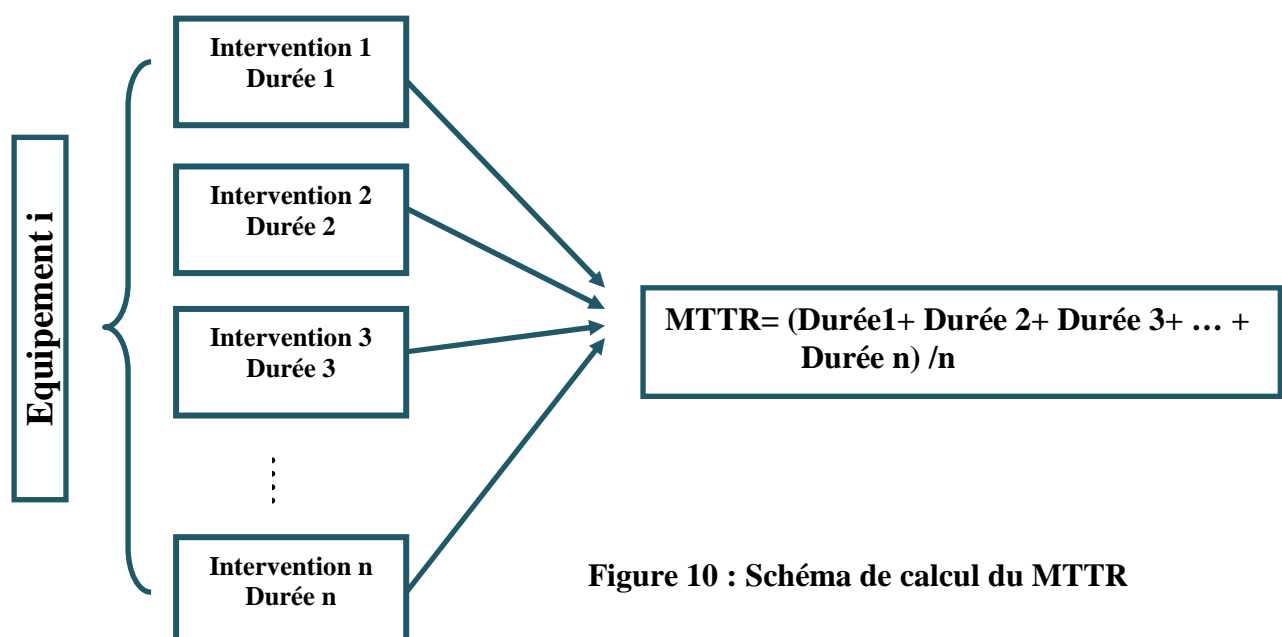


Figure 10 : Schéma de calcul du MTTR

Il est calculé en additionnant les temps actifs de maintenance ainsi que les temps annexes de maintenance, le tout divisé par le nombre d'interventions.

$$\text{MTTR} = \text{Temps d'arrêt total} / \text{nombre de pannes}$$

### 3. Taux de disponibilité

La notion de disponibilité exprime la disponibilité qu'une entité soit en état de « disponibilité » dans les conditions données à un instant donné.

La disponibilité, ou taux de disponibilité est le rapport du Temps de fonctionnement / (Temps de fonctionnement + Temps propre d'indisponibilité).

La disponibilité s'exprime en fonction des indicateurs précédents de la manière suivante :

$$\text{Disponibilité} = \text{MTBF} / (\text{MTTR} + \text{MTBF})$$

Après avoir analysé la machine, sa fonctionnalité et ses différents composants, ainsi les défaillances qu'elle rencontre pendant son fonctionnement, on a travaillé sur un historique des pannes d'une année, du « Janvier 2012 » à « Décembre 2012 ».

Période	Temps d'ouverture	Temps d'arrêts	Nombre de pannes	MTBF (h)	MTBF objectif	MTTR	Disponibilité En (h)	Disponibilité en %
Janvier12	715	19	10	69.6	88.81	8.63	0.89	89 %

Voir l'annexe –B-

**Tableau 1 : calcul des indicateurs de maintenance**

- Calcul du MTBF : 
$$\text{MTBF} = \frac{715-19}{10} = 69.6 \text{ (h)}$$
- Calcul du MTBF objectif :

Pendant toute la journée 3équipes qui travaillent, chacune pendant 8h, ce qui donne à peu près 23.5h de travail sans arrêt, alors 728.5 (h) par mois.

Par ailleurs le nombre moyen des pannes c'est 8, alors que le temps d'arrêt moyen n'est que 8h par mois.

D'après la formule avec laquelle on calcule le MTBF, on trouve le MTBF objectif :

$$\text{MTBF objectif} = \frac{728.5-8}{8} = 88.81 \text{ (h)}$$

➤ Calcul du MTTR :  $MTTR = \frac{86.3}{10} = 8.63 \text{ (h)}$

➤ Calcul de la disponibilité :  $Disponibilité = \frac{69.6}{(69.6+8.63)} = 0.89(h)$

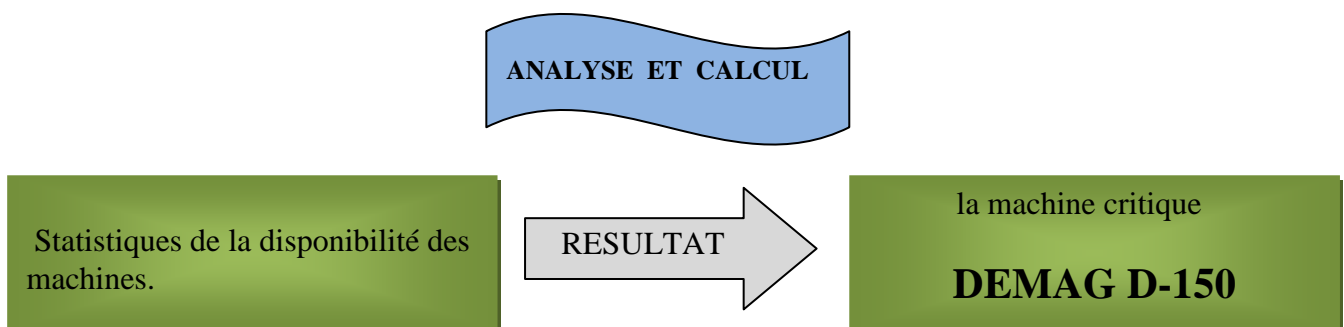
### Interprétation :

Sachant que MTBF caractérise l'intervalle moyen sur une période donnée entre deux interventions de maintenance, et d'après ce tableau cet intervalle paraît réduit devant MTBF objectifs ce qui justifie le nombre élevé des pannes et par la suite on peut dire que cette machine n'est plus fiable.

Comme le MTTR caractérise la gravité d'une panne et la difficulté de résolution qui en découle, on peut confirmer d'après son calcul qu'il ne représente pas une telle gravité alors il en résulte que le fait de respecter des actions correctives bien définies d'une manière stricte, va résoudre le problème facilement.

### Conclusion :

En résumant ce qu'on a fait dans ce chapitre dans le schéma :



## *Chapitre 3 :* *L'étude AMDEC*

### **Introduction :**

Dans ce chapitre on va essayer de faire sortir les éléments critiques pour la machine DEMAG D-150 suivant l'étude AMDEC « Analyse des modes de défaillances de leurs effets et leurs criticité », dans laquelle on va traiter les modes de défaillance, leurs causes et leurs effets, ainsi que l'utilisation du diagramme PARETO pour classer ces éléments afin de chercher des solutions adéquates.

## ***I. Présentation de l'étude :***

### ***1. Définition :***

Les approches telles que l'inspection et le contrôle du produit ainsi que le contrôle statistique des procédés sont insuffisantes pour résoudre, prévenir et éviter les problèmes qui peuvent apparaître ultérieurement dans les différents systèmes du processus d'affaires d'une entreprise. Parmi les outils et techniques de prévention des problèmes potentiels, la méthode AMDEC s'avère une méthode simple et très efficace.

AMDEC est l'acronyme de « Analyse des modes de défaillances, de leurs effets et leur criticité ». Cette technique a pour but d'étudier, d'identifier, de prévenir ou au moins de réduire les risques de défaillances d'un système, d'un processus et d'un produit.

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

### ***2. Méthodologie :***

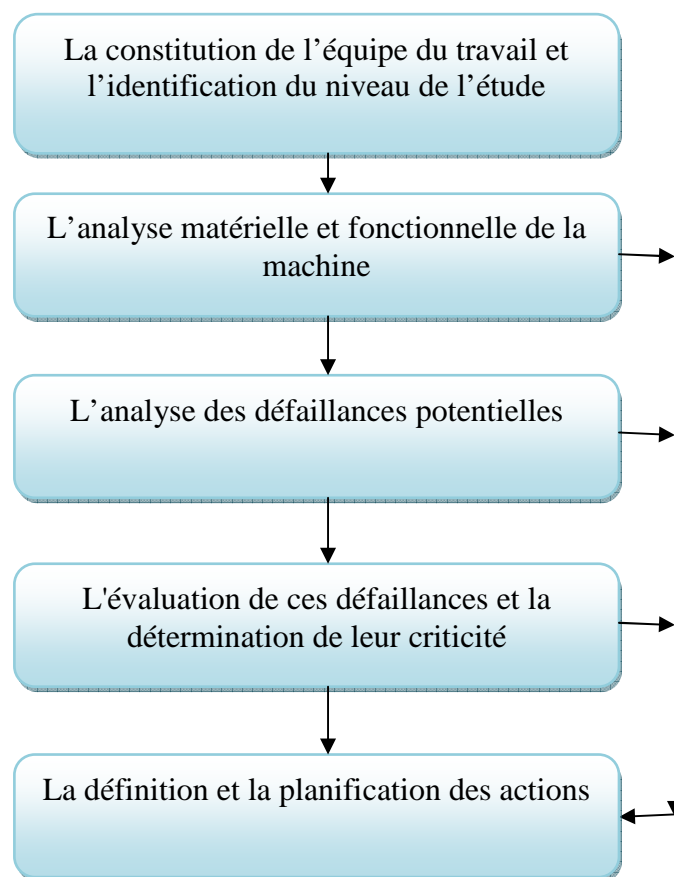
Pour garantir un résultat acceptable, la réalisation d'une AMDEC doit avant tout s'inscrire dans une démarche d'analyse du système.

La méthode se base sur la question suivante : comment notre machine ne peut assurer correctement sa fonction ?

Les réponses à cette question sont nos modes de défaillances pour la machine. On s'interroge ensuite : quels sont les causes probables, quels sont les effets ?

La méthode AMDEC comporte 5 étapes successives.

La démarche est la suivante :



**Figure 11 : La démarche de l'étude AMDEC**

## **2.1 Étape 1 : La constitution de l'équipe du travail et l'identification du niveau de l'étude**

- Définition du champ d'application
- Définition de la phase de fonctionnement
- Constitution d'un groupe de travail

## **2.2 Étape 2 : L'analyse matérielle et fonctionnelle de la machine**

- Découpage du système
- Identification des fonctions des sous-ensembles
- Identification des fonctions des éléments

Pour bien analyser ces fonctions de la machine, on a choisi d'appliquer la méthode ci-dessus :

- *L'Analyse fonctionnelle de la machine :*

- **Définition de l'AFNOR :**

Selon la norme AFNOR (NF X 50-151), l'analyse fonctionnelle est une démarche qui consiste à **recenser**, **caractériser**, **ordonner**, **hiérarchiser** et **valoriser** les fonctions du produit attendu par l'utilisateur.

- L'analyse fonctionnelle du besoin (analyse fonctionnelle externe)

L'Analyse du besoin cherche à caractériser le besoin exprimé. Elle permet de préciser les véritables services à rendre et de poser le problème à son plus juste niveau.

Cette analyse se fait à l'aide d'un diagramme appelé Pieuvre.

### **2.3Étape 3 : L'analyse des défaillances potentielles**

- Identification des défaillances
- Identification des modes de défaillances
- Recherche des causes
- Recherche des effets
- Recensement des détections

### **2.4Étape 4 : L'évaluation de ces défaillances et la détermination de leur criticité**

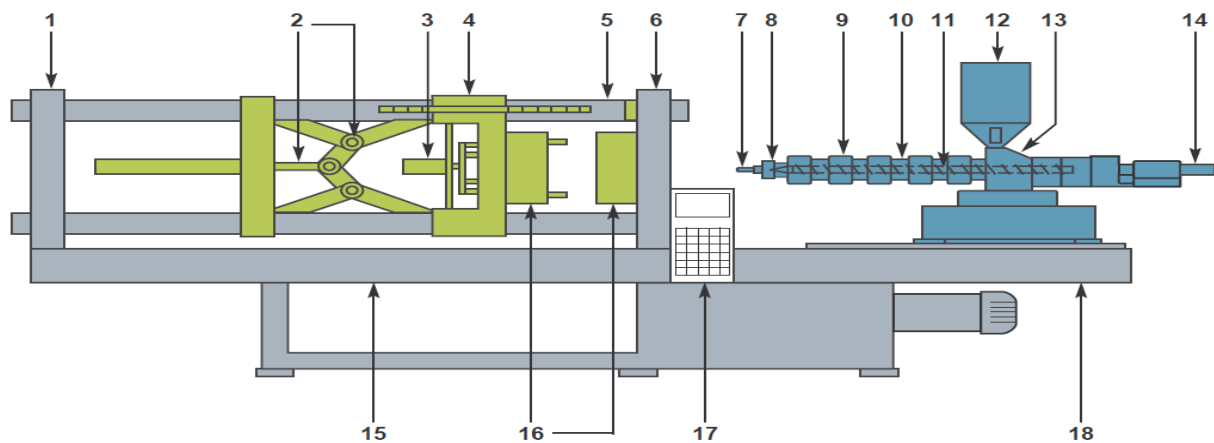
- Etablir les grilles de cotations (voir annexe – C-)
- Calcul de la criticité
- Hiérarchisation des modes de défaillances
- Etablir une liste des points critiques

### **2.5Étape 5 : La définition et la planification des actions**

- Classifier les éléments selon leur criticité
- Déterminer l'impact et l'efficacité des actions à améliorer.

Avant de passer à l'application de l'étude, on a représenté cette machine sous un schéma matériel présenté dans la figure ci-dessus :





**Figure 12 : Schéma représentatif de la presse à injecter**

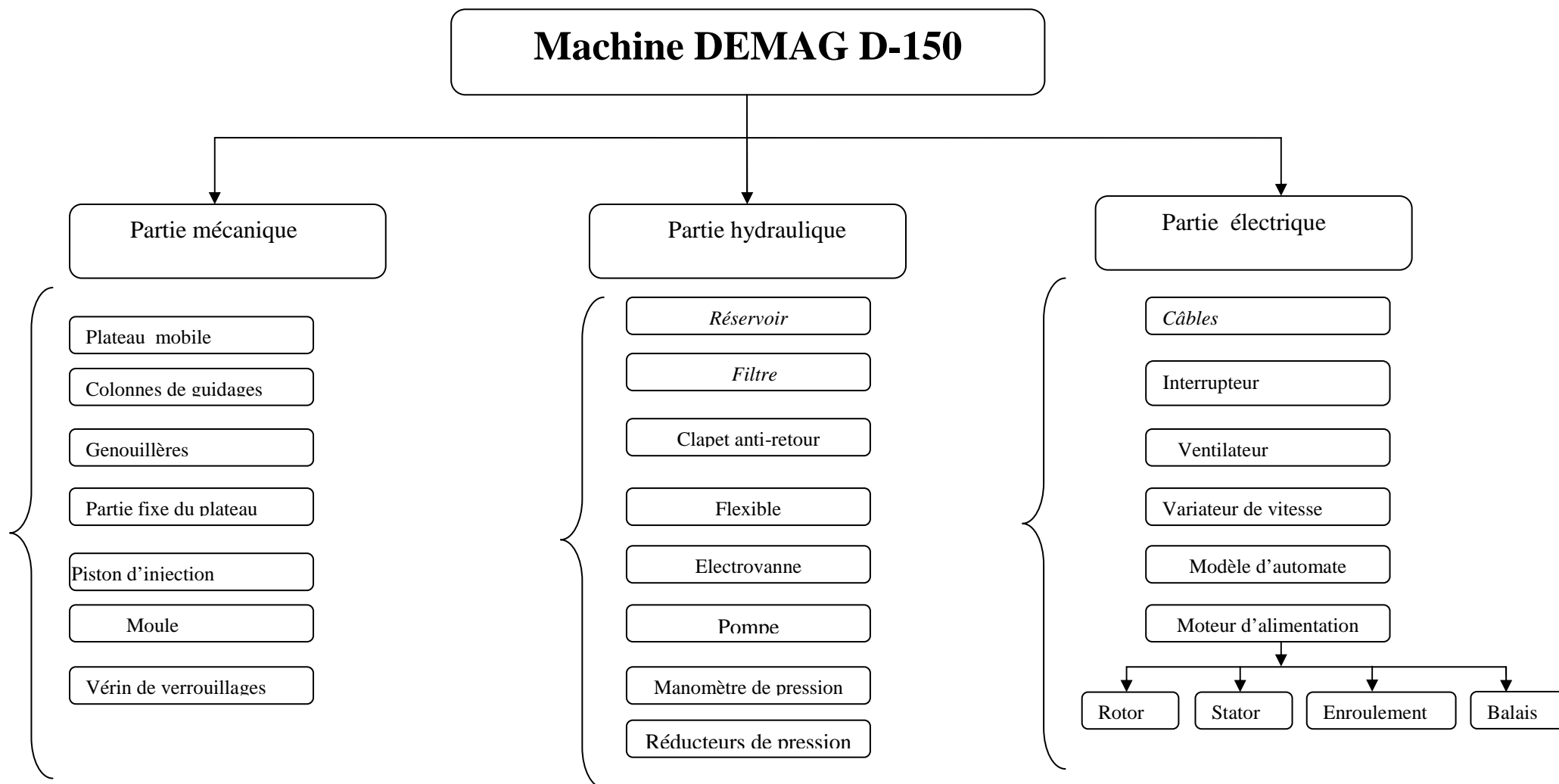
- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| 1. Plateau arrière fixe                          | 11. vis                     |
| 2. Mécanisme de fermeture - genouillère et vérin | 12. Trémie d'alimentation   |
| 3. Ejecteur                                      | 13. Goulotte d'alimentation |
| 4. Plateau mobile                                | 14. Motorisation de la vis  |
| 5. Colonne de guidage                            | 15. Ejection des pièces     |
| 6. Plateau fixe d'injection                      | 16. Moule                   |
| 7. Buse d'injection                              | 17. Console de commande     |
| 8. Tête du baril                                 | 18. Bâti                    |
| 9. Bande chauffante                              |                             |
| 10. Baril d'injection                            |                             |

## **II. Application de l'étude AMDEC**

Pour réussir cette partie de notre étude on a décidé de constituer un groupe de travail qui se compose de responsable maintenance, et d'un technicien qui vont nous donner les informations nécessaires concernant la machine DEMAG D150 située dans l'atelier d'injection .

Par la suite on va passer au découpage du système :

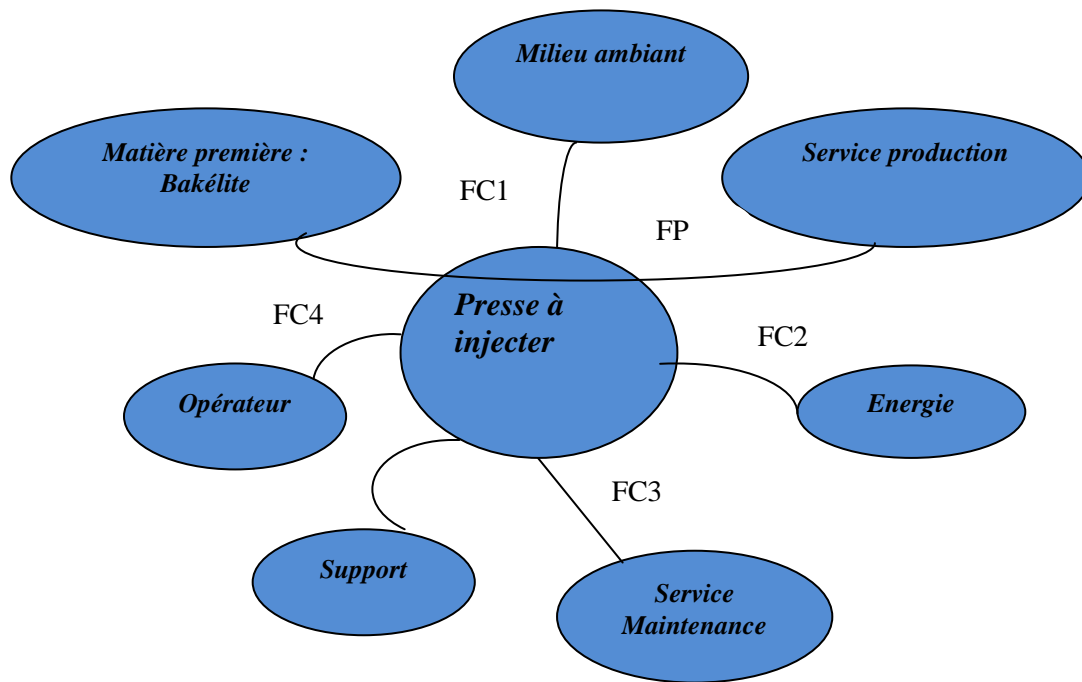
## 1. Décomposition matérielle de la machine



## 2. Décomposition fonctionnelle de la machine

### Décomposition fonctionnelle externe : Diagramme Pieuvre

Le diagramme suivant met en évidence les relations entre les différents éléments du milieu environnant et le produit :



**Figure 13 : Diagramme Pieuvre.**

FP : Transformer la matière première en préforme

FC1 : Résister au milieu extérieur

FC2 : s'adapter à l'énergie

FC3 : Faciliter les opérations de maintenance

FC4 : Permettre une manipulation par l'opérateur

### 3. Classement des pannes De la machine DEMAG par l'analyse PARETO :

#### 3.1 Initialisation :

Afin d'améliorer la disponibilité technique, il est naturel de se focaliser sur les Pannes du DEMAG les plus pénalisants en terme d'arrêt ou d'indisponibilité technique. Ceci réduira considérablement le champ d'investigation tout en garantissant l'atteinte des performances. Pour cela on va mener une analyse PARETO.

L'analyse de Pareto ou méthode des 20/80, ou méthode ABC permet de classer les causes selon les effets qu'elles génèrent. En effet, on construit un tableau classifiant les pannes selon un critère bien choisi.

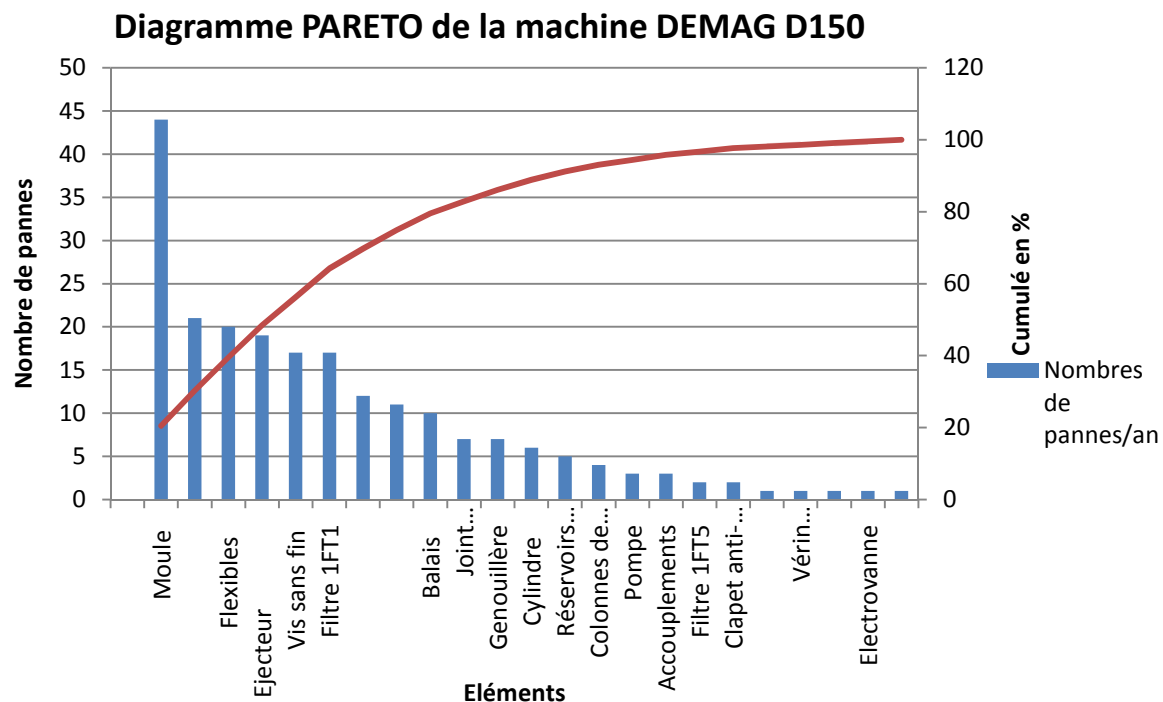
#### 3.2 Application de l'analyse PARETO.

On va faire l'analyse PARETO en se fixant pour l'instant sur la recherche des éléments critiques, qui rendent le système défaillant et qui diminue la disponibilité de la machine.

Pour bien sélectionner les composants critiques dans l'atelier d'injection, on va réagir sur l'historique des pannes et la durée d'arrêt de DEMAG D-150 durant 2012.

N	Classification	Nombres de pannes/an	Cumulé des pannes	%Cumulé
1	Moule	44	44	20,46
2	Ejecteurs intégrés dans le moule	21	65	30,23
3	Flexibles	20	85	39,53
4	Ejecteur	19	104	48,37
5	Vis sans fin	17	121	56,28
6	Filtre 1FT1	17	138	64,19
7	Moteur d'alimentation	12	150	69,76
8	Resistances chauffantes	11	161	74,88
9	Balais	10	171	79,53
10	Joint d'étanchéité	7	178	82,79
11	Genouillère	7	185	86,05
12	Cylindre	6	191	88,84
13	Réservoirs d'huile	5	196	91,16
14	Colonnes de guidages	4	200	93,02
15	Pompe	3	203	94,42
16	Accouplements	3	206	95,82
17	Filtre 1FT5	2	208	96,74
18	Clapet anti-retour	2	210	97,67
19	Régulateur de pression	1	211	98,14
20	Vérin d'injection 4ZY1	1	212	98,60
21	Piston d'injection	1	213	99,10
22	Electrovanne	1	214	99,53
23	Vérin de verrouillage	1	215	100

Tableau 2 : Analyse PARETO



**Figure 14 : Diagramme PARETO de la machine DEMAG D-150**

**\* Interprétation de la courbe :**

Ce diagramme fait apparaître les 4 principaux éléments : Moules, éjecteurs, flexibles, vis sans fin qui représentent juste 17% des éléments de la machine sont responsable de plus de 80 % des pannes.

**Or  $4/23 = 0.17$ , Soit 17% des causes qui accumulent 83% des effets.**

**4. Fiche analytique d'AMDEC :**

Après avoir faire une analyse matérielle et fonctionnelle des composants de la machine critique, et après avoir fixé cette fois ci les éléments critiques à l'aide de PARETO on a décidé d'y approfondir, pour extraire cette fois-ci les causes de défaillance de ces éléments.

AMDEC MACHINE		Analyse des modes de défaillance de leurs effets et de leurs criticités								
Système :						Date :				
Sous système :										
Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause	Effet	Détection	Criticité				Action corrective
						F	G	D	C	

Voir l'annexe page –D–

## 5. Synthèse :

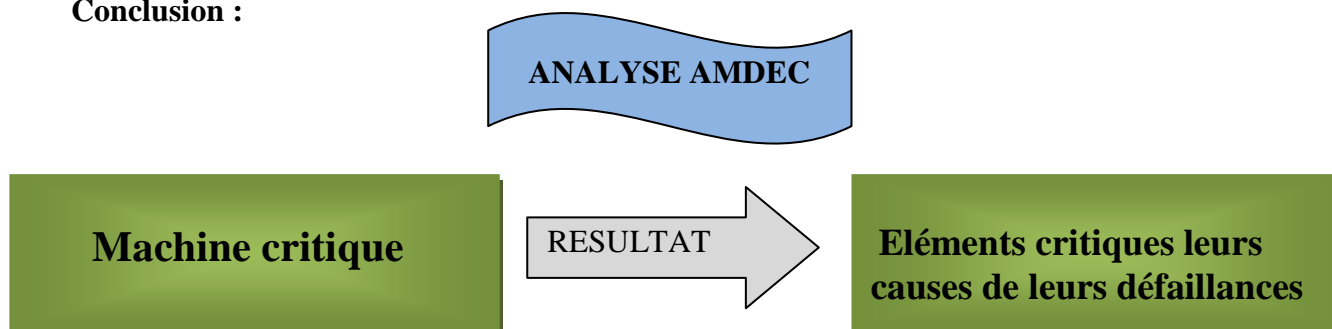
D'après les résultats triés des grilles AMDEC, et à l'aide du responsable maintenance et le technicien avec qui on a travaillé on a décidé de prendre la valeur 8 comme seuil de criticité. Les éléments dont la criticité dépasse le seuil sont signalés dans la zone rouge. C'est sur ces éléments qu'il faut agir en priorité en engageant des actions correctives appropriées.

Elément	Criticité
Moule	40
Ejecteurs	18
Filtres	16
Flexibles	12
vis sans fin	12
Moteur d'alimentation	8
Réservoir d'huile	8
Genouillère	6
Câbles	6
Balais	6
Joint d'étanchéité	6
Clapets anti-retour	4
Pompe	3
Colonnes de guidages	2

**Tableau 3 : Résultat de l'étude AMDEC**

Enfin on a bien déterminé les risques de dysfonctionnement de cette machine en mettant en évidence les points critiques pour proposer des actions de maintenance afin de réduire leur criticité.

**Conclusion :**





# *Chapitre 4 :*

# *Actions*

# *Amélioratives*

## **Introduction :**

Notre travail consiste à voir le plan actuel, d'en faire sortir ce qui manque dans ce plan et d'essayer de proposer des actions amélioratives et complémentaires pour rendre la maintenance plus performante.

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, et comme société demandant une bonne réputation, CEAC a établi une politique de maintenance pour bien gérer la machine.

Après avoir feuilleté ce plan de la maintenance au sein de l'entreprise, et après avoir effectué l'étude AMDEC, on a constaté que la politique de l'entreprise se base d'une manière stricte sur la maintenance corrective.

Par ailleurs, l'entreprise attend l'apparition de la panne, la chose qui mène à des arrêts répétitifs et à la dégradation et la chute continue de la production.

Pour cela, on a décidé de proposer à la société des améliorations et des actions complémentaires au plan actuel pour le rendre plus performant, ces améliorations vont essayer au maximum de précéder et prévoir les pannes pour que l'impact de ce dernier sur la démarche de la production soit réduit au minimum.

D'après le 3<sup>ème</sup> chapitre, on peut cerner les éléments critiques comme suit :

Moules, éjecteurs, flexibles, vis sans fin, et le filtre.

Et par conséquent, les améliorations proposées seront fixées sur ces éléments.

Pour ce faire nous avons suivi le plan suivant :

- Identifier les conditions d'utilisation du matériel
- Présenter des actions correctives
- Définir les opérations de maintenance préventive

### **1. Identifier les conditions d'utilisation du matériel :**

Il faut que l'entreprise respecte à ce point là les critères suivants :

- les quantités et qualité de production.
- la disponibilité nécessaire aux programmes de production,
- les conditions de sécurité nécessaires au personnel,
- la protection de l'environnement imposée par le législateur.



### **Solutions :**

D'après le responsable les deux premiers critères cités dans la 1<sup>ère</sup> étape ont été bien respectés lors de l'établissement d'un système de maintenance, alors que la partie qui concerne les conditions de sécurité et la protection à été négligée sachant que la presse à injecter est l'une des machines les plus dangereuses dans sa manipulation, et le responsable maintenance peut nous confirmer ça à cause de son accident de travail qu'il a rencontré pendant son travail.

Pour cela, il nous a proposé de commencer cette amélioration par l'identification des risques présentant un danger pour l'opérateur et qui peut influencer en même temps la maintenance, et de lui présenter des propositions afin de réduire ces risques.

Afin de déterminer ces risques, on a constitué une grille nommée « Grille de vérifications des risque » voir l'annexe. Cette fiche a été distribuée aux employeurs afin d'en faire sortir les sortes de risque présentées comme suit :

#### **➤ la Manutention manuelle du moule**



**Figure 15: Manutention manuelle du moule suspendu**

Lors du changement de moule, ce dernier se trouve suspendu d'une distance très petite de l'opérateur le déplacement du moule se fait à hauteur d'homme Ce qui augmente le risque à des zones fragiles du corps humain (ex. : la tête).

D'autre part le fait de démonter le moule et le déplacer à une longue distance à l'aide d'un panneau manuel nécessite au moins 2 personnes.

## **Propositions :**

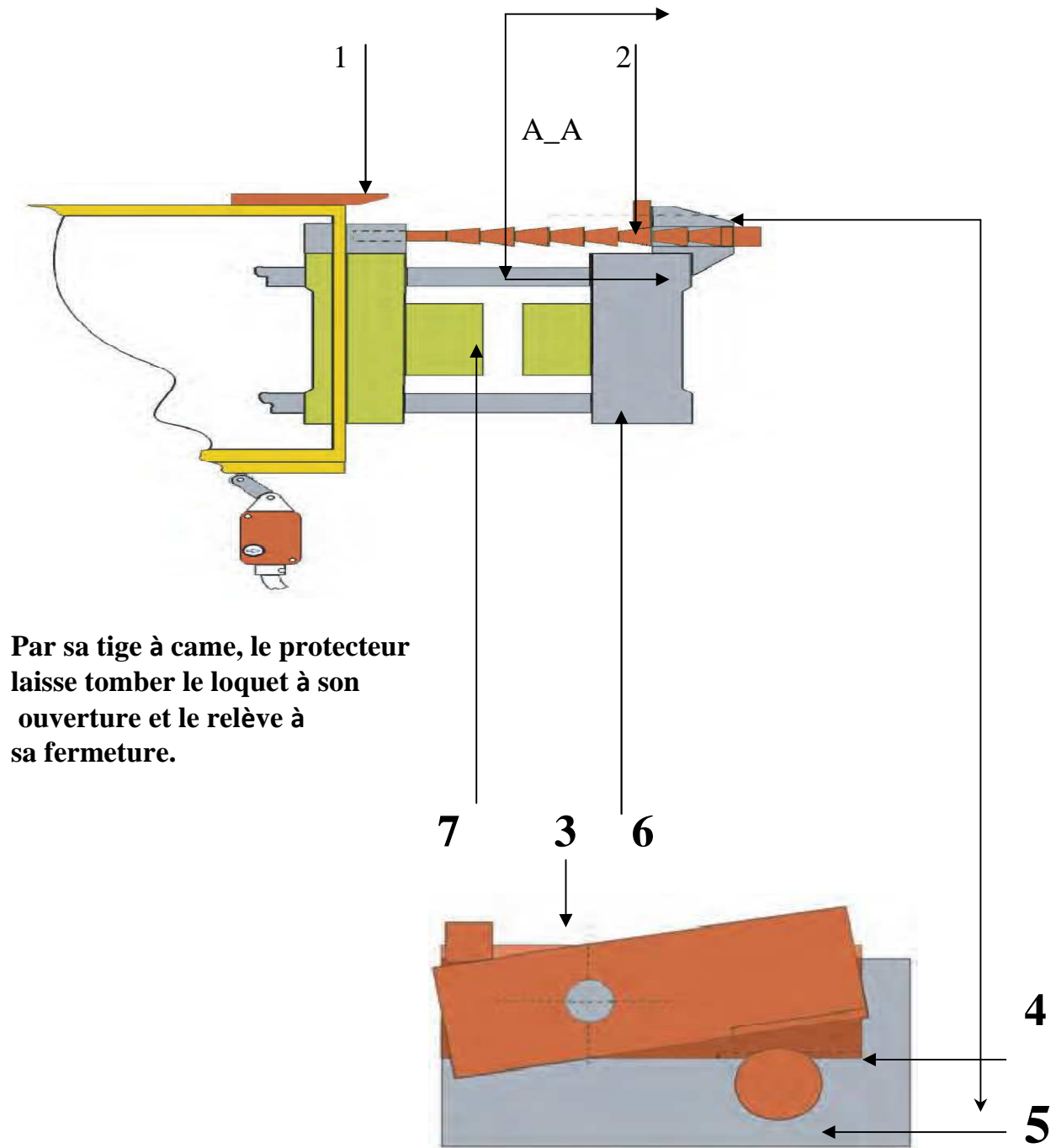
L'implantation d'un palan électrique sert à déplacer le moule d'une manière automatique à l'aide d'un système de commande à distance ce qui réduit le risque de manutention, et même le temps de changement du moule à 50%.

### **➤ Manipulation des éléments internes de la machines lorsque le protecteur de la zone du moule est ouvert.**

Ce risque se présente à l'ouverture et à la fermeture du protecteur de la zone du moule, lors du fonctionnement de la machine la chose qui engendre un danger venant du fait que le moule se ferme avec une grande vitesse et une force puissante.

Notre proposition était d'installer un mécanisme de blocage du plateau mobile qui bloque le déplacement de ce dernier dès que le protecteur de la zone moule est ouvert.

Ce mécanisme se présente comme suit :



**Figure 16 : Système de blocage mécanique**

1. Tige à came reliée au protecteur
2. Tige à cônes fixée au moule mobile
3. Pivot du loquet
4. Loquet abaissé (protecteur ouvert)
5. Tige à cônes
6. Partie fixe du moule
7. Partie mobile du moule

Dispositif mécanique de blocage de la fermeture du moule avec tige à cônes et loquet tombant par gravité entre les cônes et bloquant l'avance du plateau mobile lorsque le protecteur est ouvert. La fermeture du protecteur relève le loquet et permet la fermeture du moule.

## **2. Présenter des actions correctives :**

Afin de trouver des solutions adéquates pour améliorer la maintenance au sein de cette entreprise, on a pris en considération les différents types de cette maintenance, en essayant de spécifier pour chaque élément critique le type de maintenance la plus convenable:

Les éléments cités par la suite, représentent ceux les plus critiques dans la machine, ce qui nécessite des interventions strictes.

La maintenance palliative (dépannages) n'est pas efficace comme solution, pour cela voilà les solutions :

### **La vis sans fin :**

La vis a été cassée et réparée plusieurs fois ce qui mène à une dégradation cumulée du matériel, ainsi des arrêts répétitifs de la production.

### **Les flexibles :**

Sont totalement usés et dégradés et présentant des fuites d'huile importantes, ce qui pousse le technicien chaque fois à contrôler le niveau d'huile.

Afin d'éviter ce problème, on a proposé d'investir pour ces deux éléments, l'achat de nouvelle vis sans fin, aussi changement des flexibles de l'installation.

## **3. présenter des actions préventives :**

Cette étape consiste à effectuer des interventions systématiques des sous ensembles estimés fragiles apparus sur la fiche AMDEC :

On va commencer par un plan de lubrification :

Organe	L'opération	Intervenant	Périodicité
Ejecteurs	graissage	Agent de maintenance ou employeur	Toutes les 168 h
Colonnes de guidage	graissage	Employeur	Toutes les 168 h
Réservoir d'huile	Vidange	Agent de maintenance	Toutes les 4320 h
Vis de genouillère	graissage	Agent de maintenance	Toutes les 168 h

**Tableau 4 : plan de lubrification**

- **Les éjecteurs et les colonnes de guidages :**

Le problème des éjecteurs est fréquent, soit ils se bloquent, soit ils se cassent alors que la solution est à la portée des opérateurs :

Chaque opérateur est censé de faire le graissage hebdomadaire.

- **Les filtres :**

Dans le plan de la maintenance préventive de la société on va trouver que l'opérateur est censé de changer ou nettoyer les filtres tous les 500h alors actuellement le message d'encastrement de filtre apparaît souvent sur l'écran de l'automate ; on a trouvé que l'opérateur ne respecte pas le plan et ne fait pas le nettoyage de réservoir après le vidange est par conséquent des particules et des impuretés existant dans le réservoir s'accumulent rapidement dans les filtres.

- **Moule :**

D'après la fiche AMDEC on a constaté que la cause principale dans la défaillance de moule était les éjecteurs est par conséquent une bonne maintenance des éjecteurs va mener indirectement à une bonne maintenance de moule.

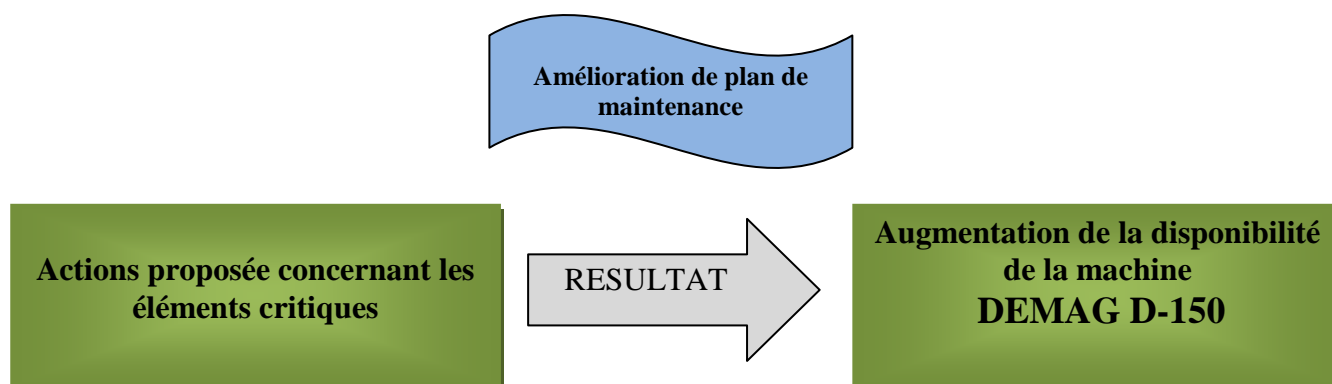
Aussi on a constaté que les interventions de la maintenance liées aux moules prennent une durée très importante et surtout dans le démontage et le montage du moule pour cela on a décidé de mettre un mode opératoire pour le démontage de moule le voici :

N° tache	Taches	Matériel utilisé
1	Ouvrir manuellement la porte de l'unité de fermeture.	<ul style="list-style-type: none"> <li>_ Clef six pans.</li> <li>_ Barrette de sécurité.</li> <li>_ Anneau de levage adapté à l'outillage et manille si nécessaire.</li> <li>_ Bague de centrage.</li> <li>- Panneau manuel</li> </ul>
2	Prendre la clef six pans et enlever la fourchette d'éjection.	
3	Fermer manuellement la porte de l'unité de fermeture.	
4	Reculer l'éjection.	
5	Fermer l'outillage.	
6	Ouvrir manuellement les portes de l'unité de fermeture.	
7	Positionner le palan au dessus de la presse et de l'outillage.	
8	Fixer l'anneau de levage à l'outillage et positionner sa barrette de sécurité.	
9	Fixer le crochet du palan à l'anneau ou à la manille.	
10	Tendre légèrement la chaîne et vérifier le positionnement du palan.	
11	Fermer manuellement la porte de l'unité de fermeture.	
12	Débrider la partie mobile	
13	Reculer le plateau mobile jusqu'à complète ouverture	

**Tableau 5 : Mode opératoire de changement de moule.**

**Remarque :** L'utilisation du palan électrique qu'on a proposé dans la partie sécurité au maximum la durée de cette intervention.

### Conclusion :



## Conclusion générale

Durant ce stage nous avons pu connaître le processus de construction du compteur électrique. En ce qui concerne notre étude nous avons pu :

- ✓ Etudier la machine DEMAG D-150, en utilisant les méthodes suivantes :
  - La méthode **QOOQCP** pour mettre en place la problématique envisagée : **Amélioration du plan de maintenance à l'aide de l'étude AMDEC.**
  - Les indicateurs de la maintenance (**MTBF, MTTR, Disponibilité**) pour étudier la disponibilité actuelle des machines et la comparer avec celle d'historique, il en résulte que le **MTBF est le facteur principal qui a mené à la diminution de la disponibilité**, alors que la **MTTR n'a pas influencé ce taux calculé**, ce dernier est presque identique à celui donné par l'entreprise.
  - Application de l'étude **AMDEC**
    - Diagrammes **Pieuvre** et **FAST** pour faire la décomposition fonctionnelle de la machine.
    - Analyse **PARETO** afin de déterminer les éléments critiques : **17%** des éléments (**moules, flexibles, éjecteurs, vis sans fin**) de DEMAG ont causés **83%** des pannes .
    - Fiche **AMDEC** qui nous a permis de trouver les causes :usures ,vieillissement.... , les effets : arrêt de la machine.. de chaque élément critique.
- ✓ Améliorer les différentes actions de maintenance à l'aide de l'étude **AMDEC** concernant la machine DEMAG D-150 en établissant :
  - **Une grille de vérification des risques.**
  - **Recommandations d'utilisation d'un système de blocage mécanique .**
  - **Propositions d'investissement** pour les éléments suivants : **Vis sans fin** et **les flexibles.**

- **Plan de lubrification** pour les éjecteurs et les colonnes de guidage.
- Des actions préventives concernant le **moule** sous forme d'un **mode opératoire**.

Mais, ce travail reste encore incomplet car le projet de gestion de la maintenance nécessite d'étudier tous les équipements de l'installation de production, ce qui nécessite un intervalle de temps plus large, alors que deux mois ne suffisent pas pour achever ce travail.

Cette expérience nous a permis de nous familiariser avec l'environnement du travail et de nous rendre compte des difficultés rencontrés lors de la résolution des problèmes.

On souhaite que ce travail soit un manuel d'informations pour toute personne désirant en savoir plus sur l'étude AMDEC au sein de la société CEAC, ainsi nous souhaiterons bien généraliser « La Grille de vérification des risques » afin de retenir un plan de maintenance complet qui s'occupe aussi de la sécurité de l'opérateur .



## **Bibliographie**

Cours Conception de machines partie :

Analyse Fonctionnelle « Pr. BINE EL OUIDANE »

Cours de gestion de la maintenance « Pr. CHAFI »

Cours Gestion de qualité « Pr. TAJRI »

Historiques et documentation de la société année 2012 .

## Annexe –A-

Les tableaux de disponibilité de la machine donnés par le service maintenance :

### ➤ DEMAG Ergotech 200 – 840 compact

	<u>Evolution disponibilité de la machine</u>											
Mois/année	01/12	02 /12	03/12	14/12	05/12	06/12	07/12	08/12	09/12	10/12	11/12	12/12
Disponibilité réelle (%)	95.93	98.99	99.65	99.18	99.06	99.32	99.77	99.60	98.18	99.32	99.72	99.30
Disponibilité Objectif %	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98

### ➤ DEMAG D100 - 452

	<u>Evolution disponibilité de la machine</u>											
Mois/année	01/12	02 /12	03/12	14/12	05/12	06/12	07/12	08/12	09/12	10/12	11/12	12/12
Disponibilité (%)	99.44	99.19	99.15	98.12	99.42	98.50	97.70	98.18	98.65	99 .32	98.7 6	99
Disponibilité Objectif (%)	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98

### ➤ DEMAG D150 - 452

	<u>Evolution disponibilité de la machine</u>											
Mois/année	01/12	02 /12	03/12	14/12	05/12	06/12	07/12	08/12	09/12	10/12	11/12	12/12
Disponibilité réelle (%)	90.3	55	88.2	89	87.5	80.3	86.5	84.7	88.1	86.5	88	87.4
Objectif Disponibilité (%)	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98

### ➤ DEMAG 200 – 840 compact

	<u>Evolution disponibilité de la machine</u>											
Mois/année	01/12	02 /12	03/12	14/12	05/12	06/12	07/12	08/12	09/12	10/12	11/12	12/12
Disponibilit é (%)	98.45	98.35	97.99	99.87	99.25	98.55	98.12	99.14	99.16	99.67	99.44	98.56
Disponibilit é Objectif (%)	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98

## Annexe –B-

Période	Temps d'ouverture	Temps d'arrêts	Nombre de pannes	MTBF (h)	MTBF objectif	MTTR	Disponibilité En (h)	Disponibilité en %
Janvier12	715	19	10	69.6	88.81	8.63	0.89	89 %
Février 12	612	11	5	12.02	88.81	17.26	0.41	41 %
Mars 12	719	4	14	51.07	88.81	6.16	0.89	89 %
Avril 12	700	6	20	34.7	88.81	4.31	0.89	89 %
Mai 12	629	4	26	24.03	88.81	3.32	0.88	88 %
Juin 12	655	19	15	42.4	88.81	5.75	0.88	88 %
Juillet 12	595	12	7	83.28	88.81	12.33	0.87	87 %
Aout 12	535	1	12	44.5	88.81	7.19	0.86	86 %
Septembre 12	600	5	22	27.04	88.81	3.92	0.87	87 %
Octobre 12	708	0.5	32	22.10	88.81	2.70	0.89	89 %
Novembre 12	719	2.5	20	34.70	88.81	4.32	0.89	89 %
décembre 12	712	2.3	32	21.53	88.81	2.70	0.89	89 %

## Annexe –C-

### Grilles de cotation

#### ➤ *Fréquence (F)*

niveau	Valeur	Définition
Très faible	1	défaillance rare : moins de une défaillance par année
Faible	2	défaillance possible : moins de une défaillance par trimestre
moyen	3	défaillance occasionnelle : moins de une défaillance par semaine
Elevé	4	défaillance fréquente : plus d'une défaillance par semaine


#### ➤ *Gravité (G)*


Niveau	Valeur	Définition
mineure	1	-arrêt de production : moins de 15 minutes -aucune ou peu pièce de rechange nécessaire
moyenne	2	-arrêt de production : de 15 minutes à une heure -pièces en stock
majeure	3	-arrêt de production : 1 heure à 2 heures -pièces en stock ou livraison ultra-rapide
grave	4	-arrêt de production : 2 heures et plus -long délai de livraison ou back-order


#### ➤ *Non Détectabilité (D)*

niveau	Valeur	Définition
évident	1	détection certaine, sirène, moyens automatiques, signes évidents
possible	2	déTECTABLE par l'opérateur, par des routes d'inspections, vibrations
improbable	3	difficilement détectable, moyens complexes (démontages, appareils)
impossible	4	indétectable, aucun signe

## Annexe -D-

	<b>AMDEC MACHINE</b>			Réaliser par:    - RAIS Mariame -ELBANNOUNI Fatimazahra							FST de FES	
	Partie   hydraulique   de la machine			Date de l’analyse : <b>AVRIL 2013 / JUIN2013</b> Période               : <b>2 mois</b>								
Nom	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	Criticité				Détection	Action corrective		
					G	F	N	C				
Réservoir d huile	Recueillir l’huile de travail nécessaire	Disfonctionnement des compteurs de niveau et de débit	Fatigue Vieillessement	Fuite	2	2	2	8	Panne signalée sur l’automate de commande	Nettoyer le Réservoir avant le remplissage		
		Echauffement d’huile	Disfonctionnem ent du système de refroidissement	Arrêt de la machine	1	1	2	2	Alarme			
Filtres	Débarrasser l’huile des particules solides	Encrassement	Regroupement des particules	Empêchement du passage d’huile	2	2	4	16	Message d’encastrement affiché sur l’automate	Changement des filtres		
Clapets anti-retour	Déplacer l’huile dans un seul sens	- Fatigue - Usure	- Pression max d’huile -Mauvais fonctionnement du filtre	Retour des impuretés dans le circuit -Diminution de pression	2	1	2	4	bruits	Vérification systématique		
Flexibles	Permet le passage ou bien la distribution d’huile hydraulique le long de la machine	- Vibration _ Erosion	Augmentation de la pression	Les fuites	3	3	2	12	Vérification d étanchéité	Vérification d’étanchéité des flexibles		
Pompe	- Débit l’huile	- Faible débit	L’usure abrasive des engrenages	Arrêt de la machine	1	1	3	3	A laide d’un capteur de pression	Vérification systématique		

	<b>AMDEC MACHINE</b>			Réalisée par:   - RAIS Mariame - ELBANNOUNI Fatimazahra						
	Partie mécanique de la machine			Date de l'analyse : <b>AVRIL 2013 / JUI2013</b> Période               : <b>2 mois</b>						
<b>Nom</b>	<b>Fonction</b>	<b>Mode de défaillance</b>	<b>Causes</b>	<b>Effets</b>	<b>Criticité</b>				<b>Détection</b>	<b>Action corrective</b>
					<b>G</b>	<b>F</b>	<b>N</b>	<b>C</b>		
Genouillères	Facilitent le déplacement de la partie mobile	Coincement et blocage	Manque de graissage	Blocage de la Plateau mobile	1	3	2	6	Visuelle	Graissage de genouillères
Vis sans fin	Faciliter la translation de la matière (Bakélite)	-Cassure - Blocage - Déformation	Manque de graissage Frottement	Arrêt de la machine	3	2	2	12	Vibration bruit	achats d n.une nouvelle vis sans fin .
Colonnes de guidages	Permet la translation du moules (la partie mobile)	Perte de performance	Manque de graissage	Le blocage de moules	1	1	2	2	Vibration	Graissages journalières
Moule	Fixer la forme du boitier	Mal fonctionnement	Pb des paramètres d'injection	Déformation De la pièce éjectée	3	2	4	24	Visuelle	Vérification des paramètres d injection
		Blocage	Coincements des éjecteurs Mauvais serrage	Arrêt de la machine	2	2	4	16	Visuelle	
Joint d'étanchéité	Assure l'étanchéité	Usure	Fatigue	Fuite d huile	2	3	1	6	Visuelle	Changement de joint
Ejecteurs	Ejecter la pièce du moule	Blocage cassure	Manque de graissage	Arrêts de la machine	2	3	3	18	Blocage de moule	Vérification Graissage au

	<b>AMDEC MACHINE</b>			<b>Réaliser par: RAIS Mariame ELBANNOUNI Fatimazahra</b> <b>FST de FES</b>						
	<b>Partie électrique de la machine</b>			<b>Date de l'analyse : AVRIL 2013 / JUIN 2013 Période : 2 mois</b>						
<b>Nom</b>	<b>Fonction</b>	<b>Mode de défaillance</b>	<b>Causes</b>	<b>Effets</b>	<b>Criticité</b>				<b>Détection</b>	<b>Action corrective</b>
					<b>G</b>	<b>F</b>	<b>N</b>	<b>C</b>		
Moteur d'alimentation	Transforme l'énergie électrique en énergie mécanique	Arrêt du moteur	Grillage d enroulements De stator	Arrêt de la vis sans fin ne tourne pas	2	2	4	16	Visuelle	Changements d enroulement de stator
Ecran d'automate	Affichage des informations	Mal fonctionnement du circuit d'affichage	Problème de contraste	Des informations mal affichés	4	1	2	8	Visuelle	Changement d'écran d automate
Câbles	Transmission d'électricité	Débranchement Rupture	Surintensité Influence de l'environnement	Pas de transmission d'électricité	1	2	3	6	Contrôle	Remplacer les câbles
Ventilateur	Refroidissement	Déformation	Usure	Vibration	1	2	3	6	Contrôle	Remplacement
Balais	Connecter les résistances de démarrage avec les enroulements	Brulures	Frottement avec les bagues du rotor	Dommages du moteur	2	2	3	12	visuelle	Surveillance et remplacement des balais usés

