



Année Universitaire : 2016 - 2017



**Master Sciences et Techniques en Génie Industriel**

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**  
Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et  
Techniques  
Sous thème :

**Elaboration du plan de maintenance préventive sur la  
section Recyclage / Fonderie des batteries usagées à l'aide  
d'une étude AMDEC Equipement**

**Lieu de stage : Afrique Câbles - ELECTRA Batterie**  
**Référence : 15 / 17- MGI**

**Présenté par :**

**Younes BENJELLOUN**

**Soutenu Le 15 Juin 2017 devant le jury composé de :**

- **M. Fouad BELMAJDOUB (encadrant académique)**
- **M. Anas CHAFI (examineur)**
- **M. Fahd KAGHAT (examineur)**
- **M. Elamine MELLITY (encadrant société)**



---

## *Dédicaces*

*Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut. Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, et la reconnaissance que j'ai :*

***À ma grand-mère Touria Squalli,***

*Qui m'a accompagné par ses prières, sa douceur et son amour inconditionnel. Que Dieu ait son âme dans sa sainte miséricorde.*

***À la mémoire de mes grands-pères et ma grand-mère,***

*J'aurais tant aimé que vous soyez présents. Que Dieu ait vos âmes dans sa sainte miséricorde.*

***À mes très chers parents,***

*Vous m'avez donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir. Une mère merveilleuse qui a toujours cru en moi et en l'aboutissement de mes efforts, un père affectueux et patient qui me soutient depuis mon enfance. Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les dévouements que vous consentis pour mon instruction et pour mon bien être. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices. Puisse Dieux vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je vous déçoive.*

***À mes très chères et adorables tantes Latifa et Rabia Abbassi,***

*Qui m'ont toujours aimé, soutenu, conseillé, poussé à m'améliorer dont le mérite, les sacrifices et les qualités humaines, ont contribué à faire de moi ce que je suis. Veuillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère.*

***À mes frères,***

*Merci de m'avoir toujours prêté main forte pour me soutenir et me reconforter. Que dieu tout puissant vous préserve et vous procure réussite et bonne santé.*

***À toute ma famille,***

*Pour leur encouragement et soutien.*

***À mes chers professeurs,***

*Pour leur soutien*

***À mes très chers amis,***

*Avec qui j'ai partagé de bons moments, qui m'ont offert l'occasion de sentir la valeur de la véritable amitié*

*À tous ceux qui m'aiment et que j'aime*

*Merci de faire partie de ma vie !*



---

## Remerciements

*Ce présent travail n'aurait jamais existé sans l'aide précieuse de certaines personnes, que j'aimerai bien remercier.*

*Mes expressions de remerciement s'adressent à M. **BELMAJDOUB Fouad**, mon encadrant académique pour son effort considérable ses conseils précieux ses orientations professionnelles et son suivi de toutes les étapes de projet du début jusqu'à son acheminement.*

*J'adresse aussi mes sincères remerciement à M. **MELLITY Elamine**, mon encadrant de la société. Premièrement pour me donner l'opportunité d'effectuer ce stage à AFRIQUE CABLES et aussi pour son encadrement, pour le temps qui a consacré pour moi, pour ses orientations et ses conseils pertinents.*

*Mes profondes gratitudes s'adressent aussi à M. **BOUHMAAD Adil**, le Directeur industriel de l'unité Batterie, qui n'a jamais hésité de fournir tout type d'aide tout au long de mon stage, je lui remercie pour tout ce qui m'a offert, son encouragement et ses aides ont joué le grand rôle pour la réalisation de ce projet dans les meilleures conditions.*

*Mes remerciements s'adressent aussi à M. **ELACHAM Abdelhamid**, le Directeur industriel de l'unité câbles, qui m'a toujours était utile à travers ses précieux conseils et orientations.*

*Et finalement je tiens à remercier toute personne à AFRIQUE CABLES, à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès ou ailleurs qui a contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail.*



---

## *Listes des figures*

<b>Figure 1</b> : Secteurs du groupe YNNA Holding .....	2
<b>Figure 2</b> : Historique d'Afrique Câbles .....	3
<b>Figure 3</b> : Organigramme d'Afrique Câbles .....	5
<b>Figure 4</b> : Processus de fabrication des batteries neuves .....	7
<b>Figure 5</b> : Les constituants d'une batterie usagée après broyage .....	8
<b>Figure 6</b> : Oxyde de Plomb .....	10
<b>Figure 7</b> : Malaxeur à trémie .....	10
<b>Figure 8</b> : Les plaques à la sortie de l'empâteuse.....	11
<b>Figure 9</b> : Chambres de mûrissage .....	11
<b>Figure 10</b> : Enveloppage et constitution des groupes.....	12
<b>Figure 11</b> : Soudage et empilage des groupes de plaque .....	12
<b>Figure 12</b> : Schéma descriptif du processus de la section Charge / Finition.....	13
<b>Figure 13</b> : Conditionnement et stockage des batteries neuves.....	13
<b>Figure 14</b> : Les différents types de la maintenance.....	14
<b>Figure 15</b> : Diagramme Ishikawa.....	16
<b>Figure 16</b> : Diagramme Bêtes à cornes .....	17
<b>Figure 17</b> : Diagramme FAST.....	19
<b>Figure 18</b> : Dessin d'ensemble de la section recyclage des batteries usagées .....	25
<b>Figure 19</b> : Schéma définissant le processus de recyclage des batteries usagées .....	26
<b>Figure 20</b> : Analyse Pareto pour la sélection des équipements critiques .....	28
<b>Figure 21</b> : Pannes mensuelles des machines critiques .....	29
<b>Figure 22</b> : Filtre presse à plateaux .....	31
<b>Figure 23</b> : Décomposition matérielle du filtre presse .....	32
<b>Figure 24</b> : Diagramme Bêtes à cornes du filtre presse .....	33
<b>Figure 25</b> : Diagramme de Pieuvre du filtre presse.....	33



---

<b>Figure 26</b> : Diagramme FAST du filtre presse.....	34
<b>Figure 27</b> : Four rotatif.....	35
<b>Figure 28</b> : Décomposition matérielle du four rotatif.....	36
<b>Figure 29</b> : Diagramme Bêtes à cornes du four rotatif.....	37
<b>Figure 30</b> : Diagramme de Pieuvre du four rotatif.....	37
<b>Figure 31</b> : Diagramme FAST du four rotatif.....	38
<b>Figure 32</b> : Perforateur.....	40
<b>Figure 33</b> : Décomposition matérielle du perforateur.....	41
<b>Figure 34</b> : Diagramme de Bêtes à cornes du perforateur.....	42
<b>Figure 35</b> : Diagramme de Pieuvre du perforateur.....	42
<b>Figure 36</b> : Diagramme FAST du perforateur.....	43
<b>Figure 37</b> : Identification des causes de défaillances par le diagramme Ishikawa.....	45
<b>Figure 38</b> : Analyse de la criticité du filtre presse en fonction de ces composants.....	58
<b>Figure 39</b> : Analyse de la criticité du four rotatif en fonction de ces composants.....	59
<b>Figure 40</b> : Analyse de la criticité du perforateur en fonction de ces composants.....	60



---

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau 1</b> : Fiche représentative de la société .....	4
<b>Tableau 2</b> : Grille de fréquence F .....	20
<b>Tableau 3</b> : Grille de gravité G .....	21
<b>Tableau 4</b> : Grille de non-détection D.....	21
<b>Tableau 5</b> : Grille AMDEC utilisée .....	22
<b>Tableau 6</b> : Le QQQQCP .....	24
<b>Tableau 7</b> : Analyse Pareto .....	27
<b>Tableau 8</b> : AMDEC Equipement du « filtre presse » .....	35
<b>Tableau 9</b> : AMDEC Equipement du « four rotatif » .....	39
<b>Tableau 10</b> : AMDEC Equipement du « perforateur » .....	44
<b>Tableau 11</b> : Modèle du PMP proposé.....	62
<b>Tableau 12</b> : PMP du filtre presse.....	64
<b>Tableau 13</b> : PMP du four rotatif .....	66
<b>Tableau 14</b> : PMP du perforateur.....	67



---

## *Liste des abréviations*

**Pb** : Plomb

**OPb** : Oxyde de Plomb

**AMDEC** : Analyse des Modes de Défaillance leurs Effets et leur Criticité

**CNOMO** : Comité de Normalisation des Moyens de production

**FAST** : Function Analysis System Technique

**PMP** : Plan de Maintenance Préventive

**FVP** : Fiche de Visite Préventive

**PR** : Pièce de Rechange

**J** : Périodicité Journalière

**H** : Périodicité Hebdomadaire

**M** : Périodicité Mensuelle

**T** : Périodicité Trimestrielle

**S** : Périodicité Semestrielle

**A** : Périodicité Annuelle



# Sommaire

Dédicaces .....	
Remerciements .....	
Listes des figures .....	
Liste des tableaux .....	
Liste des abréviations .....	
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I : PRESENTATION GENERALE DE LA SOCIETE AFRIQUE CABLES .....</b>	
I.1. Présentation de l'organisme d'accueil : .....	2
I.2. Fiche représentative de la société : .....	3
I.3. Organigramme d'AFRIQUE CABLES : .....	4
I.4. Produits fabriqués : .....	5
I.5. Présentation de la production des batteries neuves avec ses différentes sections : .....	6
<b>CHAPITRE II : METHODES ET OUTILS UTILISES .....</b>	
II.1. Généralités sur la maintenance : .....	14
II.2. La maintenance préventive : .....	14
II.3. Démarche et méthodes : .....	15
<b>CHAPITRE III : DEFINITION DU CAHIER DE CHARGES ET IDENTIFICATION DES MACHINES CRITIQUES .....</b>	
III.1. Cahier de charges : .....	23
III.2. Définition de la problématique à l'aide de la méthode QQQQCP : .....	23
III.3. Description de la section objet d'étude : .....	25
III.4. Processus de recyclage des batteries usagées : .....	26
III.5. Analyse Pareto sous critère de temps d'arrêts : .....	26



---

## CHAPITRE IV: ETUDE AMDEC EQUIPEMENT SUR LES MACHINES CRITIQUES .....

IV.1. Définition et objectifs de L'AMDEC Equipement :.....	30
IV.2. Méthodologie de mise en œuvre :.....	30
IV.3. Application AMDEC Equipement sur les machines critiques : .....	31
IV.3.1 - Le Filtre presse : .....	31
IV.3.2 - Le Four rotatif :.....	35
IV.3.3 - Le Perforateur : .....	40
IV.4. Synthèse :.....	44
IV.4.1 - Identification des causes de défaillances par la méthode Ishikawa (5M) et proposition des actions préventives : .....	44
IV.4.2 - Evaluation de la criticité pour les trois machines :.....	58

## CHAPITRE V: ELABORATION DU PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIVE POUR LES MACHINES ETUDIEES.....

V.1. Généralités sur un plan de maintenance préventive :.....	61
V.2. Processus de préparation d'un plan de maintenance préventive :.....	61
V.2.1 - Elaboration du PMP :.....	61
V.2.2 - L'exécution du plan : .....	62
V.3. Réalisation des plans de maintenance préventive pour les machines étudiées :.....	62
V.3.1 - Description du plan de maintenance préventive proposé :.....	62
V.3.2 - Mise en place des plans de maintenance préventive :.....	63
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>68</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>69</b>
<b>WEBOGRAPHIE.....</b>	<b>69</b>



---

## **INTRODUCTION**

La fonction maintenance a fortement progressé sous l'effet des contraintes de productivité, d'optimisation des coûts et sous l'influence des modèles industriels.

Les pannes imprévues constituent l'une des principales causes de réduction de la productivité pour l'entreprise Afrique Câbles, et surtout les pannes des équipements appartenant à l'unité Batterie, causant ainsi une baisse de la qualité de ses produits et une dégradation de son image de marque envers ses clients.

Pour augmenter la disponibilité des équipements et maintenir une bonne image pour l'unité objet d'étude, l'objectif de mon stage est la mise en place d'un plan de maintenance préventive, permettant de mettre au point les opérations de maintenance et surtout de les effectuer au bon moment. De ce fait, on a agit au cours de mon étude sur le parc machine de la section Recyclage / Fonderie des batteries usagées, le but final est d'assurer la qualité du produit et d'améliorer le taux de disponibilité des équipements pour augmenter la productivité. Ainsi pour satisfaire les objectifs de la société, on a réalisé une étude AMDEC Equipement pour améliorer la disponibilité des machines et réduire au maximum les pannes.

Afin de bien mener le projet, on a fixé un plan de travail élaboré en 5 chapitres:

- Dans le premier chapitre, on présentera l'organisme d'accueil ses différentes sections et le processus de fabrication des batteries.
- Le deuxième chapitre fera l'objet des méthodes et outils utilisés dans le projet.
- Dans le troisième chapitre, on définira le cahier de charges et on identifiera les machines critiques.
- Dans le chapitre suivant, on décrira le principe de fonctionnement, ensuite on fera une décomposition matérielle et une analyse fonctionnelle pour ces machines, puis on présentera leurs tableaux AMDEC Equipement et quelques actions préventives d'amélioration.
- Au niveau du dernier chapitre, on élaborera les plans de maintenance préventive pour les machines objet de notre étude, et finalement on terminera par une conclusion générale dans laquelle sont rassemblés les principaux résultats obtenus de notre travail.

## **CHAPITRE I :**

### **PRESENTATION GENERALE DE LA SOCIETE AFRIQUE CABLES**

-----  
 Ce présent chapitre donne une description de l'entreprise AFRIQUE CABLES dans laquelle le projet de fin d'étude intitulé « **Elaboration du plan de maintenance préventive sur la section Recyclage / Fonderie des batteries usagées à l'aide d'une étude AMDEC Equipement** » a été effectué, et du groupe CHAABI YNNA HOLDING dont l'entreprise fait partie, puis on présentera le processus de fabrication des batteries neuves avec ses différentes sections.

## I.1. Présentation de l'organisme d'accueil :

### - Le groupe YNNA HOLDING :

AFRIQUE CABLES étant l'une des filiales du groupe CHAABI « YNNA HOLDING », ce groupe CHAABI est une société holding privée dont l'actionnariat comprend exclusivement des personnes physiques (Famille CHAABI).

Le groupe étant devenu actuellement de grande renommée opère dans les principaux secteurs d'activité en phase avec l'évolution du marché marocain :



**Figure 1:** Secteurs du groupe YNNA Holding

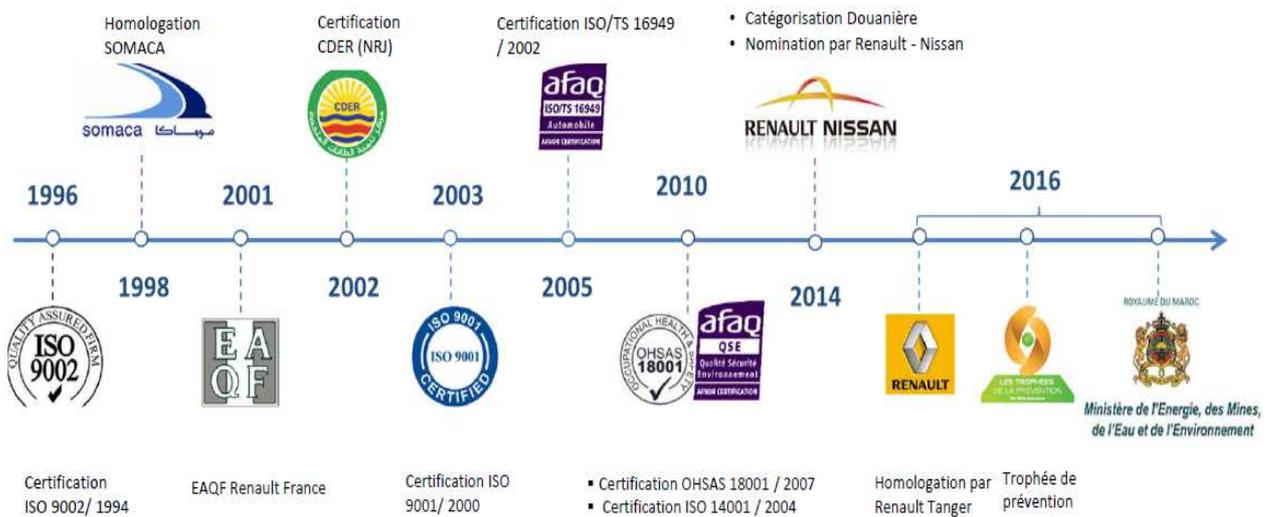
YNNA Holding est, aujourd'hui, une firme multinationale dont l'effectif est de 20000 collaborateurs et collaboratrices. Il bénéficie actuellement d'une notoriété tant au Maroc que dans plusieurs pays étrangers.

**- Historique de l'entreprise AFRIQUE CABLES :**

AFRIQUE CABLES est une société anonyme créée en 1992 et localisée à CASABLANCA, elle comporte deux unités de production l'une spécialisée dans la fabrication des batteries de démarrage et d'énergie reconnues sous la marque « ELECTRA » et une autre unité de production des câbles téléphoniques destinés au marché national et à l'export.

ELECTRA est la première marque de batteries 100% marocaine, par ailleurs ELECTRA mène régulièrement des opérations de relations publiques auprès de ses prescripteurs, revendeurs, concessionnaires pour les batteries de démarrages, ONG et collectivités locales pour la promotion de l'énergie renouvelable afin de consolider son positionnement local.

ELECTRA est certifiée ISO TS 16949 qui est une norme spécifique au secteur automobile, elle vise le développement d'un système de management basé sur l'amélioration continue des performances.



**Figure 2: Historique d'Afrique Câbles**

A part son site de production localisé à Casablanca, AFRIQUE CABLES dispose de plusieurs agences de distribution dans différentes régions du royaume lui permettant ainsi de servir ses clients.

**I.2. Fiche représentative de la société :**

Le tableau suivant présente un ensemble d'informations sur l'entreprise AFRIQUE CABLES :

---

<b>Raison sociale</b>	<b>AFRIQUE CABLES</b>
<b>Groupe</b>	Ynna Holding du groupe Chaabi
<b>Forme Juridique</b>	Société Anonyme
<b>Capital Social</b>	111.387.000 DHS
<b>Date de Création</b>	1992
<b>Directeur Général</b>	Mohammed LACHAM
<b>Secteur d'activité</b>	Industrie d'automobile & Télécommunication
<b>Capacité de production</b>	- 170000 batteries par an - 500000 câbles par an
<b>Part de Marché</b>	- Batteries : environ 30% - Câbles : environ 40%
<b>Nombre de collaborateurs</b>	230
<b>E-mail</b>	<a href="mailto:electra@electrabatterie.com">electra@electrabatterie.com</a> <a href="mailto:info@electrabatterie.com">info@electrabatterie.com</a>
<b>Adresse</b>	Bd Ahl Loughlam, Route Tit Mellil BP 20630 - Casablanca

**Tableau 1:** Fiche représentative de la société

### **I.3. Organigramme d'AFRIQUE CABLES :**

La société AFRIQUE CABLES est structurée en processus selon l'organigramme hiérarchique suivant :

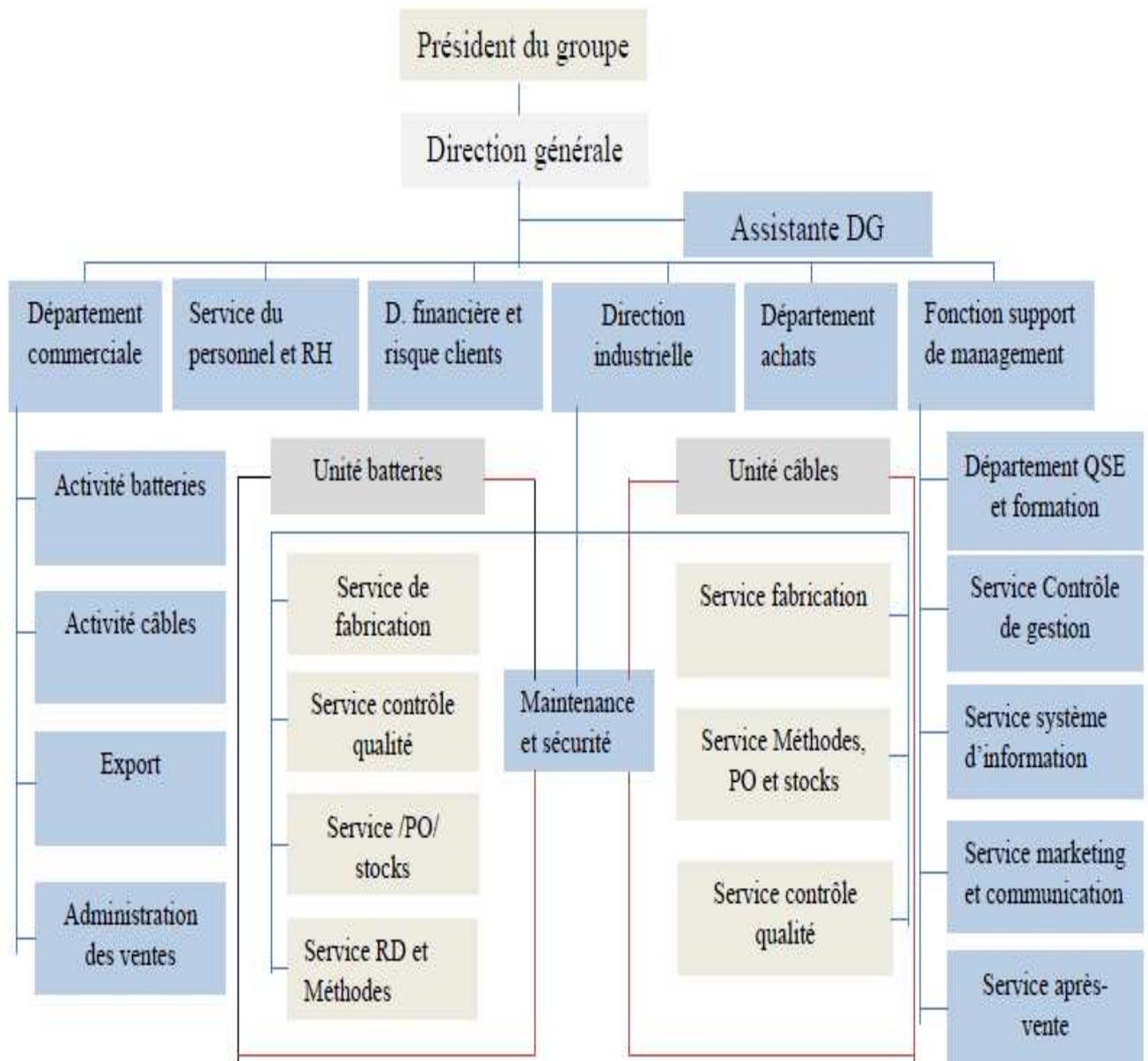


Figure 3: Organigramme d'Afrique Câbles

#### I.4. Produits fabriqués :

Afrique Câbles fabrique et commercialise plusieurs types de batteries et de câbles téléphoniques à savoir :

##### - Gamme des batteries :

ELECTRA, dispose d'une large gamme de batteries de démarrages adaptées au marché national et international et distinguées eux-mêmes par leurs performances de stockage, leur endurance et leur excellent démarrage cycle.



✓ **Gamme BSOM (Batterie Sans Œil Magique)** : dotée d'un double couvercle avec labyrinthe thermo-soudé, afin d'empêcher le déversement de l'acide. D'un dispositif antidéflagrant qui offre une plus grande sécurité en laissant fuir les gaz de surcharge (pas d'explosion en cas de surpression) et empêche un retour des flammes extérieures.



✓ **Gamme BAOM (Batterie Avec Œil Magique)** : pas besoin de perdre le temps d'aller vérifier chez l'électricien le circuit de charge, avec l'œil magique placé sur le couvercle de la batterie de votre véhicule, vous pouvez contrôler l'état de charge de la batterie et détecter directement, l'état de fonctionnement du circuit de charge.



✓ **Gamme BPL (Batterie Poids Lourd)** : étudiée pour les véhicules à usage intensif.



✓ **Gamme BES (Batterie Energie Solaire)** : dotée de grille en alliages appropriés une matière active à haut rendement énergétique et un séparateur pochette « High performance » qui présente une résistance élevée à la corrosion.

#### - Gamme des câbles téléphoniques :

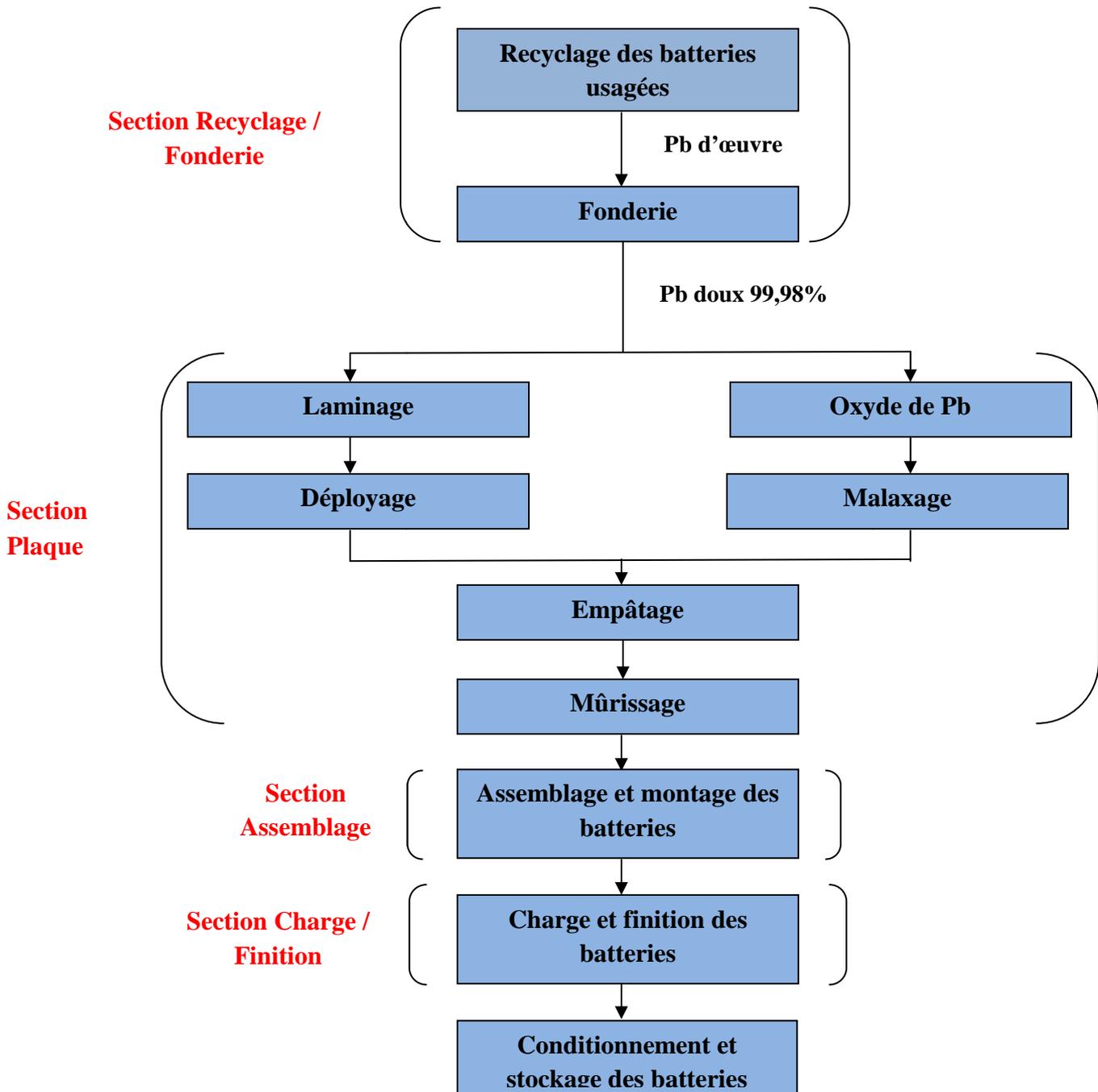
Elle est spécialisée dans la fabrication de différents produits des câbles téléphoniques selon la demande des clients, à savoir les câbles réseaux, les câbles branchement, les câbles de l'équipement intérieur et les câbles de signalisation.

### I.5. Présentation de la production des batteries neuves avec ses différentes sections :

La fabrication des batteries du trafic routier, de par les compétences mises en œuvre et ses techniques de fabrication, s'apparente beaucoup à l'industrie automobile, en ce qui concerne les batteries utilisant la technologie Pb-Ca. Tout en respectant les normes du service production, l'objectif ultime de ce service est de produire les quantités fixées par les prévisions des ventes selon le programme de production établi.

**- Processus de fabrication des batteries en Plomb :**

La production des batteries à base de plomb et d'acide sulfurique, passe par plusieurs étapes et utilise plusieurs produits intermédiaires, ces principales étapes sont présentées sur le schéma ci-dessous :



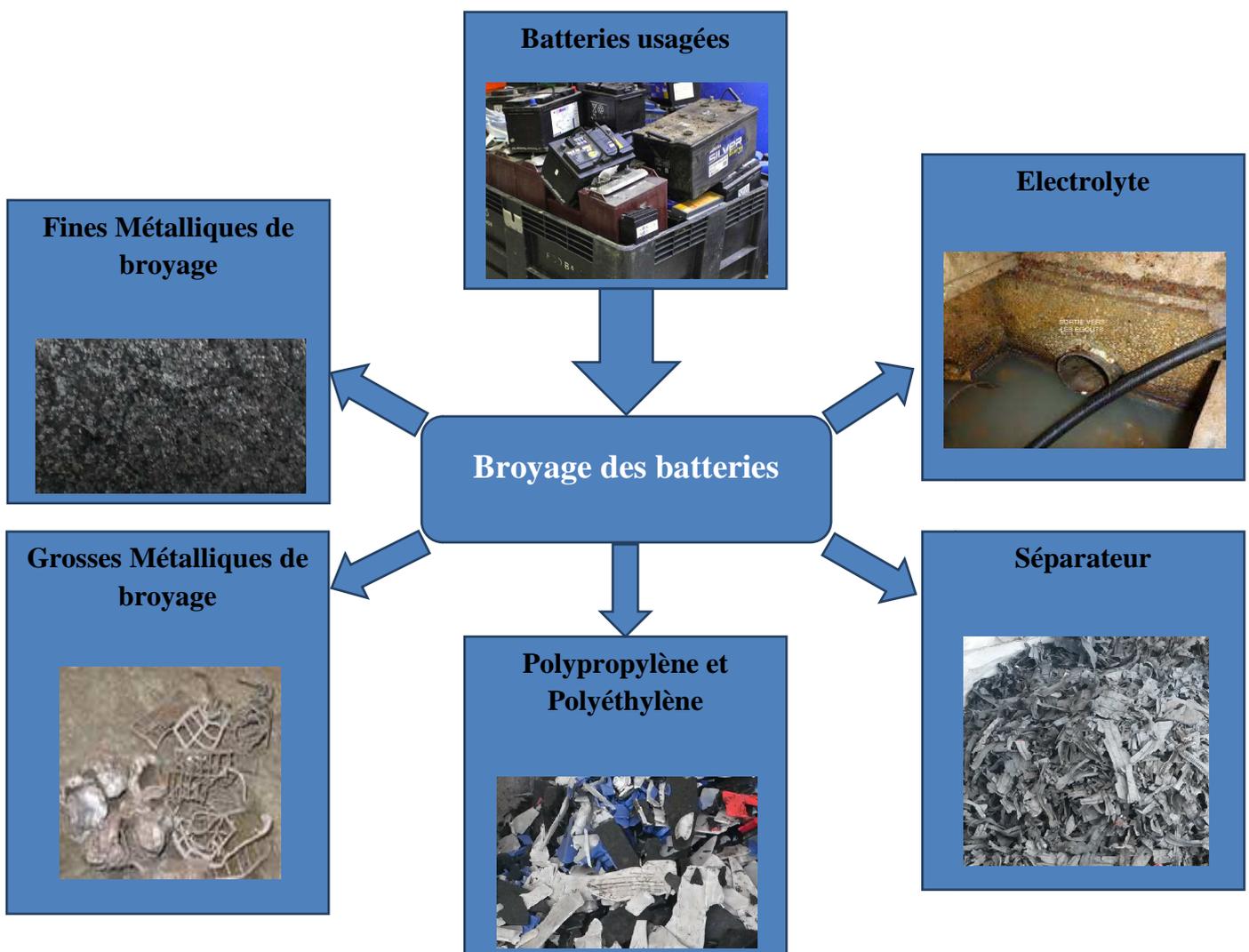
**Figure 4:** Processus de fabrication des batteries neuves

**A - Section Recyclage / Fonderie :**

### - Recyclage des batteries usagées :

La fabrication des batteries est assurée à partir du recyclage des déchets de la production et des batteries usées. Le recyclage des batteries au plomb est rendu complexe par la présence de matériaux très différents (plomb métallique, pâte de plomb, solution d'acide sulfurique, polypropylène) et par la dangerosité de certains de ces composants. Ce recyclage s'effectue dans une section qui contient plusieurs machines, et qui seront bien décrites dans le chapitre III.

Les batteries seront introduites dans une ligne de broyage qui appartient à la section recyclage, munie de séparateurs hydrodynamiques à vis sans fin qui permettent la séparation des différents matériaux qui constituent la batterie sont représentés dans la Figure ci-dessous :



**Figure 5:** Les constituants d'une batterie usagée après broyage



Le plomb obtenu à la sortie de la section est un plomb appelé « Plomb d'œuvre ». Ce dernier sera acheminé par la suite vers la section fonderie.

### - Fonderie :

La fonderie représente l'un des éléments principaux du processus de production, sa fonction est de produire le Plomb doux qui sera fourni à l'étape de production d'oxyde de plomb et laminage.

Les fines et les grosses métalliques de broyage venant du broyeur, l'Oxyde de Plomb venant du filtre presse, les plaques non conformes, les morceaux de plomb venant de la section plaque, les déchets du filtre dépoussiérage et tous les déchets au long du processus de production représentent une entrée de la section fonderie. Au niveau de cette dernière, les déchets cités ci-dessus passent par les deux phases suivantes :

La phase fusion réduction: va consister à extraire le plomb d'œuvre contenu des déchets cités précédemment en les fondant à l'aide d'un brûleur, et en les réduisant chimiquement par l'ajout de quelques additifs dans un four rotatif. Le métal ainsi obtenu est ensuite dirigé vers une plateforme d'affinage.

La phase affinage : s'effectue sur le plomb liquide sorti du four rotatif à des températures données et se décompose en 2 étapes principales:

- ❖ L'élimination des éléments définis comme impuretés,
- ❖ Le titrage par addition d'ajouts et/ou d'alliages mères afin d'obtenir les caractéristiques désirées.

Le Plomb doux obtenu à la sortie du four d'affinage va être pompé vers la chaîne de linguôtage pour être conditionné sous forme de lingots.

## B - Section Plaque :

### Laminage :

Dans la ligne laminage le produit est la bande alors que la matière première est les lingots de plomb doux.

Cette ligne permet alors de produire des bobines de bandes positives ou négatives laminées à base d'un alliage de Ca (pour avoir une flexibilité), (Al-étain) et plomb doux, pour une capacité de production de 3 bandes/heure.

### Oxyde de Plomb :

Les lingots de plomb doux arrivent en continu dans un four réglé à une température de 400°C. Le plomb devenu liquide descend alors par gravité, via une gouttière chauffée au gaz, jusqu'au pot où il est dispersé en fines gouttelettes par les pales d'un batteur.

De l'air comprimé introduit par le haut du pot assure l'oxydation du plomb pour obtenir l'oxyde de plomb (OPb) comme on peut le voir sur la Figure 6.



**Figure 6:** Oxyde de Plomb

Cet oxyde de plomb produit est acheminé ensuite vers des silos de stockage avant d'être envoyé vers le malaxeur de la ligne empâtage. La production continue jusqu' à la saturation des silos de stockage.

### - Malaxage :

La composition des pâtes diffère quelque peu selon leur destination finale.

#### **- Pour les plaques positives :**

Le mélange est constitué d'Oxyde de Plomb, d'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ), de l'eau déminéralisée et une petite quantité de fibres synthétiques qui assurent une bonne tenue de la pâte.

#### **- Pour les plaques négatives :**

Les mêmes ingrédients sont employés pour ce type de pâte, sauf ajout en faible quantité d'un composé de couleur noir nommé « Expander ». Cet additif a pour but d'augmenter la durée de vie des plaques.

La pâte provenant du malaxeur (Figure 7), puis poussée sous pression à travers les différents orifices de la grille qui a été fabriquée au niveau de la ligne déployage.



**Figure 7:** Malaxeur à trémie

### -Déploiement :

Une fois les pâtes sont prêtes et les bandes sont laminées. Ces dernières doivent restées en stock pendant 3jours, elles constituent l'entrée de la ligne déployage, où s'effectue la fabrication des bandes, sous forme de grilles qui vont par la suite se diriger vers la ligne empâtage pour continuer le processus de fabrication des plaques.

---

### -Empâtage :

Les pâtes provenant du malaxeur sont déversées dans une trémie, puis tombées par gravité à l'empâteuse, et on obtient à la sortie de cette dernière, une grille découpée en deux, empâtée et qu'on l'appelle plaque comme la montre la Figure 8 ci-dessous :



**Figure 8:** Les plaques à la sortie de l'empâteuse

### - Mûrissage :

Les plaques sont dirigées vers un tunnel, elles sont récupérées manuellement en sortie de l'empâteuse, puis empilées les unes sur les autres. Elles sont ensuite placées dans 4 locaux nommés chambres de mûrissage (Figure 9). La température de mûrissage doit être de l'ordre de 50 °C pour assurer une bonne composition de la pâte. L'opération de mûrissage a comme but d' :

- Assurer la cohésion de la pâte en favorisant le développement de la cristallisation des sulfates de plomb comme premier cycle,
- Assurer l'accrochage et le séchage de la pâte sur la grille support (réaction grille-pâte) comme deuxième cycle.



**Figure 9:** Chambres de mûrissage

### C - Section Assemblage:

A la sortie des chambres de mûrissage, les plaques positives et négatives se dirigeront par la

.....

suite à la section assemblage. Pour la première étape, qui est la mise des plaques positives dans des pochettes (séparateurs), ces dernières garantissent une isolation électrique entre les plaques positives et négatives, et sont réalisées par la machine Tekmax (ou enveloppeuse), et en deuxième étape, est la constitution des groupes par empilage alterné, l'objectif est de former des groupes de plaques (Figure 10) qui seront introduites par la suite dans les cellules des bacs de batterie. Chaque groupe contient un nombre bien défini en plaques simples négatives et positives enveloppées selon la gamme de batterie produite.



**Figure 10:** Enveloppement et constitution des groupes

Les éléments d'une même polarité sont reliés par des connexions à l'aide d'une machine de soudage (COS) et placés par la suite dans les cellules des bacs comme la montre la Figure 11.



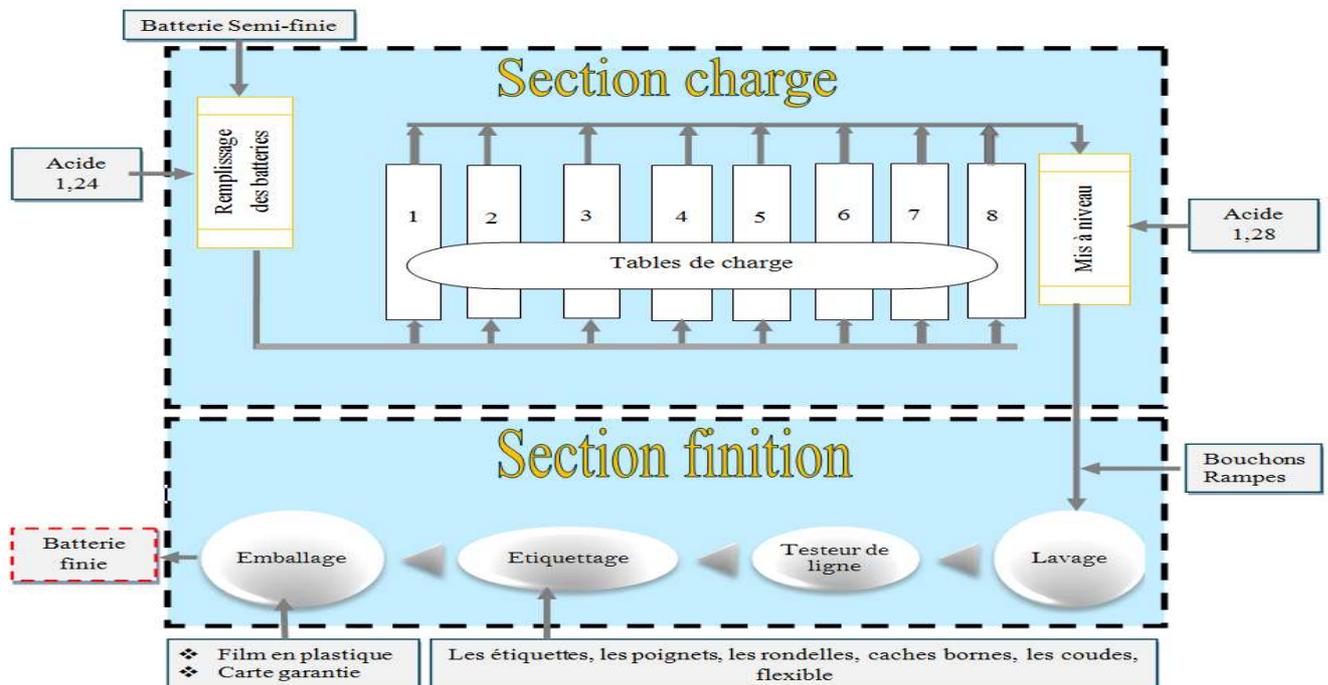
**Figure 11:** Soudage et empilage des groupes de plaque

La batterie est ensuite fermée par un couvercle perforé qui contient deux grands trous aux extrémités (pole + et pole -) destinés à la charge électriquement au niveau des tables de charge et d'autres petits trous destinés au remplissage en électrolyte au niveau de la section charge / finition des batteries.

### D - Section Charge / Finition:

Cette section se compose de deux lignes principales : la ligne **charge** qui assure le remplissage en acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) et le chargement électrique des batteries. La ligne **finition** pour le lavage, l'étiquetage et l'emballage des batteries chargées (Figure 12). Les batteries semi-finies doivent passer par l'opération de remplissage et de charge électrique avant leur expédition. Cette opération se fait dans la ligne charge à l'aide d'une machine

contenant un réservoir, dont son principal paramètre de réglage est le temps de remplissage qui diffère d'une batterie à l'autre selon la gamme traitée.



**Figure 12:** Schéma descriptif du processus de la section Charge / Finition

Une fois le remplissage est terminé, les batteries remplies passent par rangée aux tables de charge, où elles sont alimentées en série par le courant continu venant des chargeurs. Une fois la table est saturée par les batteries, le responsable de la section lance le cycle de charge des batteries qui dure plus ou moins 14 heures. Ensuite les batteries chargées passent à l'aide d'un convoyeur à une machine de mis à niveau, qui a pour but de mettre à niveau l'électrolyte, par la suite le lavage des batteries de l'extérieur et après elles se dirigent vers un testeur de ligne. Ce dernier permet de régler le courant de démarrage de chaque batterie.

**- Conditionnement et stockage des batteries :**

C'est la phase finale où les batteries passent à l'étape de conditionnement, qui constitue l'emballage et l'étiquetage, ensuite elles sont dirigées vers le magasin de stockage des batteries finies (Figure 13).



**Figure 13:** Conditionnement et stockage des batteries neuves



## **CHAPITRE II :**

### **METHODES ET OUTILS UTILISES**

Afin de bien mener le projet, c'est indispensable de définir dans ce chapitre les différentes perspectives de la maintenance en général et de la maintenance préventive en particulier, bien que la démarche et les outils qu'on va utiliser afin de réussir l'étude.

## II.1. Généralités sur la maintenance :

C'est l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise » (extrait de la norme européenne NF EN 13306 X 60-319 de juin 2001).

Les différents types de maintenance sont représentés sur la Figure ci-dessous.

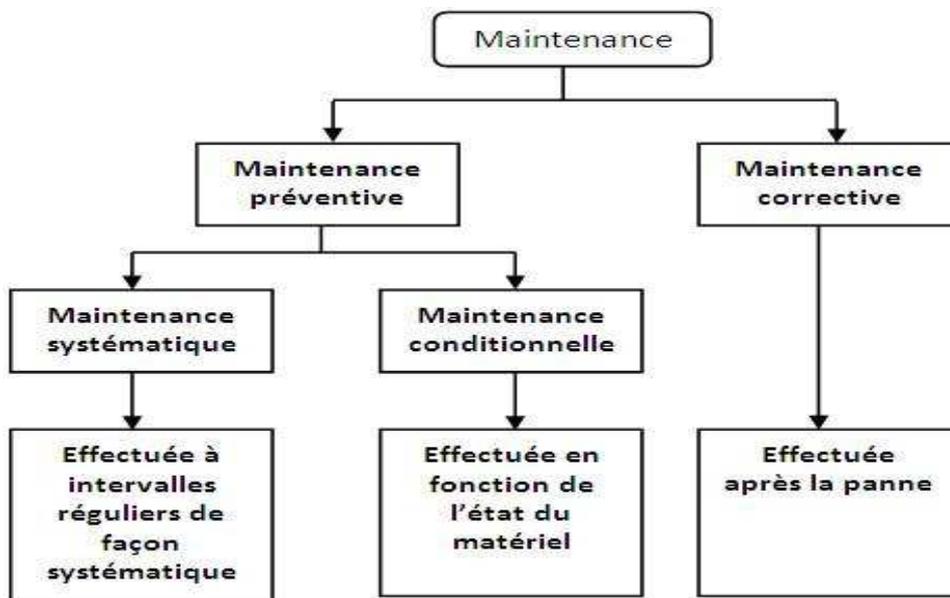


Figure 14: Les différents types de la maintenance

La maintenance se donne comme objectifs prioritaires de réduire les temps d'arrêt et d'augmenter le temps de bon fonctionnement. Cet état de bon fonctionnement permet au moyen de processus opérationnel adéquat d'obtenir la qualité produite requise, de garantir la sécurité et de respecter l'environnement.

## II.2. La maintenance préventive :

C'est la maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien.

Cette maintenance préventive est composée de :

-----  
**a. La maintenance systématique :**

C'est une maintenance préventive qui est effectuée selon un planning établi selon le temps ou le nombre d'unités d'usage. Les principales opérations de maintenance systématique comme les remplacements, le graissage, les nettoyages, les réglages...

**b. La maintenance conditionnelle :**

C'est une maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé révélateur de l'état de dégradation d'un bien. Le critère de déclenchement des opérations de maintenance (remplacement, réglage, rechargement,...) est le dépassement d'un certain seuil par un indicateur approprié d'apparition de défaillance.

### II.3. Démarche et méthodes :

Pour mettre en place un plan de maintenance préventive il convient d'avoir une démarche structurée, qu'on a procédé en 4 étapes :

**Identifier les équipements critiques** à travers une échelle de classement (PARETO),

**Etude fonctionnelle** : Déterminer les emplacements des équipements à étudier dans les stations (Bête à cornes, Pieuvre et FAST),

**Analyse des mécanismes de défaillance** : Identification des modes de défaillance, leurs causes, leurs effets, leurs moyens de détection et leur criticité (Ishikawa, AMDEC Equipement),

**Proposition des actions préventives** : Etablir un plan de maintenance avec toutes les informations nécessaires au bon déroulement des entretiens.

#### II.3.1 - Méthodes utilisées :

**a. PARETO :**

Diagramme de Pareto est composé de deux axes. L'axe des abscisses représente les causes, l'axe des ordonnées représente les effets sur le problème. Le diagramme de Pareto permet de classer les problèmes en fonction du nombre d'occurrences et ainsi de définir des priorités dans le traitement des problèmes.

Cet outil de bas sur la loi de 20 / 80. Autrement dit il met en évidence les 20% de causes sur lesquelles il faut agir pour résoudre 80 % du problème. Il sera utile pour déterminer sur quels moyens on doit agir pour améliorer de façon significative la situation.

**b. Le QOQCP :**

Cet outil consiste à poser toutes les questions relatives à une problématique afin d'en fixer le périmètre en vue d'une future démarche de résolution de problème. Il est utilisé dès lors que l'on cherche à avoir une vision complète d'une situation:

➤ **Qui** : Personnes concernées par le problème, Qui a constaté le problème ? Sur quelle personne le problème va-t-il impacter ?

➤ **Quoi** : Nature et conséquence du problème, Quelle est l'activité/processus concerné par le problème ?

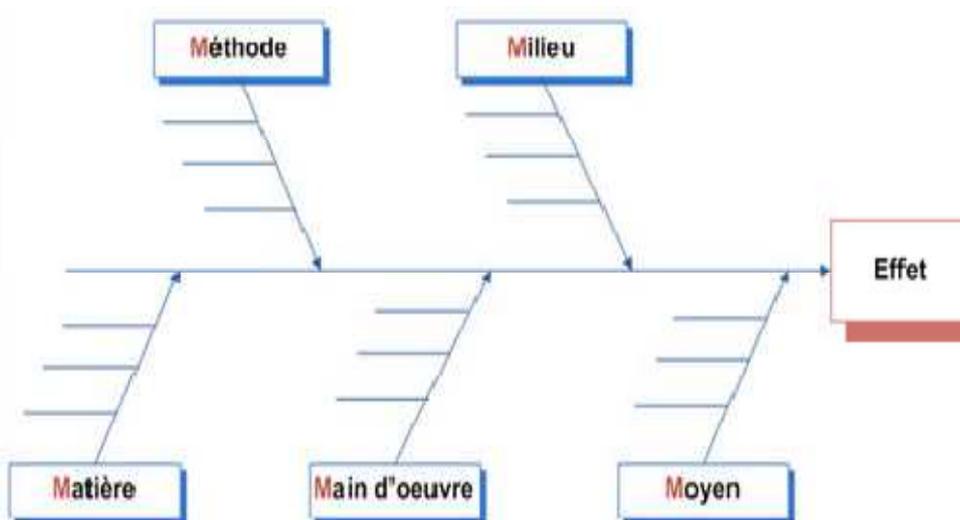
- 
- **Où** : Localisation et périmètre du problème, Où le problème a-t-il des conséquences ? Quels sont les secteurs concernés ?
  - **Quand** : Caractéristique temporelle du problème. Moment de l'occurrence, Quand a lieu le problème ? Suite à quel événement ?, Quelle est sa fréquence d'apparition ?, Depuis combien de temps le problème existe-t-il ?
  - **Comment** : Mode d'occurrence du problème, Comment le problème se révèle-t-il ?, Quels sont ses effets ?
  - **Pourquoi** : Raisons et causes du problème (Pourra être déterminé par le diagramme de cause-effets et l'outil des 5 pourquoi.), Qu'est ce qui explique l'occurrence du problème ?

**c. Ishikawa (5M) :**

Il est souvent utilisé dans le cadre d'une résolution de problème. Il sera utile pour déterminer de façon pertinente sur quels leviers on doit agir pour améliorer la situation et permet aussi de définir l'ensemble des causes qui produisent un effet étudié. Il est composé d'un tronc principal au bout duquel est indiqué l'effet étudié et de cinq familles de causes : (Figure 15)

- ✓ **Main d'œuvre** : (Connaissances, compétences, comportement, organisation de l'équipe de travail...),
- ✓ **Milieu** : (Environnement de réalisation de la tâche : température, luminosité, humidité, pression, ambiance...),
- ✓ **Matière** : (Matière première ou matière utilisée : référence d'un acier, huile, papier, stylos),
- ✓ **Méthode** : (Méthode de réalisation de la tâche : Systématique de travail, Marche à suivre, Document de description de la tâche),
- ✓ **Moyen** : (Outils utilisés pour la réalisation de la tâche : Machines, matériels)

Les noms des différentes familles pourront être adaptés aux différentes situations de résolution de problèmes.



**Figure 15:** Diagramme Ishikawa

-----  
**d. Outils d'analyse fonctionnelle :**

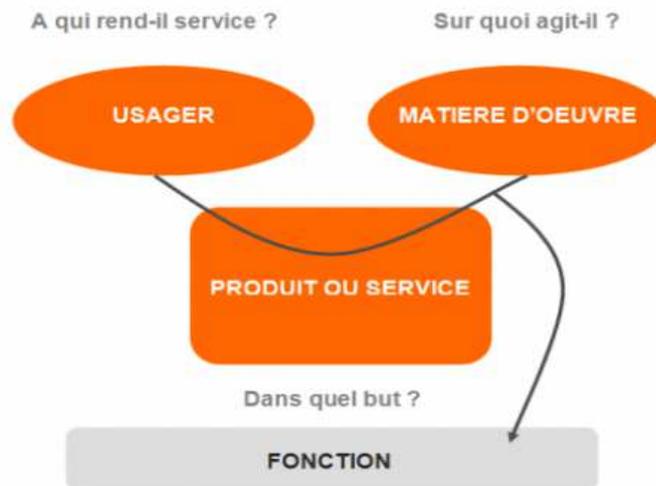
L'analyse fonctionnelle fournit une méthode qui se situe dans une démarche rationnelle de construction des savoirs et des savoirs faire, et apporte des repères suffisants pour permettre d'analyser, choisir et utiliser un tel équipement.

Et parmi les outils d'analyse fonctionnelle on a le diagramme bête à cornes, le diagramme de Pieuvre et le diagramme FAST afin de cerner le fonctionnement de chaque machine étudiée.

**• Diagramme Bête à cornes :**

La bête à cornes est un outil de représentation de ces questions fondamentales : (Figure 16)

- A qui, à quoi le produit rend-il service ?
- Sur qui, sur quoi agit-il ?
- Dans quel but ? (Pourquoi ?)



**Figure 16:** Diagramme Bêtes à cornes

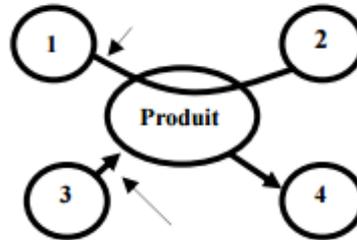
**• Diagramme de Pieuvre :**

La pieuvre est une méthode pour l'identification des fonctions. Elle permet de :

- Identifier les milieux extérieurs et l'environnement avec lequel le système est en relation,
- Déterminer les relations entre le système et les couples d'éléments du milieu extérieur (fonctions principale(s) et contrainte(s)),
- Déterminer les relations entre le système et chaque élément du milieu extérieur.

**Exemple :**

Le produit est en relation avec certains composants du milieu extérieur repérés 1, 2,3 ou 4.

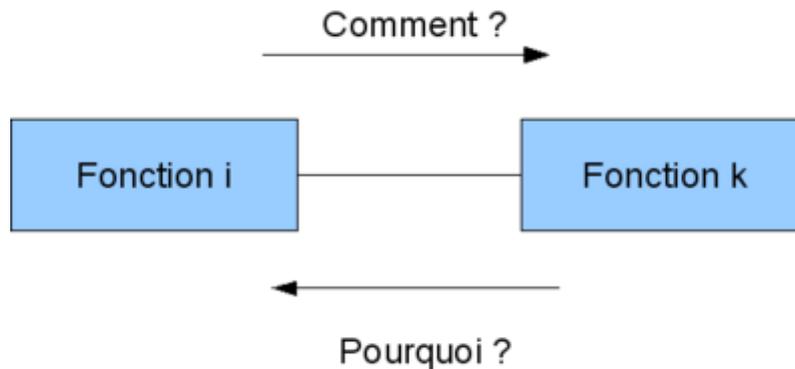


Il crée une ou des relations entre 1 et 2. Il doit s'adapter à 3 et il agit sur 4. Il remplit des fonctions.

**• Diagramme FAST:**

Un diagramme FAST fournit une décomposition des fonctions du système allant des fonctions de service (fonctions en lien avec le milieu extérieur) et passant par les fonctions techniques (fonctions internes au système) jusqu'à l'énoncé des solutions technologiques employées ou prévues pour remplir les fonctions techniques.

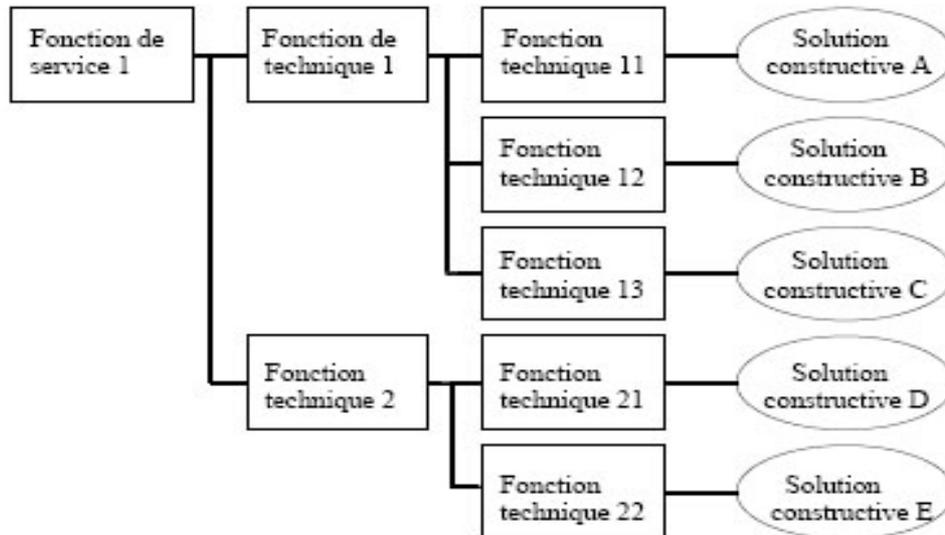
Ce diagramme se construit de la gauche vers la droite à partir de l'énoncé d'une fonction.



Tout déplacement vers la droite répond à la question : Comment réaliser cette fonction ? (Comment est réalisée la fonction i ? Par la fonction k.)

Tout déplacement vers la gauche répond à la question : Pourquoi réaliser cette fonction ? (Pourquoi est réalisée la fonction k ? Parce ce qu'il faut réaliser la fonction i.)

Il est complété vers le haut ou vers le bas pour définir les fonctions devant être assurées simultanément ou en alternative comme la montre la Figure 17.



**Figure 17:** Diagramme FAST

**e. Outil AMDEC :**

L'AMDEC est une technique spécifique de la sûreté de fonctionnement, elle 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 et des modes des défaillances et de leur criticité, et on distingue usuellement trois types d'AMDEC :

- AMDEC Produit : appliquée au produit et consiste à analyser la conception d'un produit dans le but d'améliorer sa qualité et sa fiabilité prévisionnelle,
- AMDEC Process : consiste à analyser les modes de défaillance liés au processus de fabrication,
- AMDEC Moyens de production ou Equipement : concerne l'analyse des défaillances liées aux machines.

Cette dernière est l'outil qui va être utilisé dans la suite du projet.

**Les effets de défaillance :**

Pour chaque mode de défaillance, il faut décrire les effets de la défaillance sur le système, qui concernent l'utilisateur du moyen de production. Les conséquences sont relatives :

- A l'arrêt de la production du moyen ;
- Au non qualité du produit fabriqué et à la sécurité des biens et des personnes.

**Les causes de défaillance :**

Une cause de défaillance est souvent une anomalie qui conduit à la défaillance, par l'intermédiaire du mode associé. Il peut y avoir plusieurs causes pour un même mode de défaillance.

**Grille AMDEC :**

La grille AMDEC utilisée comprend 8 colonnes : (Tableau 5)

- 
- Le composant indique la partie de la machine qui est concernée ;
  - La fonction est celle à laquelle ce composant participe ;
  - L'évaluation consiste à noter et hiérarchiser les chaînes cause / mode / effet de la défaillance ;
  - La détection explique comment on prend conscience du problème ;
  - Les actions sont les solutions envisagées pour remédier au problème.

L'évaluation de la criticité de chaque composition cause, mode, effet se fait par des critères de cotation suivant la norme CNOMO :

**La fréquence F d'apparition de la défaillance :**

Probabilité que la cause se produise et qu'elle entraîne le mode de défaillance.

Note	FREQUENCE F	CRITERES DE SELECTION
<b>1</b>	Pratiquement inexistant	Défaillance pratiquement inexistante sur des installations similaires en exploitation, au plus <b>1 défaut sur la durée de vie du moyen</b>
<b>2</b>	Rare	Défaillance rarement apparue sur du matériel similaire existant en exploitation, à titre indicatif : <b>1 défaut par an</b> ou Composant d'une technologie nouvelle pour lequel toutes les conditions sont théoriquement réunies pour prévenir la défaillance, mais il n'y a pas d'expérience sur du matériel similaire
<b>3</b>	Occasionnel	Défaillance apparue occasionnellement sur du matériel similaire existant en exploitation, à titre indicatif : <b>1 défaut par trimestre</b>
<b>4</b>	Fréquent	Défaillance apparue fréquemment sur un composant connu ou sur du matériel similaire existant sur une exploitation, à titre indicatif : <b>1 défaut par mois</b> , ou Composant d'une technologie nouvelle pour lequel toutes les conditions ne sont pas réunies pour prévenir la défaillance et il n'y a pas d'expérience sur du matériel similaire

**Tableau 2:** Grille de fréquence F

**La gravité G de la défaillance :**

Valeur relative à l'effet de chaque défaillance, s'exprimant en termes de maintenabilité, de qualité des pièces produites (conformité), et de sécurité.

Note	GRAVITE G	CRITERES DE SELECTION (TI = Temps d'intervention *, Qualité et Sécurité)
<b>1</b>	Mineure	Défaillance mineure, aucune dégradation notable du matériel, à titre indicatif, <b>TI ≤ 3 min</b>
<b>2</b>	Moyenne	Défaillance moyenne nécessitant une remise en état de courte durée, à titre indicatif, <b>3 min &lt; TI ≤ 20 min</b>
<b>3</b>	Majeure	Défaillance importante, nécessitant une intervention de longue durée, à titre indicatif, <b>20 min &lt; TI ≤ 60 min</b> ou Non-conformité du produit, constatée et corrigée par l'utilisateur du moyen
<b>4</b>	Catastrophique	Défaillance grave, à titre indicatif, <b>TI &gt; 60 min</b> , ou Non-conformité du produit, constatée par un client aval (interne à l'entreprise), ou Dommages matériels importants (sécurité des biens)
<b>5</b>	Sécurité / Qualité	Accident pouvant impliquer des problèmes de sécurité des personnes, en dysfonctionnement ou en intervention, ou Non-conformité du produit envoyé en clientèle (l'automobiliste)

**Tableau 3:** Grille de gravité G

\* TI = Temps d'Intervention ou Temps Actif de Maintenance Corrective (= Diagnostic + Réparation + Remise en condition initiale)

**La probabilité de non-détection D de la défaillance :**

Probabilité que la cause ne soit pas détectée ou que le mode atteigne l'utilisateur du moyen.

Note	NON-DETECTION D	CRITERES DE SELECTION
<b>1</b>	Détection totale	Les dispositions prises assurent une détection totale de la cause initiale ou du mode de défaillance, permettant ainsi d'éviter l'effet le plus grave, provoqué par la défaillance pendant la production
<b>2</b>	Détection exploitable	La cause ou le mode de défaillance sont repérables, mais le risque de ne pas être perçus existe
<b>3</b>	Détection faible	La cause ou le mode de défaillance sont difficilement repérables ou Les éléments de détection sont peu exploitables
<b>4</b>	Sans détection	Rien ne permet de détecter la défaillance avant que l'effet ne se produise

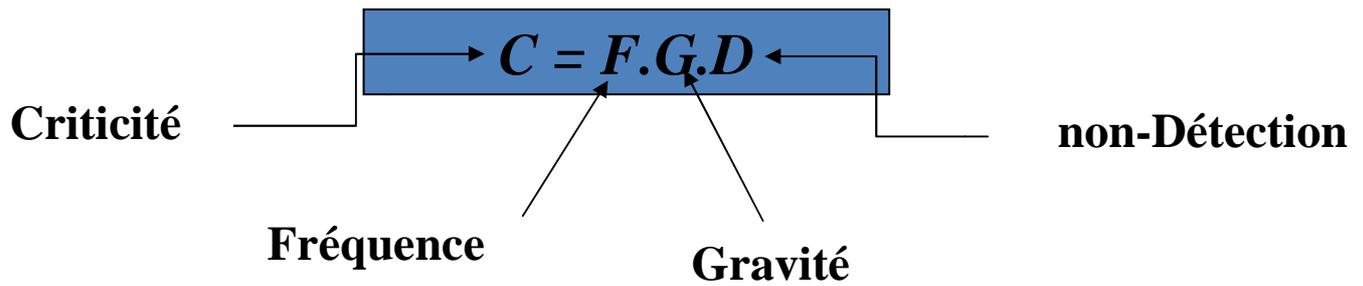
**Tableau 4:** Grille de non-détection D

Concernant la grille AMDEC peut aussi contenir d'autres colonnes pour le suivi des actions et la réévaluation de la criticité.

Composant	Fonction	Modes de défaillance	Causes possibles de défaillances	Effets de défaillance	Modes de détection	Coefficients nominaux				Actions recommandées
						F	G	D	C	

**Tableau 5:** Grille AMDEC utilisée

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



Après avoir défini les différentes méthodes et outils qu'on va utiliser lors de l'étude, il reste à présenter les équipements sur lesquels on va agir est indispensable, afin de bien comprendre leur fonctionnement et répondre au cahier de charges.

## **CHAPITRE III :**

**DEFINITION DU CAHIER DE CHARGES ET  
IDENTIFICATION DES MACHINES CRITIQUES**

---

Au niveau de ce chapitre, on définira d'une part, le cahier de charges et d'autre part on identifiera les machines objet d'étude, afin de bien cadrer la problématique et proposer une solution simple et efficace.

### **III.1. Cahier de charges :**

Dans le cadre de l'audit du groupe « RENAULT » de l'unité Batterie d'ELECTRA. Le Directeur Industriel et l'encadrant qui est le Responsable Maintenance m'ont proposé de :

- Définir la politique de maintenance adéquate au sein du service maintenance, en utilisant la démarche AMDEC Equipement ;
- Mettre en place un planning de la maintenance préventive, pour les équipements critiques de la section Recyclage / Fonderie.

### **III.2. Définition de la problématique à l'aide de la méthode QQQQCP :**

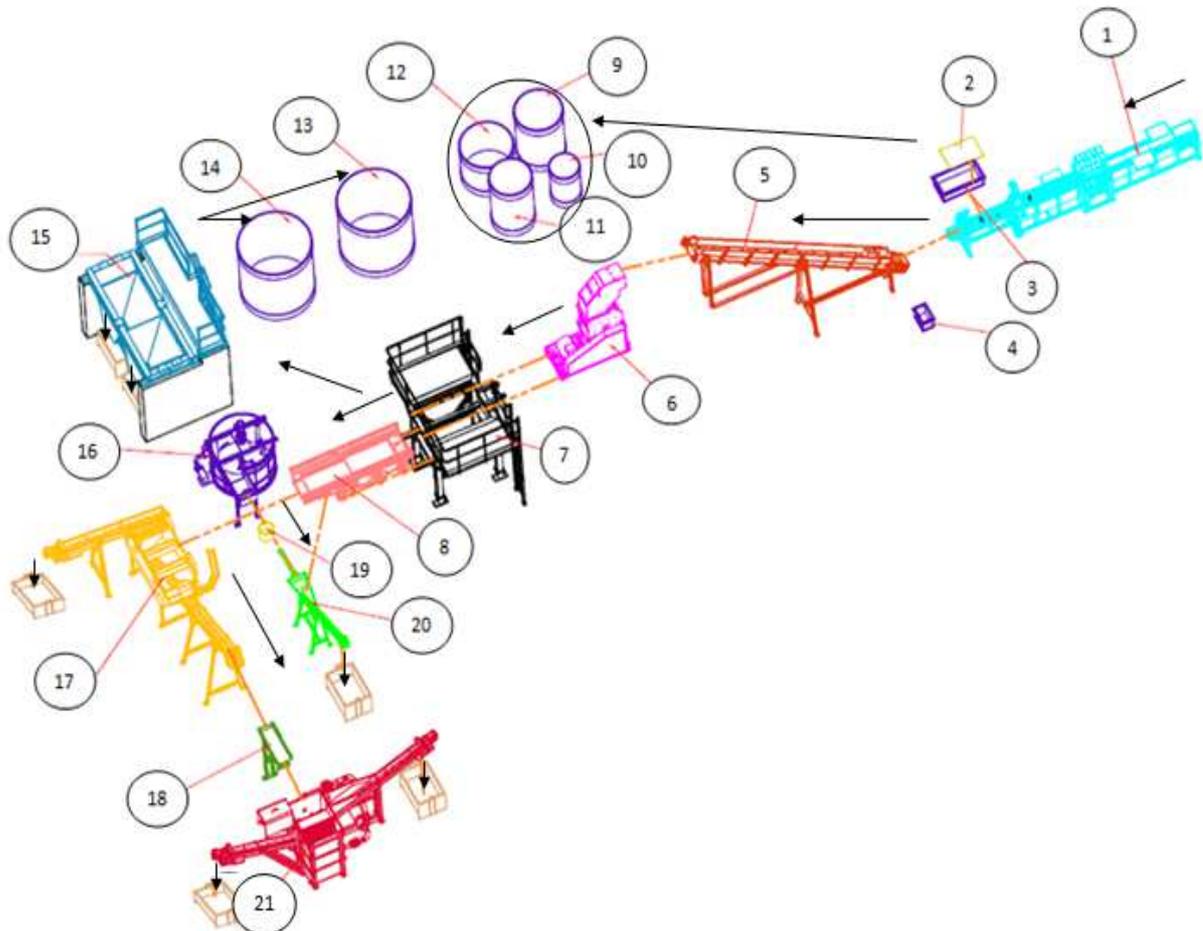
La réalisation d'un QQQQCP a permis d'identifier la problématique comme l'indique le Tableau 6.

<b>Quoi ?</b>	
De quoi s'agit-il ?	L'élaboration du plan de maintenance préventive sur la section Recyclage / Fonderie des batteries usagées à l'aide d'une étude AMDEC Equipement.
En quoi consiste l'intérêt d'élaborer le plan de maintenance préventive à l'aide d'une étude AMDEC équipement ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analyse des modes de défaillance de leurs effets et de leur criticité.</li> <li>- Maximiser la disponibilité de chaque machine</li> <li>- Minimiser les temps d'arrêt et gagner la productivité.</li> </ul>
<b>Qui ?</b>	
Qui est concerné ?	La section <b>Recyclage / Fonderie</b>
A qui l'amélioration rendra-t-elle service ?	Le service maintenance
Qui peut me donner l'aide ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atelier de maintenance de l'usine</li> <li>- Equipe qui travaille dans la section</li> </ul>
<b>Où ?</b>	
Dans quelle usine le travail sera effectué ?	Afrique Câbles S.A - ELECTRA Batterie
Sur quelle machine ?	- Machines critiques de la section
Où se trouvent ces machines dans l'usine ?	- Section Recyclage / Fonderie des batteries usagées
Où le problème apparaît-il ?	Dans les éléments constitutifs de chaque machine étudiée.
<b>Quand ?</b>	
Quand l'analyse AMDEC équipement et le plan de maintenance préventive doivent-ils être réalisés ?	Avant le démarrage de la production des batteries
Quand est ce qu'a-t-on recourt à la maintenance de ces machines ?	Suivant la fréquence définie par la politique de maintenance
<b>Comment ?</b>	
Comment maximiser la disponibilité des machines ?	En réduisant les temps d'intervention et de réparation
Avec quelles méthodes, quels moyens va-t-on travailler ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pareto, AMDEC Equipement et Ishikawa (5M)</li> <li>- Outils d'analyse fonctionnelle : Bête à cornes, Pieuvre, FAST..</li> </ul>
Comment diminuer les coûts de la maintenance ?	En établissant un plan de maintenance préventive de chaque machine appartenant à la section étudiée.
<b>Pourquoi ?</b>	
Pourquoi une telle étude et analyse?	Maximiser la disponibilité des machines étudiées, éviter les micros-arrêts et maintenir le zéro panne...

**Tableau 6:** Le QQQCP

### III.3. Description de la section objet d'étude :

La section recyclage des batteries usagées comprend : (Figure 18)



**Figure 18:** Dessin d'ensemble de la section recyclage des batteries usagées

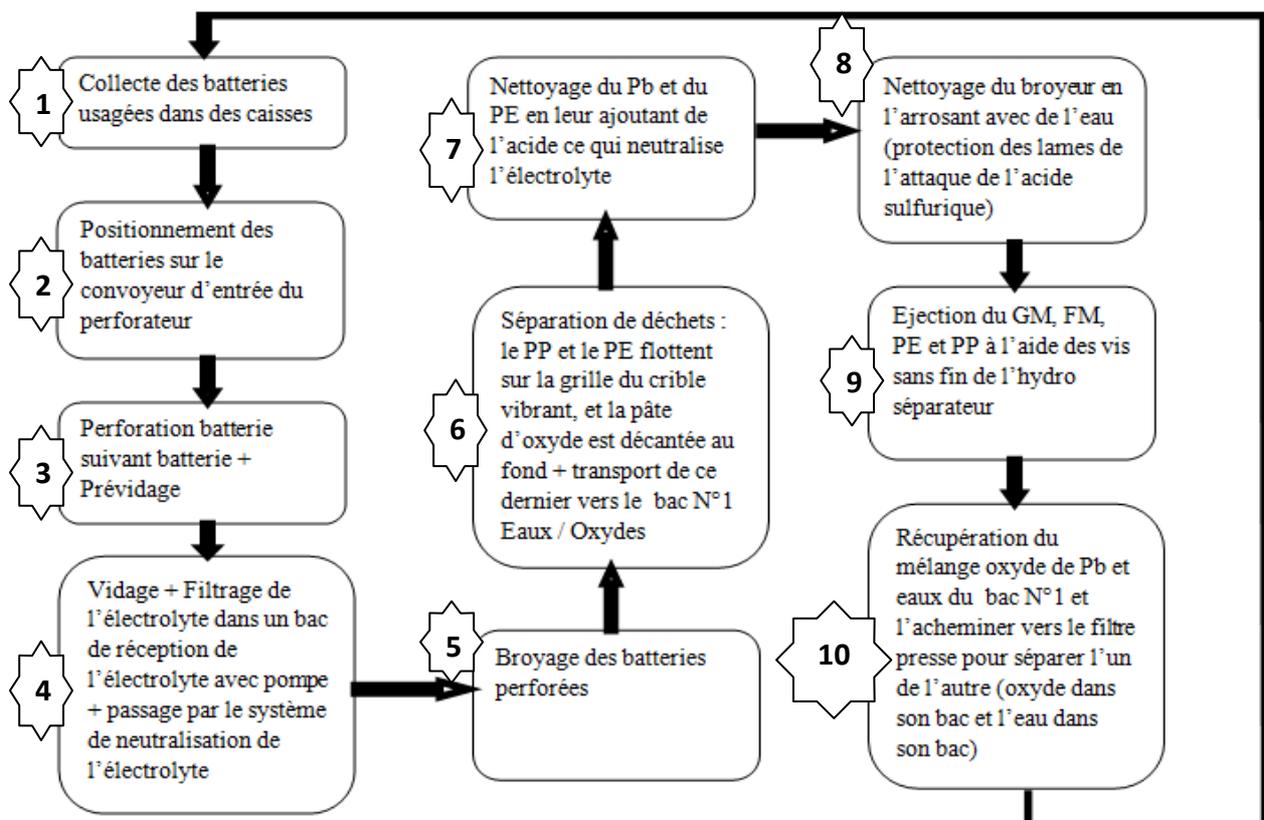
#### Nomenclature :

- 1) Un perforateur
- 2) Un filtre tamis perforateur
- 3) Un bac de réception de l'électrolyte avec pompe
- 4) Un bac acide tapis
- 5) Un tapis d'évacuation pour alimenter le broyeur
- 6) Un broyeur
- 7) Une plateforme broyeur
- 8) Un crible vibrant
- 9) Un bac de stockage soude caustique avec pompe
- 10) Un bac réacteur avec mélangeur et PH-mètre
- 11) Un bac de stockage de l'électrolyte avec pompe

- 12) Un bac de stockage électrolyte neutralisé avec pompe
- 13) Un bac de lavage avec pompe
- 14) Un bac N°2 décanteur équipé d'un mélangeur et d'une pompe de transfert
- 15) Un filtre presse
- 16) Un bac N°1 de mélange Eau / Oxyde de Plomb équipé d'une pompe et un mélangeur
- 17) Un hydro séparateur comprenant une vis sans fin pour extraire les Grosses Métalliques GM
- 18) Un poste vibrant
- 19) Un filtre tamis
- 20) Un séparateur métallique avec vis pour sortir les Fines Métalliques FM
- 21) Un hydro séparateur plastique comprenant deux vis sans fin pour extraire le PP (PolyPropylène) et le PE (PolyÉthylène).

### III.4. Processus de recyclage des batteries usagées :

Le recyclage des batteries usagées passe par plusieurs étapes et qui sont schématisées comme suit :



**Figure 19:** Schéma définissant le processus de recyclage des batteries usagées

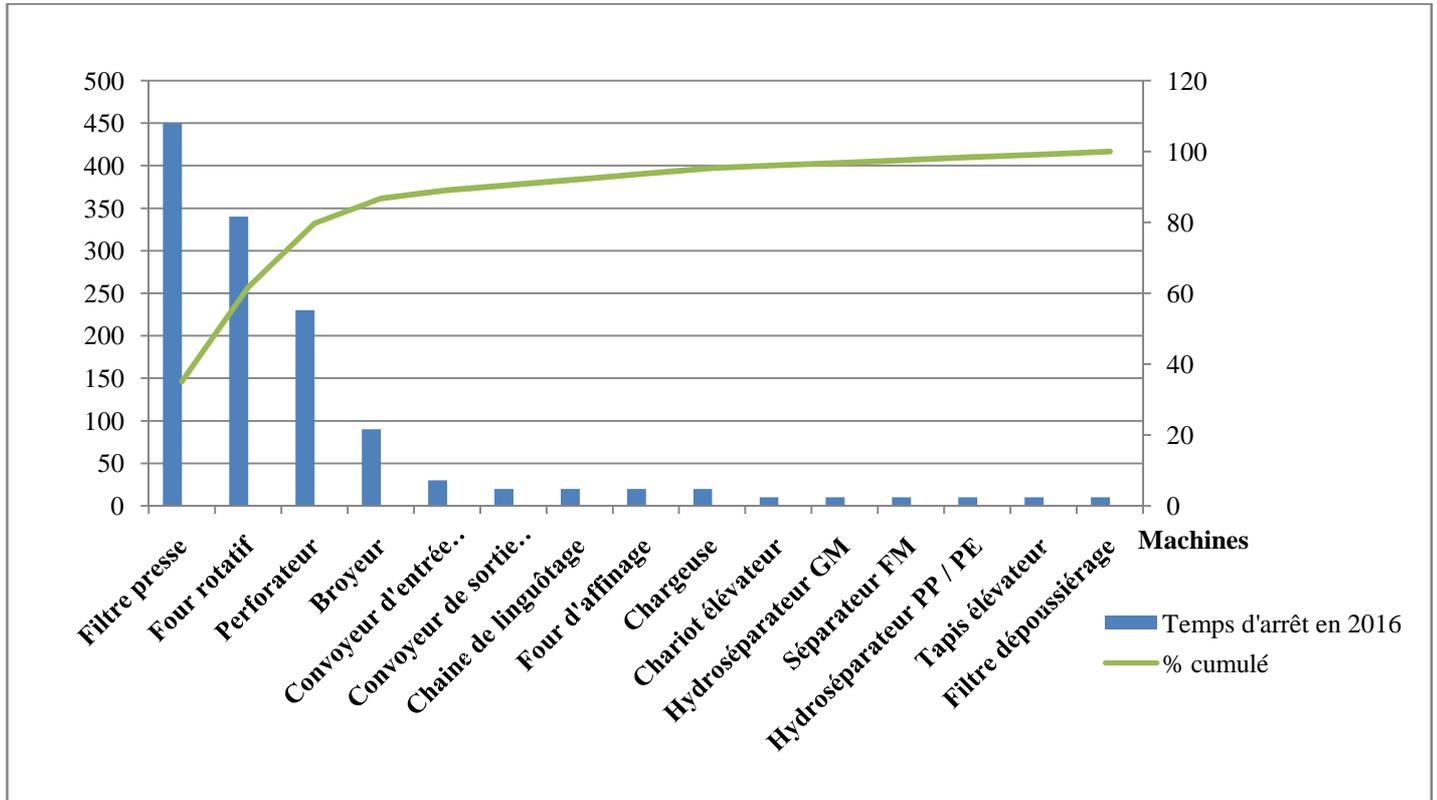
### III.5. Analyse Pareto sous critère de temps d'arrêt :

Avant d'élaborer l'AMDEC Equipement qui permet au groupe de travail d'anticiper d'éventuels aléa et dangers de moyens de production, il faut savoir sur quelles machines on va appliquer la démarche AMDEC. Par conséquent, on a procédé à une analyse PARETO afin d'identifier les machines qui tombent souvent en panne et ce en se basant sur l'historique des pannes (année 2016). Le Tableau 7 ci-dessous souligne les résultats obtenus :

Machines	Temps d'arrêt par ordre décroissant (min)	% arrêts	% cumulé
Filtre presse	450	35,15	35,15
Four rotatif	340	26,56	61,71
Perforateur	230	17,97	79,70
Broyeur	90	7,03	86,73
Convoyeur d'entrée perforateur	30	2,34	89,07
Convoyeur de sortie perforateur	20	1,56	90,63
Chaine de linguôtage	20	1,56	92,19
Four d'affinage	20	1,56	93,75
Chargeuse	20	1,56	95,31
Chariot élévateur	10	0,78	96,09
Hydroséparateur GM	10	0,78	96,87
Séparateur FM	10	0,78	97,65
Hydroséparateur PP / PE	10	0,78	98,43
Tapis élévateur	10	0,78	99,21
Filtre dépoussiérage	10	0,78	100
<b>Total</b>	<b>1280</b>		

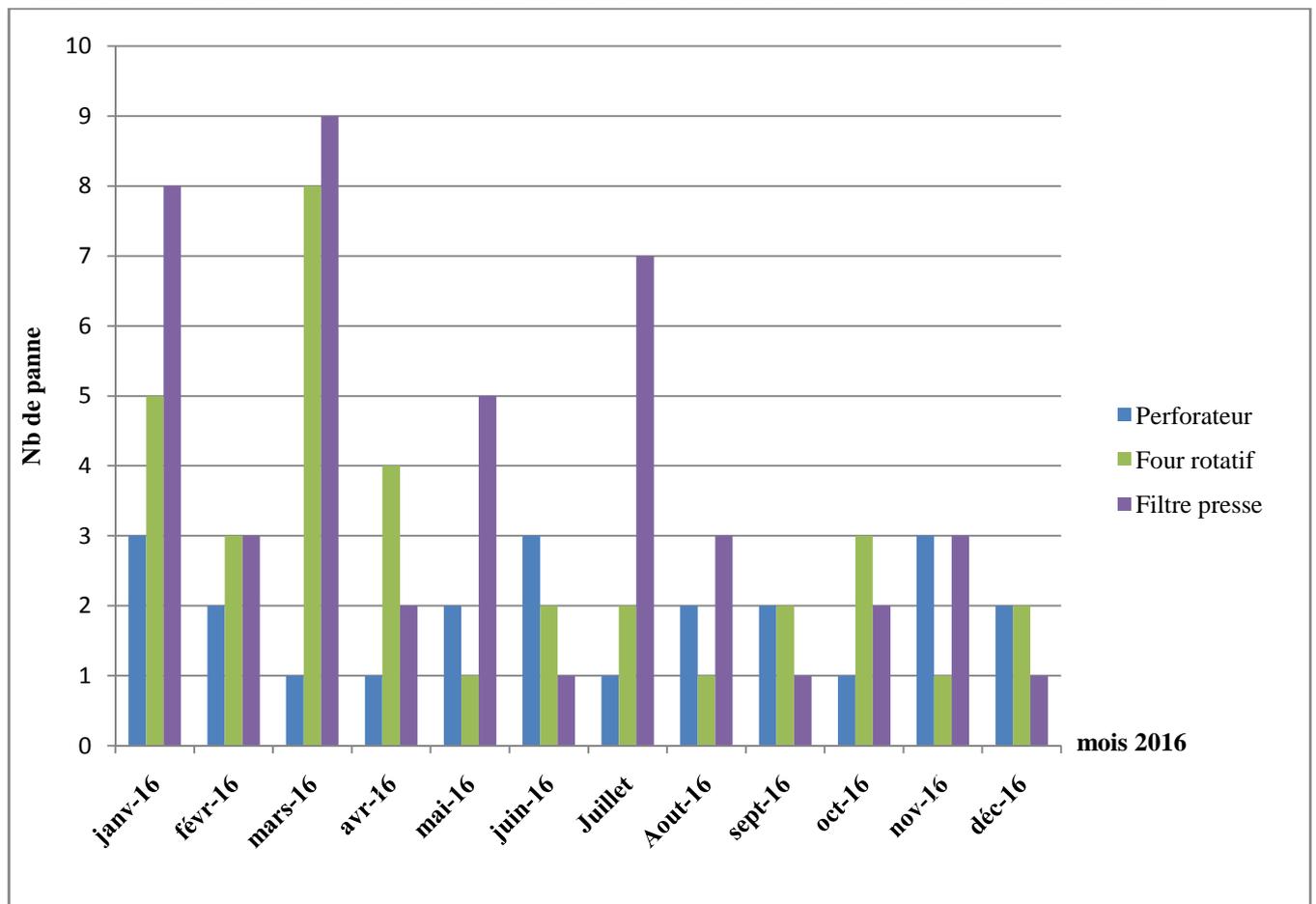
**Tableau 7:** Analyse Pareto

Le graphique suivant représente le diagramme de Pareto (Figure 20) :



**Figure 20:** Analyse Pareto pour la sélection des équipements critiques

Selon le diagramme de Pareto ci-dessus, on constate que les trois premières machines à savoir le filtre presse, le four rotatif et le perforateur, présentent 20% des équipements de la section, et provoquent environ 80% des arrêts durant l'année 2016. La Figure 21 suivante indique la répartition des pannes mensuelles de ces trois machines :



**Figure 21:** Pannes mensuelles des machines critiques

On remarque que le filtre presse, le four rotatif et le perforateur tombent régulièrement en panne durant l'année 2016 avec des valeurs distinctes. Ceci dépend de la manière d'utilisation de la machine par l'opérateur et de la fréquence d'intervention du technicien sur ces machines.

Par conséquent, il est nécessaire d'établir une démarche AMDEC Equipement pour détecter l'ensemble des défaillances potentielles et de mettre en place des plans de maintenance préventive pour ces machines critiques afin d'éviter ou de minimiser l'occurrence des pannes.

## **CHAPITRE IV :**

### **ETUDE AMDEC EQUIPEMENT SUR LES MACHINES CRITIQUES**

Après avoir identifié les machines critiques une étude AMDEC Equipement s'impose. Cette étude va permettre de décomposer la machine, l'analyser fonctionnellement pour pouvoir détecter les modes de défaillance liés à ces organes.

#### **IV.1. Définition et objectifs de L'AMDEC Equipement :**

L'AMDEC Equipement est une démarche ou méthode d'étude prévisionnelle qui permet d'estimer les risques d'apparition de défaillance ainsi que les conséquences sur le bon fonctionnement du moyen de production, et d'engager les actions correctives ou préventives nécessaires.

**Les objectifs intermédiaires** sont les suivants :

- Analyser les conséquences des défaillances,
- Identifier les modes de défaillances,
- Préciser pour chaque mode de défaillance les moyens et les procédures de détection,
- Déterminer l'importance ou la criticité de chaque mode de défaillance,
- Classer les modes de défaillance,
- Etablir des échelles de signification et de probabilité de défaillance.

#### **IV.2. Méthodologie de mise en œuvre :**

**Constituer** : un groupe de travail pluridisciplinaire composé de : Responsable Production, Responsable Maintenance...),

**Définir** : les limites de l'étude (objectif, délais, système),

**Présenter** : le système, son environnement et découper celui-ci en sous-ensembles fonctionnels,

**Recenser** : les modes de défaillances,

**Rechercher** : les causes de défaillances (ISHIKAWA),

**Etudier** : les effets de chaque défaillance et les conséquences les plus probables sur le système,

**Recenser** : les moyens de détection existants.

Finalement, l'A.M.D.E.C. " Moyen de production " ou " Equipement " par l'analyse des pannes, la fréquence d'apparition et les temps d'arrêt favorise :

- La mise en place des plans de maintenance préventive ;
- L'organisation et la réalisation des actions de maintenance ;
- Améliore les conditions d'intervention.

### IV.3. Application AMDEC Equipement sur les machines critiques :

Avant d'appliquer l'AMDEC Equipement sur les trois machines critiques qui sont : le filtre presse, le four rotatif et le perforateur, il faut tout d'abord décrire le principe de fonctionnement de chacune d'elles, les décomposer matériellement et les analyser fonctionnellement :

#### IV.3.1 - Le Filtre presse :

Le filtre presse, illustré dans la Figure 22, est une machine permettant de séparer un mélange solide-liquide, c'est -à-dire séparer l'eau liquide de l'Oxyde de Pb du Bac N°1.

##### IV.3.1.1 - Principe de fonctionnement du Filtre presse :

**1ère étape :** Le principe consiste à injecter de la boue d'Oxyde de Pb à une pression spécifique entre des toiles filtrantes pour en évacuer l'eau et la transférer à l'aide d'une pompe au bac approprié.



**Figure 22:** Filtre presse à plateaux

**2ème étape :** Une borne est appuyée au plateau fixe d'alimentation et l'autre au plateau mobile est poussé par le vérin, serre le paquet des plateaux, à la pression nécessaire, pour en assurer l'étanchéité des liquides pendant la filtration. La durée de pressée dépend du type de boue. Une fois la pressée finie, le vérin arrête de pousser le plateau mobile. On peut alors procéder au débâtissage des gâteaux d'Oxyde de Pb.

##### IV.3.1.2 - Décomposition matérielle du Filtre presse :

Cette étape permet d'identifier clairement les éléments à étudier de l'équipement concerné par niveaux et les fonctions à assurer et de situer ces éléments dans la structure générale du système traité. Elle est considérée comme l'étape clé de la méthode AMDEC Equipement, car elle permet facilement d'arriver aux éléments responsables d'éventuelles pannes.

Les sous-ensembles et les éléments du filtre presse sont présentés sur la Figure 23 :

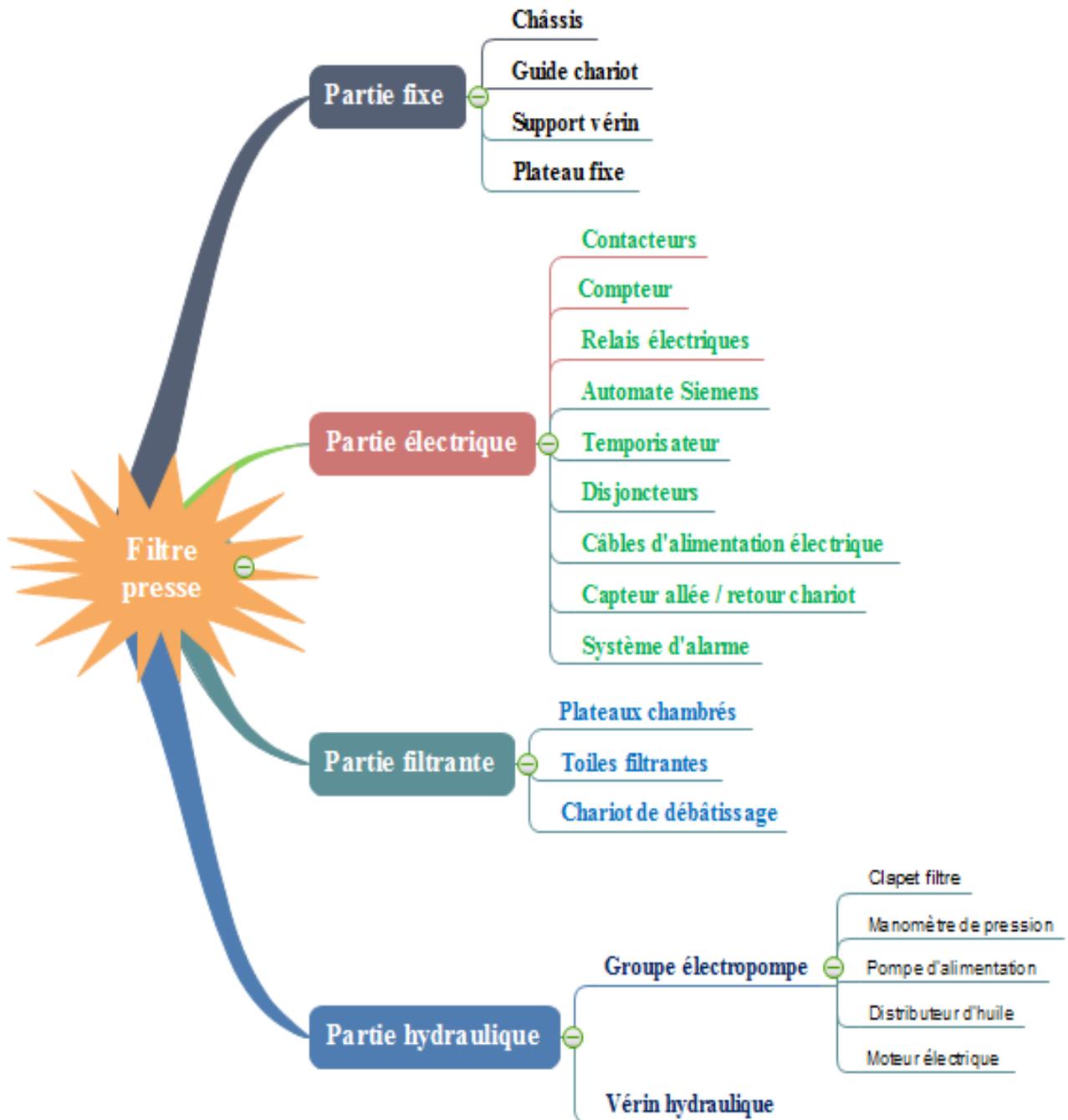


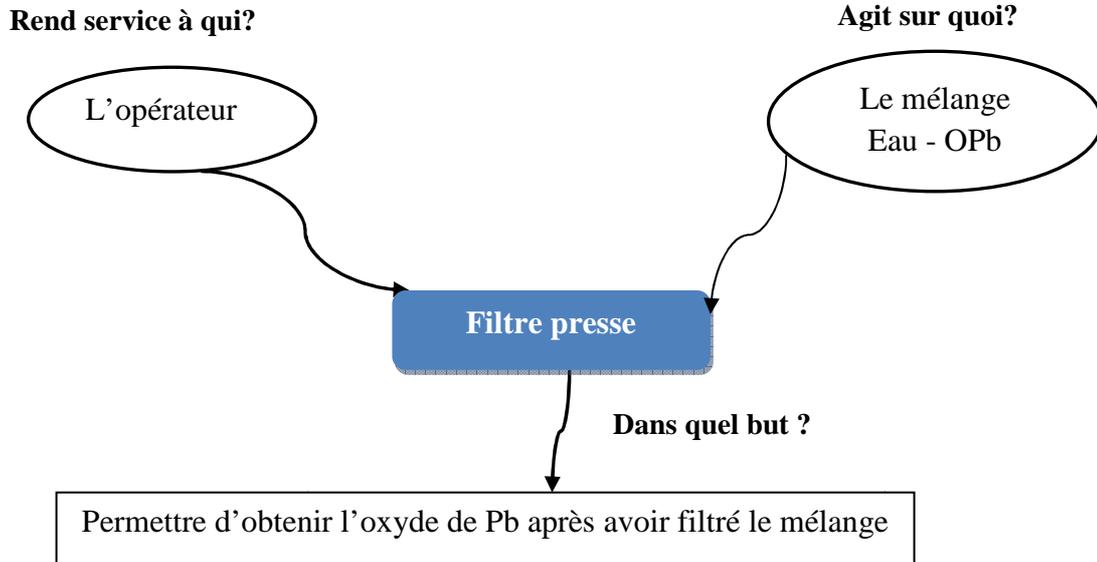
Figure 23: Décomposition matérielle du filtre presse

#### IV.3.1. 3 - Analyse fonctionnelle du Filtre presse :

On a établi l'analyse fonctionnelle pour l'équipement filtre presse et ceci en élaborant le diagramme Bête à cornes, le diagramme de Pieuvre et le diagramme FAST afin de cerner le fonctionnement de cette machine.

a - Diagramme Bête à cornes du Filtre presse :

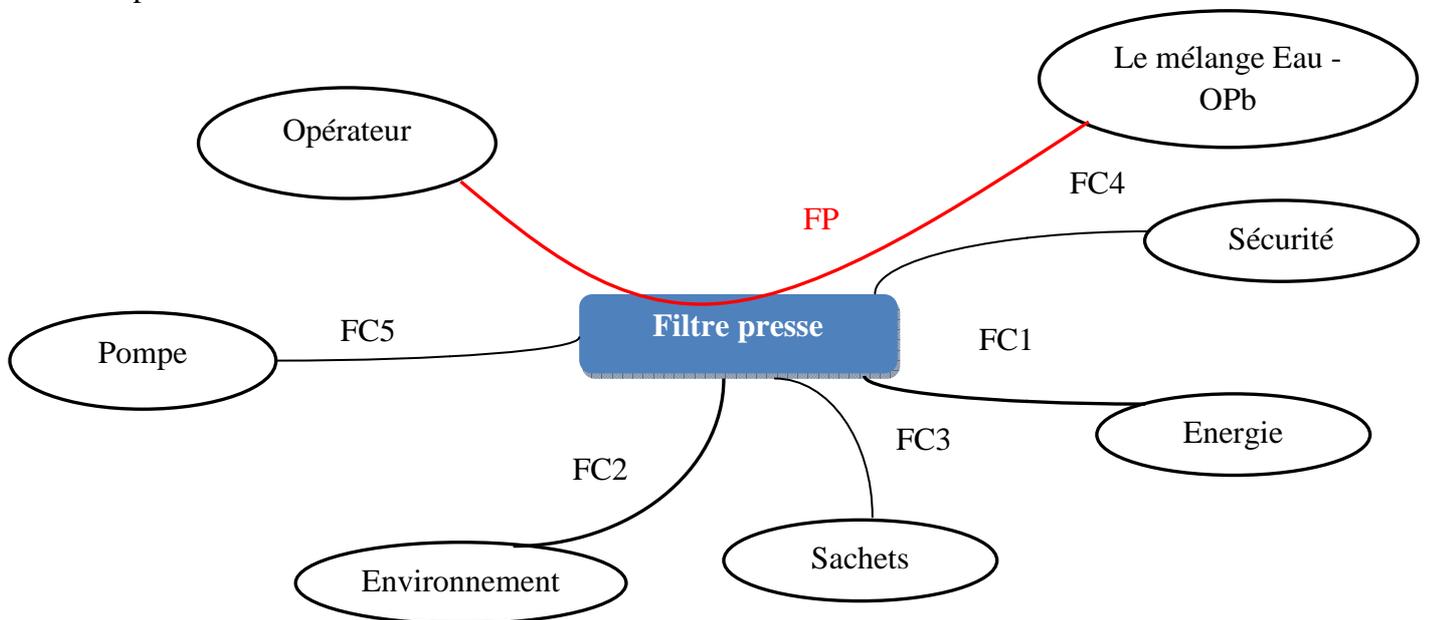
Le schéma de la Figure 24 suivante représente la bête à cornes de l'équipement filtre presse :



**Figure 24:** Diagramme Bêtes à cornes du filtre presse

**b - Diagramme de Pieuvre du Filtre presse :**

Le schéma de la Figure 25 ci-dessous représente le diagramme de Pieuvre de l'équipement filtre presse :



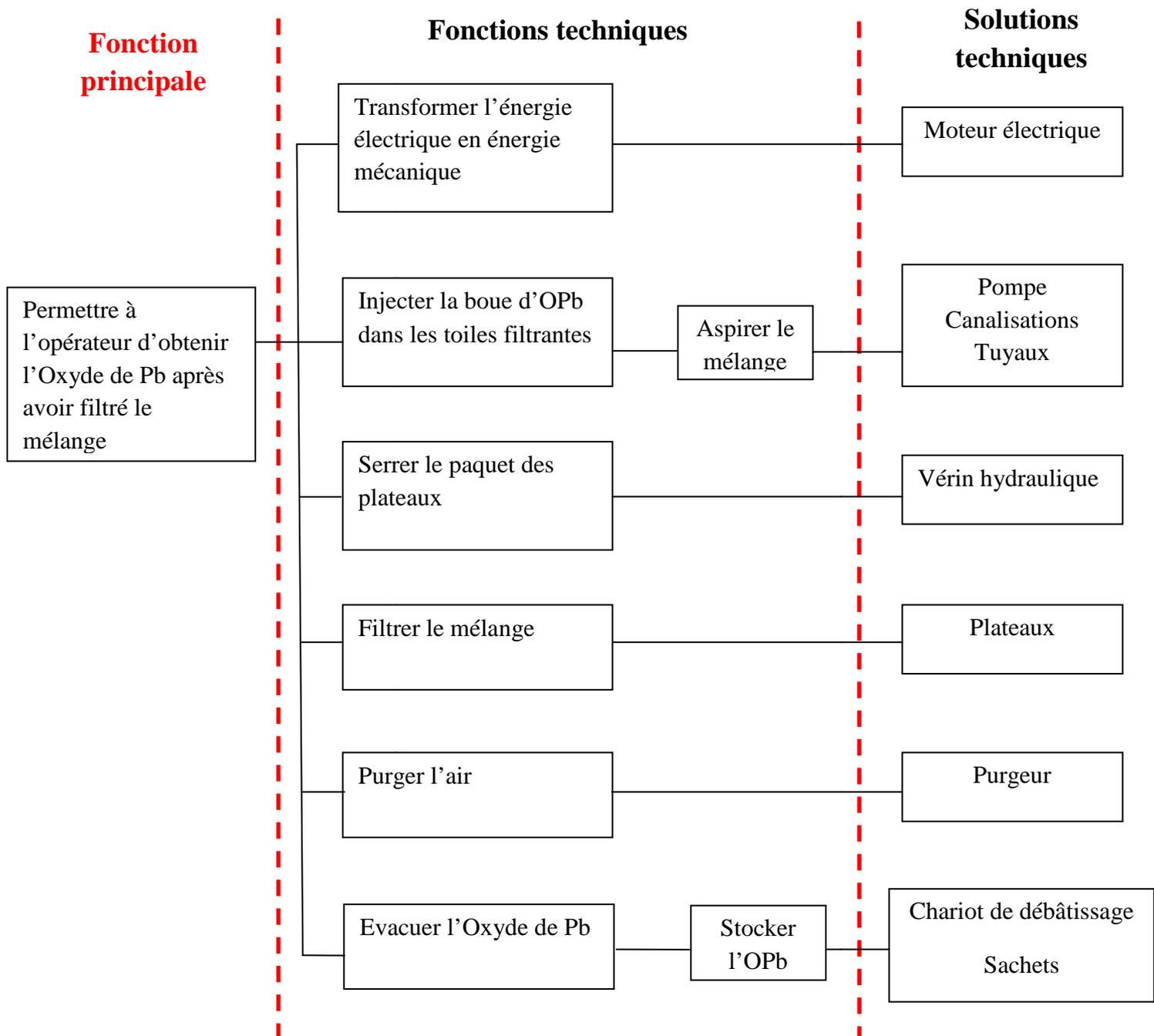
**Figure 25:** Diagramme de Pieuvre du filtre presse

<b>FP</b>	Permettre à l'opérateur d'obtenir l'Oxyde de Pb après avoir filtré le mélange
FC1	Utilise l'énergie électrique
FC2	Doit respecter l'environnement

FC3	Vider l'Oxyde de Pb dans les sachets
FC4	Faire la filtration en toute sécurité
FC5	Transférer le mélange Eau / OPb du bac N°1 au filtre presse à l'aide d'une pompe

c - Diagramme FAST du Filtre presse :

Le schéma de la Figure 26 ci-dessous représente le diagramme FAST de l'équipement filtre presse :



**Figure 26:** Diagramme FAST du filtre presse

d - Tableau AMDEC Equipement du « Filtre presse » :

Le tableau ci-dessous représente l'AMDEC Equipement du filtre presse :

D'après la norme CNOMO E41.50.530.N Edition 2011 Fournisseur : Dross Engineering Machine : <b>Filtre presse</b>		Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et de leur Criticité												
Composant	Fonctions	Modes de défaillance	Causes possibles de défaillance	Effets de défaillance	Modes de Détection	Coefficients nominaux				Actions recommandées	Coefficients finaux			
						F	G	D	C		F	G	D	C
Vérin hydraulique	Pousser les plateaux	Blocage	Usure ou Fuite d'huile	Arrêt du vérin	Visuel	3	3	3	27	Éliminer les fuites d'huile	2	3	3	18
Pompe d'alimentation	Aspirer le mélange eau-OPb	Mauvaise aspiration	Usure de la turbine	Débit faible	Visuel	2	2	2	8	Vérifier le fonctionnement de la pompe et son étanchéité	2	2	2	8
Moteur électrique	Engendrer le mouvement de translation	Echauffement ou Fatigue	Usure de bobinage	Arrêt de l'équipement	Bruit	2	2	3	12	Vérifier le fonctionnement et l'état du moteur	1	2	3	6
Conduite	Passage du mélange	Blocage du mélange	Bouchage	Perturbation du débit	Visuel	3	3	2	18	Nettoyer périodiquement la canalisation	2	3	2	12
Vannes	Permettre le passage du mélange	Blocage	Corps étranger dans la tuyauterie	Bouchage	Visuel	2	2	2	8	Vérifier le fonctionnement	1	2	2	4
Chariot de débâtissage	Permettre le déplacement des plateaux	Blocage	Pistes de glissement mal graissées	Cassure / Usure	Visuel	2	4	3	24	Graisser et vérifier l'ensemble	1	4	3	12
Toiles	Permettre la filtration du mélange	Mauvaise filtration	Toile usée / Présence des corps solides dans la boue	Perte d'OPb et génération de rebuts	Visuel	2	4	2	16	Assurer des toiles de rechange et vérifier l'absence des corps solides à l'entrée	1	3	2	6

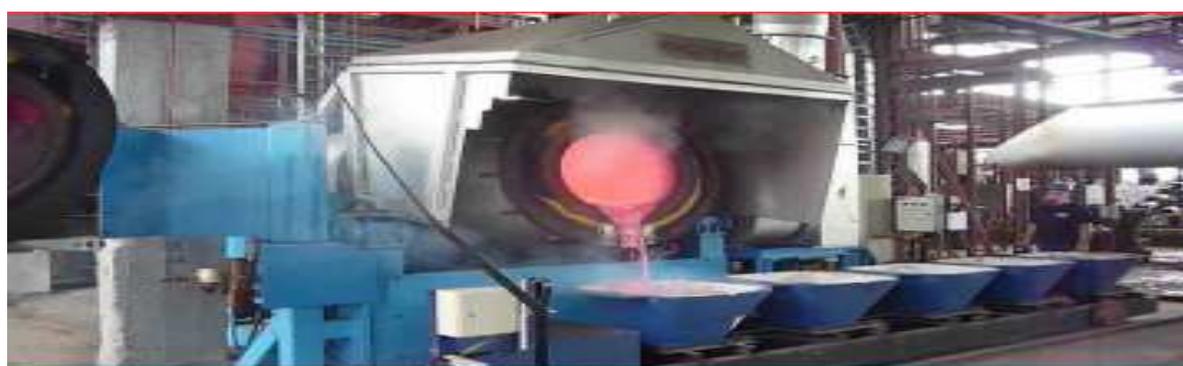
**Tableau 8:** AMDEC Equipement du « Filtre presse »

### IV.3.2 - Le Four rotatif :

Le four rotatif comme le montre la Figure 27, est considéré comme le cœur de la section fonderie, à travers lequel on fonde le plomb d'œuvre, en ajoutant à ce dernier quelques additifs pour obtenir à la fin un plomb doux.

#### IV.3.2.1- Principe de fonctionnement du Four rotatif :

Il est équipé en standard avec un brûleur automatique de marque "Weishaupt" fuel.



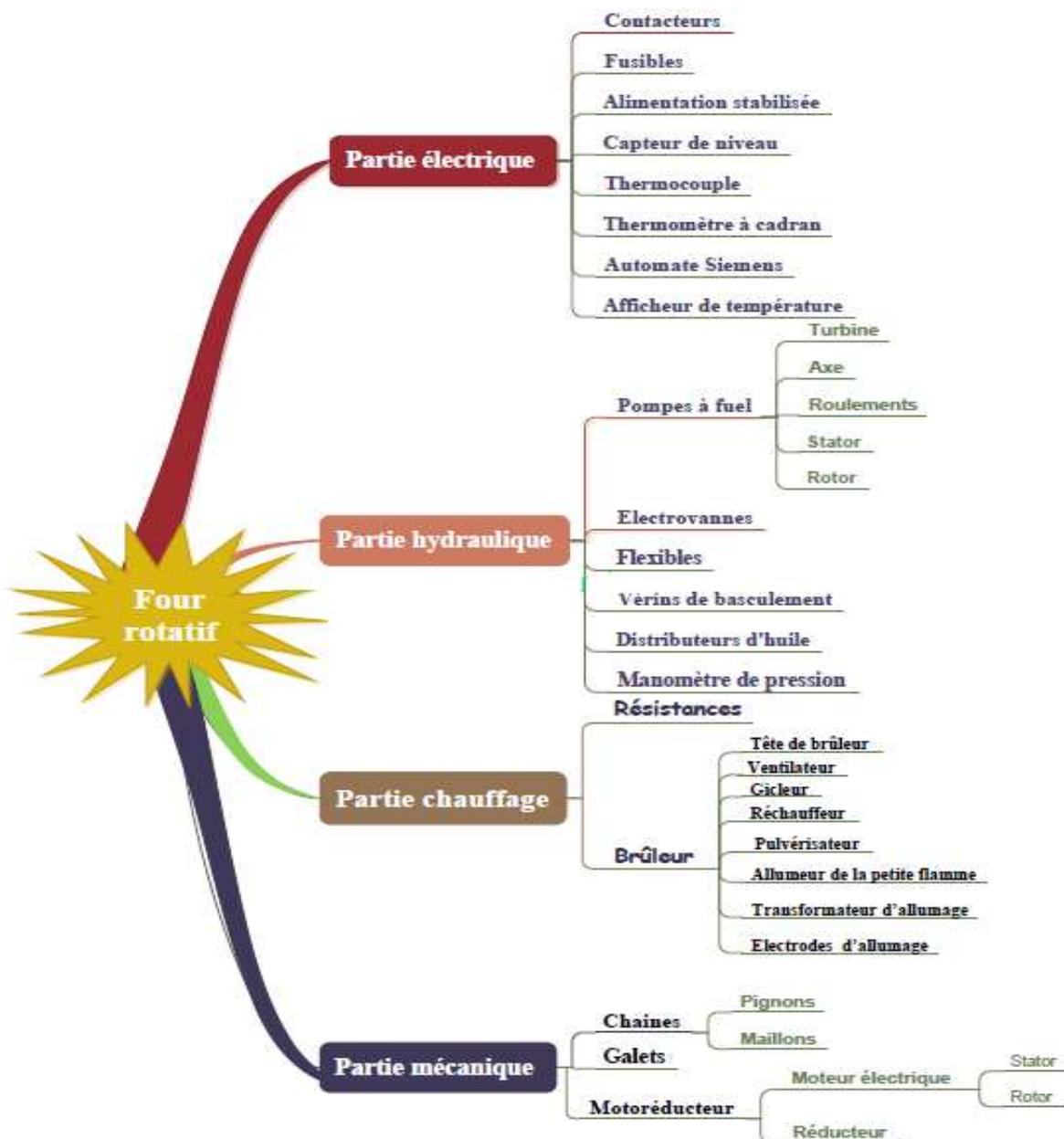
**Figure 27:** Four rotatif

La puissance de ce dernier est réglée en agissant sur les vannes de débit pour le gaz ou avec les gicleurs pour le fuel.

Le plomb à traiter devra être placé dans un conteneur ou dans la chargeuse pour être pesé. Il faut ajouter au plomb d'œuvre pesé d'environ 8 tonnes, les composants à savoir : le charbon de bonne qualité entre 5 et 7%, carbonate de soude léger entre 7 et 10% et une petite quantité de débris de fer. Après le chargement complet du four, celui-ci sera mis en rotation pour bien mélanger la charge avec les composants de la scorie, ensuite, le brûleur sera mis en service en respectant le programme de rotation.

#### **IV.3.2.2 - Décomposition matérielle du Four rotatif:**

Les sous-ensembles et les éléments du four rotatif sont présentés sur la Figure 28.



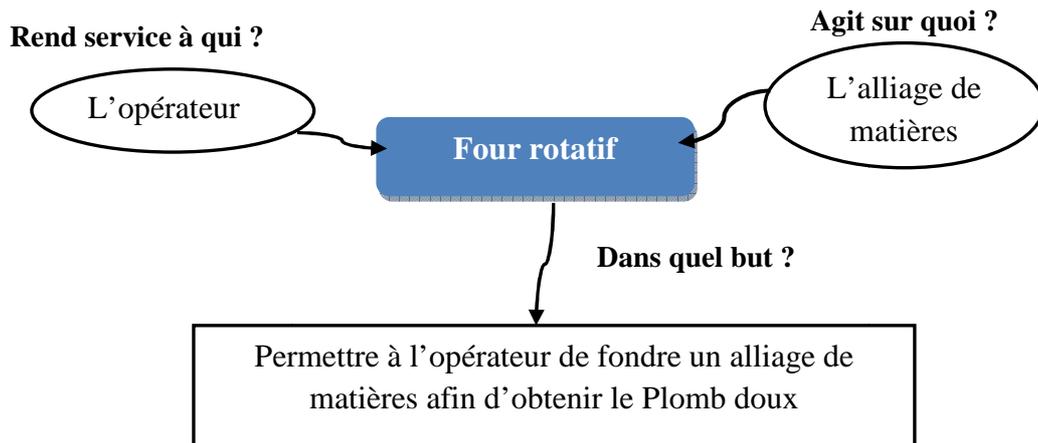
**Figure 28:** Décomposition matérielle du four rotatif

**IV.3.2.3 - Analyse fonctionnelle du Four rotatif :**

On a établi l'analyse fonctionnelle pour l'équipement Four rotatif et ceci en élaborant le diagramme Bête à cornes, le diagramme de Pieuvre et le diagramme FAST afin de cerner le fonctionnement de cette machine.

**e - Diagramme Bête à cornes du Four rotatif:**

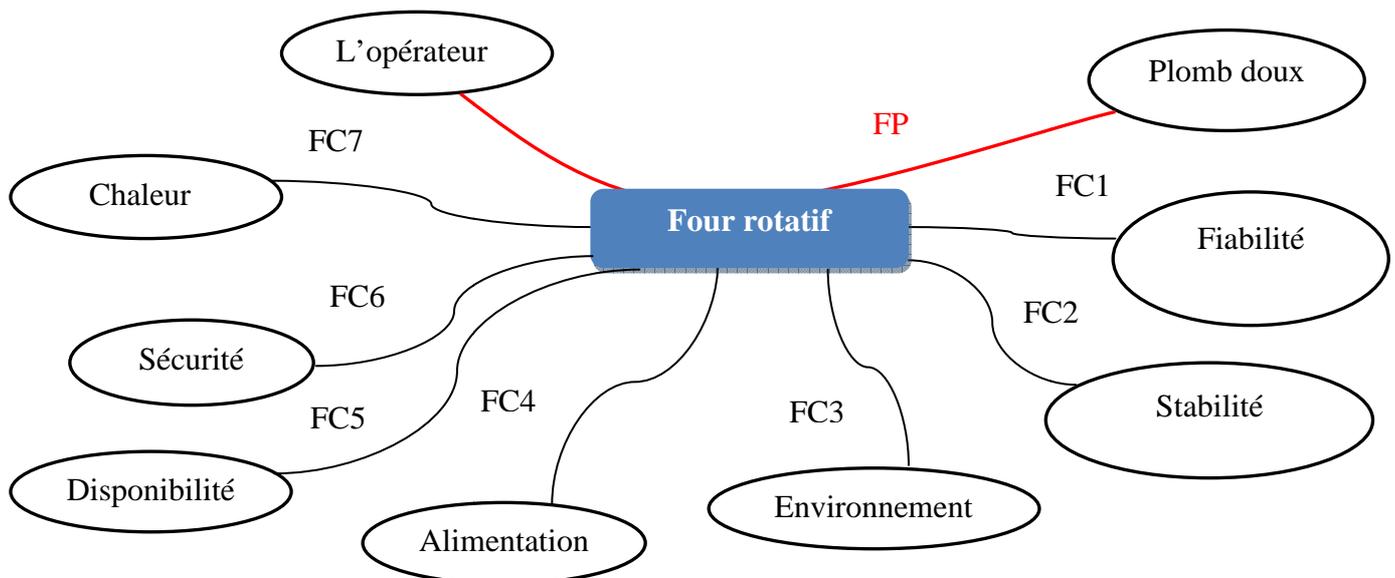
Le schéma de la Figure 29 ci-dessous représente la bête à cornes de l'équipement four rotatif :



**Figure 29:** Diagramme Bête à cornes du four rotatif

**f - Diagramme de Pieuvre du Four rotatif:**

Le schéma de la Figure 30 ci-dessous représente le diagramme Pieuvre de l'équipement four rotatif :

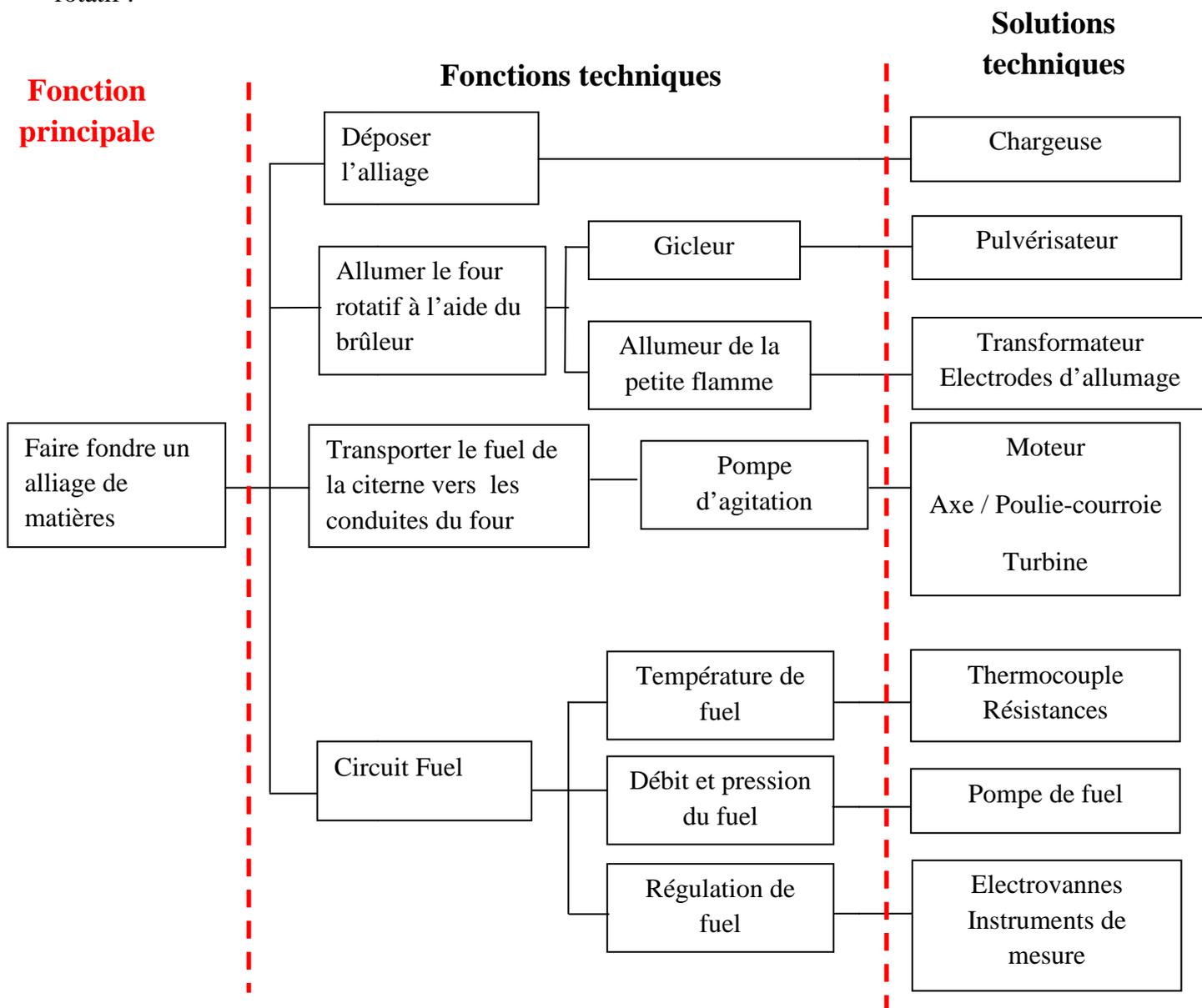


**Figure 30:** Diagramme de Pieuvre du four rotatif

<b>FP</b>	Permettre à l'opérateur de produire le plomb doux après avoir fondu l'alliage de matières
FC1	Avoir une fiabilité satisfaisante
FC2	Avoir un four stable en rotation
FC3	Respecter l'environnement
FC4	Entrainer le four par l'énergie électrique
FC5	Garantir une disponibilité élevée
FC6	Permettre un fonctionnement sûr
FC7	Produire la chaleur par combustion du charbon

g - Diagramme FAST du Four rotatif :

Le schéma de la Figure 31 ci-dessous représente le diagramme FAST de l'équipement four rotatif :



**Figure 31:** Diagramme FAST du four rotatif

### h - Tableau AMDEC Equipement « Four rotatif » :

Le tableau ci-dessous représente l'AMDEC Equipement du four rotatif :

D'après la norme CNOMO E41.50.530.N Edition 2011 Fournisseur : Dross Engineering Machine : <b>Four rotatif</b>		Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et de leur Criticité												
		"AMDEC équipement"												
Composant	Fonctions	Modes de défaillance	Causes possibles de défaillance	Effets de défaillance	Modes de Détection	Coefficients nominaux				Actions recommandées	Coefficients finaux			
						F	G	D	C		F	G	D	C
Filtre	Permettre de filtrer le fuel avant son entrée dans la pompe à fuel	Filtre défectueux	Usure / Bouchage	Mauvaise filtration	Visuel	2	1	2	4	Nettoyer systématiquement / Prévoir un filtre en stock	1	1	2	2
Pompe à fuel	Alimenter le brûleur par le fuel à travers de la citerne	Endommagement	Usure de la turbine / Fuite au niveau de la pompe ou flexible	Irrégularité du débit / Débit faible	Visuel	1	3	2	6	Vérifier systématiquement l'état et le fonctionnement de la pompe	1	3	2	6
Galets	Permettre la rotation du four	Coincement ou Rotation très lente	Usure des galets / Manque de	Arrêt et blocage du four	Visuel	2	4	2	16	Vérifier l'état des galets	1	4	2	8
Réchauffeur	Chauffer le fuel à 120°C avant sa pulvérisation	Mauvais chauffage du fuel	Problème électrique / Défaillance des résistances	Mauvaise combustion	Visuel	1	2	1	2	Vérifier l'état du réchauffeur si nécessaire	1	2	1	2
Electrovanne	Comander le passage du fuel au brûleur	Blocage	Electrovanne défectueuse	Arrêt du brûleur	Aucun	1	2	3	6	Prévoir les électrovannes en stock	1	2	3	6
Chaines	Transmettre le mouvement aux galets	Casse / Grippage	Manque de graissage et lubrification	Ralentissement de la production	Visuel	2	3	4	24	Nettoyer et graisser les chaînes	1	3	4	12
Conduites	Transporter le fuel au brûleur	Arrêt et blocage du fuel	Conduites bouchés / Fuel très visqueux	Fuite du fuel	Visuel	2	4	2	16	Assurer l'étanchéité de la conduite de transfert	1	3	2	6
Thermomètre à cadran	Mesurer la température du fuel dans le réchauffeur à l'entrée du four rotatif	Non-fiabilité du capteur	Capteur ne fonctionne pas correctement / Afficheur défectueux	Mauvaise lecture et mesure de température	Visuel	3	5	2	30	Vérifier systématiquement au début le niveau de température à l'aide d'un thermo étalon / Vérifier le système de mesure et changer en cas de besoin	2	5	2	20
Résistances	Chauffer le fuel	Endommagement	Faible durée de vie / Mauvaise lecture de thermocouple	Perte de fuel	Visuel	2	4	2	16	Assurer un stock minimum de résistances pour minimiser le temps d'intervention / Vérifier systématiquement le système de mesure / Revoir les actions du	1	4	2	8
Electrode d'allumage	Déclencher l'étincelle	Manque d'étincelle	Câble défaillant / Electrode	Refus d'allumage	Visuel	2	1	1	2	Prévoir les électrodes en stock	2	1	1	2
Brûleur	Générer le feu pour la combustion du fuel	Le four n'atteint pas la T° souhaitée	Gicleur bouché / Fils coupés / Absence d'étincelle	Faible durée de vie	Alarme	3	4	1	12	Contrôler l'état du brûleur systématiquement	2	4	1	8

**Tableau 9:** AMDEC Equipement du « Four rotatif »

### **IV.3.3 - Le Perforateur :**

C'est une machine qui permet de perforer la batterie usagée issue de l'extérieur comme le montre la Figure 32.

#### **IV.3.3.1 - Principe de fonctionnement du Perforateur :**

Cette technique de perforation permet aussi de vider la batterie de l'acide dont elle contient, cette dernière va être transportée directement à l'aide d'une pompe à un bac d'acide. Ensuite la batterie perforée sera transportée au broyeur via un tapis élévateur.



**Figure 32:** Perforateur

#### **IV.3.3.2 - Décomposition matérielle du Perforateur :**

Les sous-ensembles et les éléments du perforateur sont présentés sur la Figure 33.

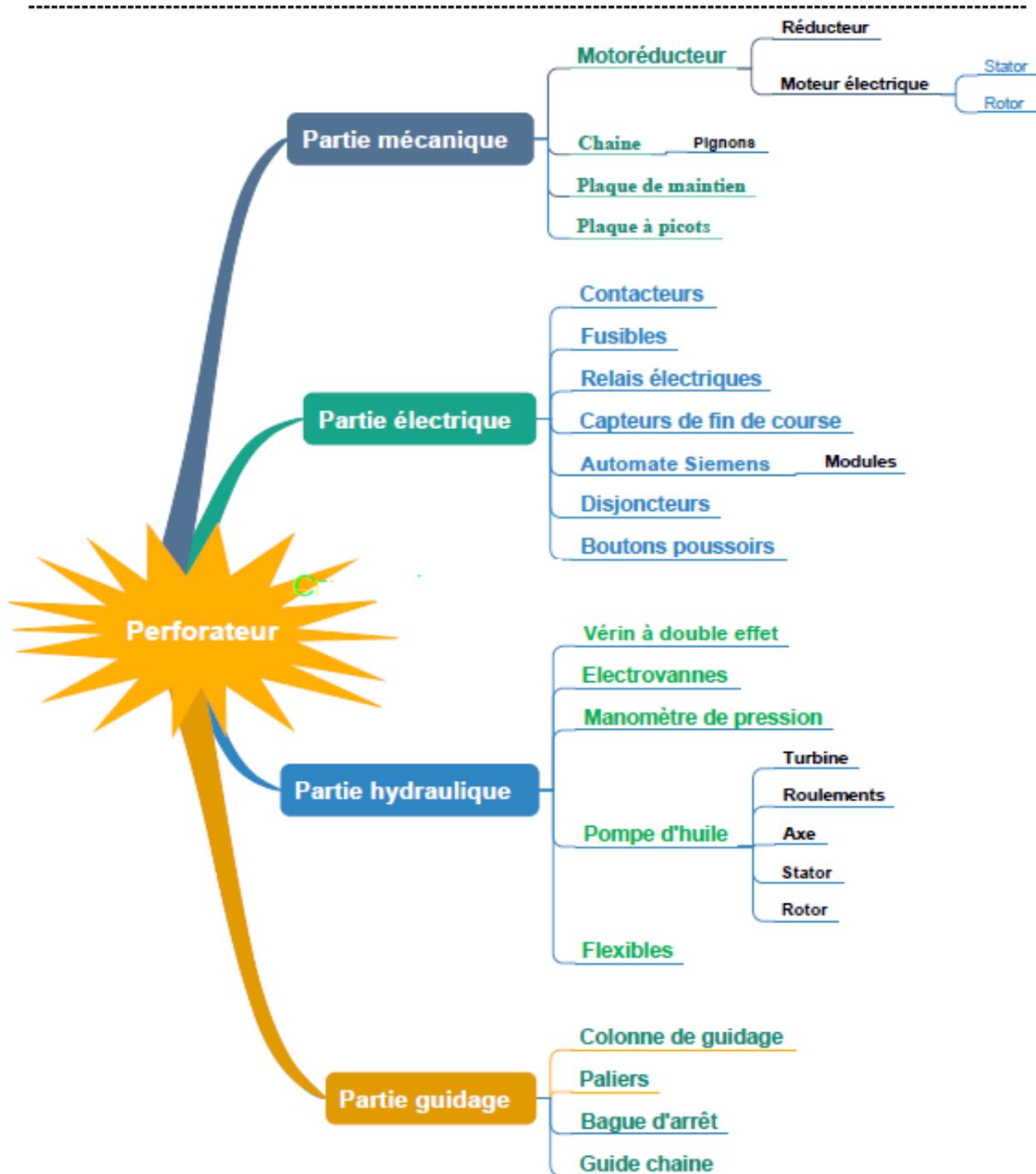


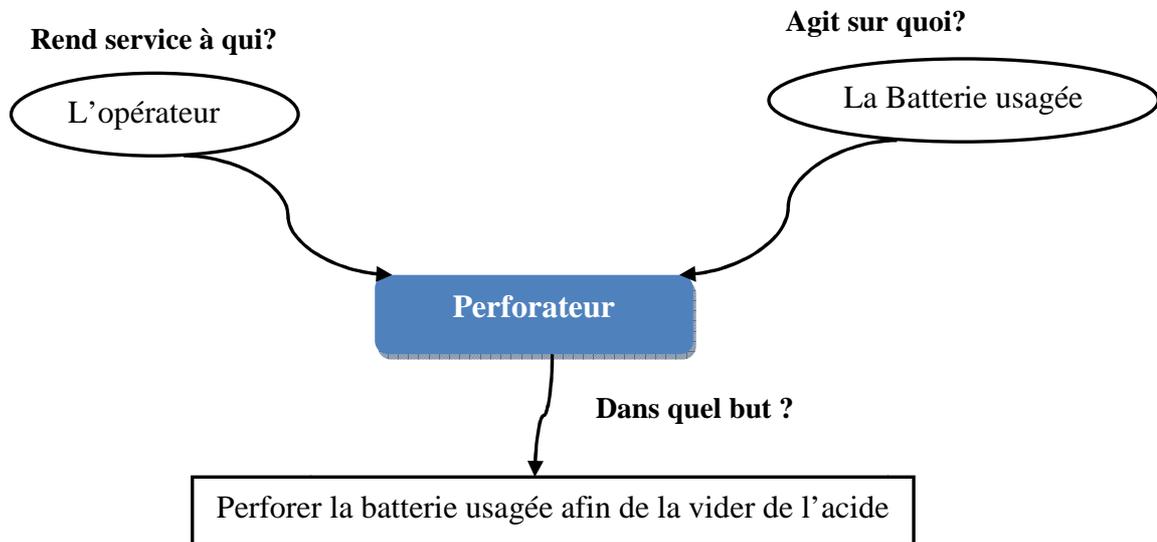
Figure 33: Décomposition matérielle du perforateur

#### IV.3.3.3 - Analyse fonctionnelle du Perforateur :

De la même manière, on a établi l'analyse fonctionnelle pour l'équipement perforateur et ceci en élaborant le diagramme Bête à cornes, le diagramme de Pieuvre et le diagramme FAST afin de cerner le fonctionnement de cette machine.

i - Diagramme Bête à cornes du Perforateur :

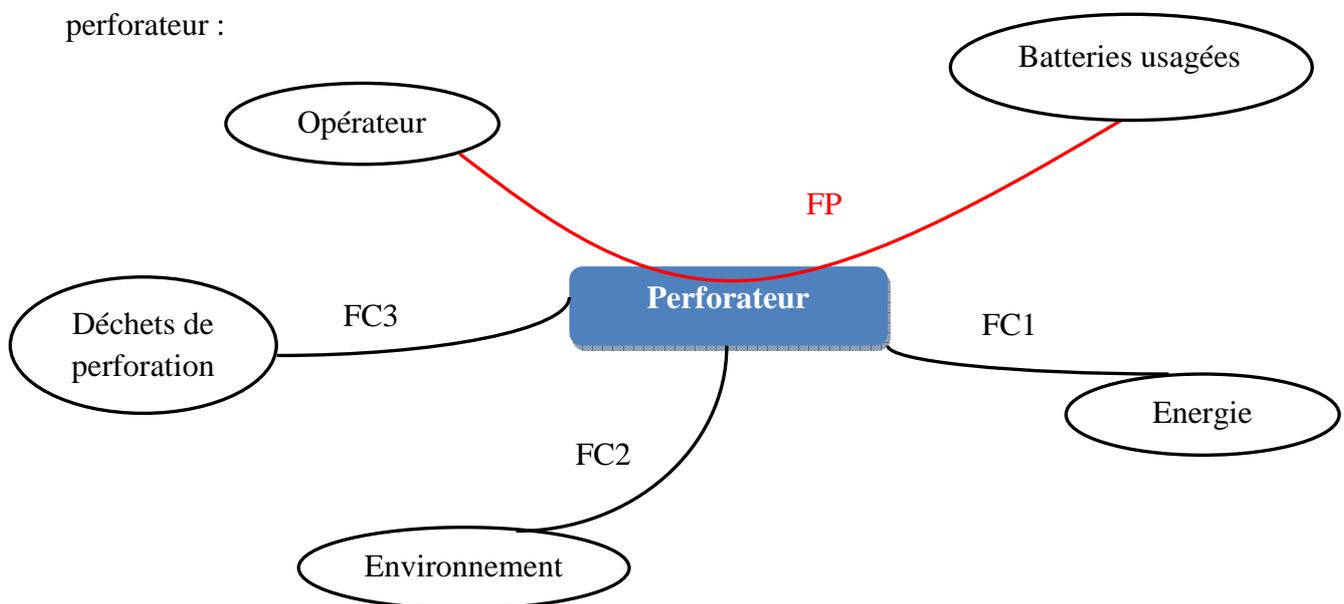
Le schéma de la Figure 34 ci-dessous représente la bête à cornes de l'équipement perforateur :



**Figure 34:** Diagramme de Bêtes à cornes du perforateur

j - Diagramme de Pieuvre du Perforateur :

Le schéma de la Figure 35 ci-dessous représente le diagramme de Pieuvre de l'équipement perforateur :

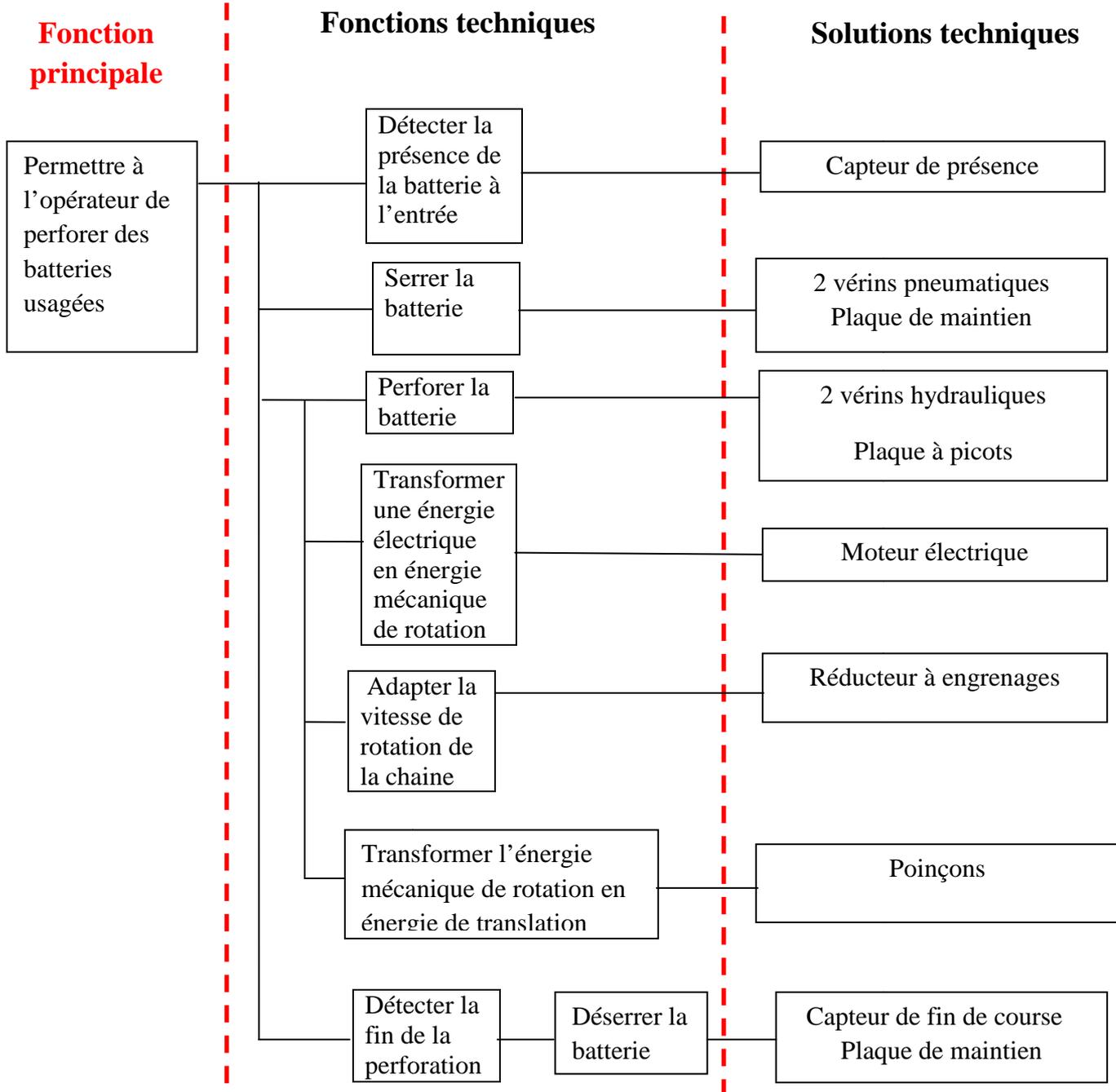


**Figure 35:** Diagramme de Pieuvre du perforateur

<b>FP</b>	Permettre à l'opérateur de perforer les batteries usagées
<b>FC1</b>	Utilise l'énergie électrique
<b>FC2</b>	Doit respecter l'environnement
<b>FC3</b>	Permettre la récupération et la réutilisation des déchets de perforation (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ...

k - Diagramme FAST du Perforateur :

Le schéma de la Figure 36 ci-dessous représente le diagramme de FAST de l'équipement perforateur :



**Figure 36:** Diagramme FAST du perforateur

l - Tableau AMDEC Equipement « Perforateur » :

Le tableau suivant représente l'AMDEC Equipement du perforateur :

D'après la norme CNOMO E41.50.530.N Edition 2011		Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et de leur Criticité												
Fournisseur : Dross Engineering Machine : Perforateur		"AMDEC équipement"												
Composant	Fonctions	Modes de défaillance	Causes possibles de défaillance	Effets de défaillance	Modes de Détection	Coefficients nominaux				Actions recommandées	Coefficients finaux			
						F	G	D	C		F	G	D	C
Chaîne - pignons	Transmettre le mouvement	Cassure de la chaîne ou Usure des pignons	Blocage / Surcharge	Arrêt de la machine	Visuel	3	3	3	27	Graisser systématiquement les paliers et vérifier la tension de la chaîne	2	3	3	18
Vérins hydrauliques	Pousser les plaques	Blocage	Fuite d'huile	Perturbation de la production	Visuel	2	3	2	12	Éliminer les fuites d'huile	1	3	2	6
Distributeurs hydrauliques	Distribuer l'huile aux vérins	Usure des joints	Vieillessement / Manque d'huile	Arrêt de la machine	Visuel	2	2	2	8	Vérifier le niveau d'huile et mettre à niveau le réservoir d'huile	2	2	2	8
Pompe d'huile	Aspirer l'huile du réservoir pour le transmettre aux	Endommagement	Usure de la turbine / Fuite au niveau de la pompe ou flexible	Irrégularité du débit / Débit faible	Visuel	1	3	3	9	Éliminer les fuites d'huile et vérifier le niveau d'huile dans la pompe	1	3	3	9
Motoréducteur	Entrainer la rotation du convoyeur	Blocage mécanique du réducteur	Manque de lubrification / Usure des engrenages ou des	Arrêt de la machine	Aucun	1	3	3	9	Vérifier le niveau d'huile	1	3	3	9
Capteur de fin de course	Détecter la plaque de maintien	Mauvais contact	Défaut dans le levier / Capteur défectueux	Arrêt de la machine	Visuel	2	2	4	16	Vérifier périodiquement le capteur et prévoir un en stock de PR	1	1	4	4

**Tableau 10:** AMDEC Equipement du « Perforateur »

#### IV.4. Synthèse :

Les causes de défaillance listées dans les tableaux AMDEC Equipement précédents représentent un seul M des 5M du diagramme d'Ishikawa. On complétera dans ce qui suit les causes de défaillances pour les 4M restants, et on proposera des actions préventives pour remédier à ces anomalies. Par la suite, on évaluera la criticité pour les trois machines critiques sous forme des graphes.

##### IV.4.1 - Identification des causes de défaillances par la méthode Ishikawa (5M) et proposition des actions préventives :

On a cité les différentes causes de panne d'une manière commune pour les trois machines critiques et on les a classées selon les 5M, comme l'indique la Figure 37 :

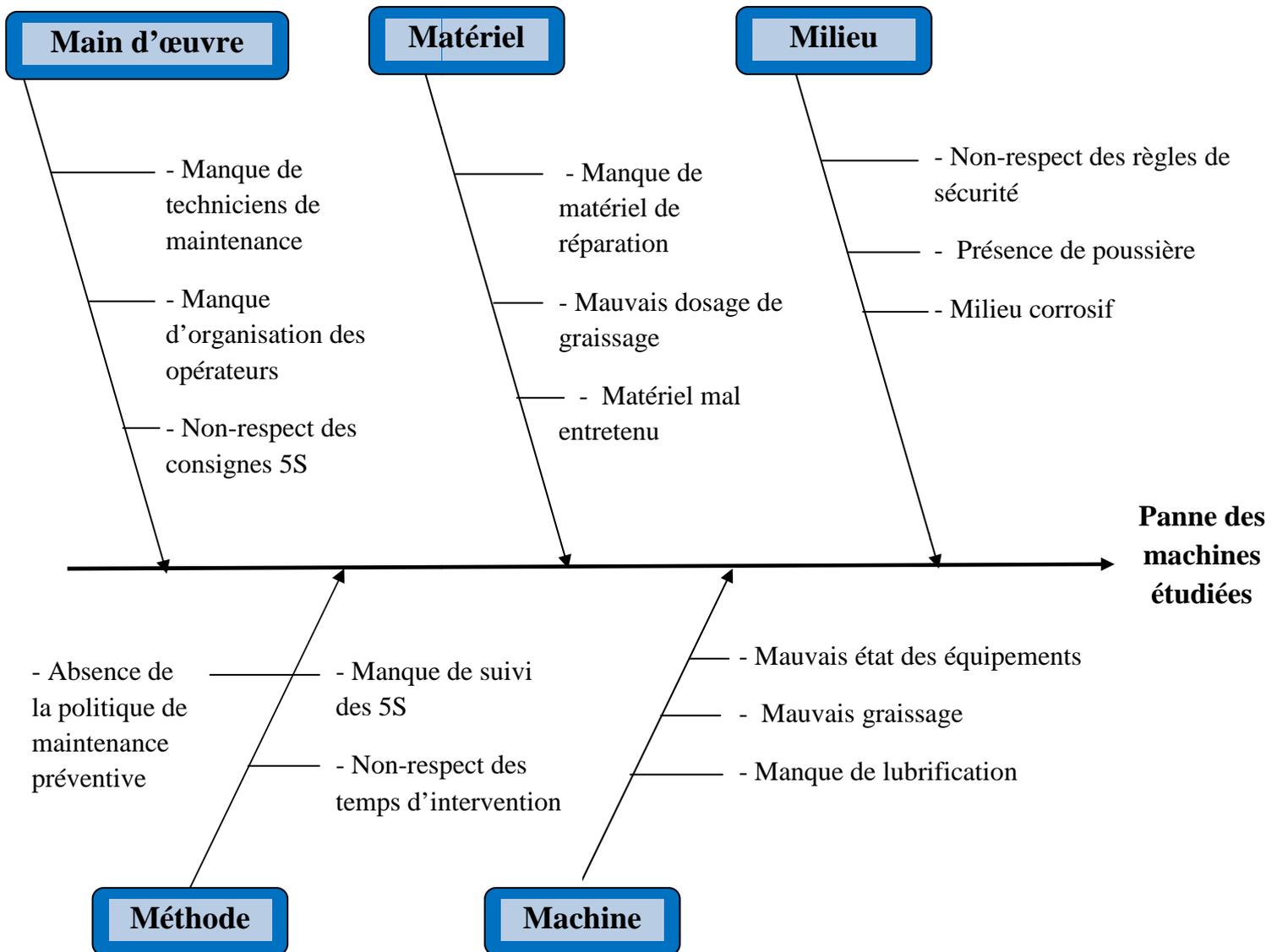


Figure 37: Identification des causes de défaillances par le diagramme Ishikawa

Donc pour remédier à cet ensemble des anomalies, et suite à des réunions avec le Responsable Production ainsi que le Responsable Maintenance et d'autres membres du groupe, on a proposé les actions préventives suivantes :

**- Actions préventives recommandées pour le Filtre presse :**

Système : Filtre presse		Sous-système	Actions à effectuer	Périodicité	Figure
		Vérin hydraulique	- Eliminer les fuites d'huile - Vérifier l'état de la tige	<b>1mois</b>	
- Vidanger le vérin	<b>1an</b>				
Pompe d'alimentation	- Vérifier le fonctionnement de la pompe et son étanchéité	<b>1an</b>			
	- Eliminer les fuites (raccords et flexibles)	<b>1mois</b>			

<b>Centrale hydraulique</b>	- Vérifier le fonctionnement de la centrale hydraulique	<b>1mois</b>	
	- Vidange	<b>1an</b>	
<b>Conduites</b>	- Nettoyer périodiquement la canalisation - Vérifier l'absence des corps solides à l'entrée	<b>1mois</b>	

<b>Vannes</b>	- Vérifier le fonctionnement	<b>1mois</b>	
	- Changer la vanne	<b>1an</b>	
<b>Chariot de débâtissage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Graisser et vérifier l'ensemble</li> <li>- Vérifier l'état des plateaux</li> <li>- Vérifier l'état des toiles et leurs fixations</li> </ul>	<b>1mois</b>	

**- Actions préventives recommandées pour le Four rotatif :**

Système : Four rotatif				
Sous-système	Actions à effectuer	Périodicité	Figure	
<b>Filtre</b>	- Nettoyer systématiquement	<b>6 mois</b>		
	- Prévoir un filtre en stock			
<b>Pompe à fuel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérifier systématiquement l'état et le fonctionnement de la pompe</li> <li>- Contrôler le niveau de fuel de la citerne</li> </ul>	<b>1mois</b>		

	<b>Galets</b>	- Vérifier l'état des galets	<b>1mois</b>	
--	---------------	------------------------------	--------------	-------------------------------------------------------------------------------------

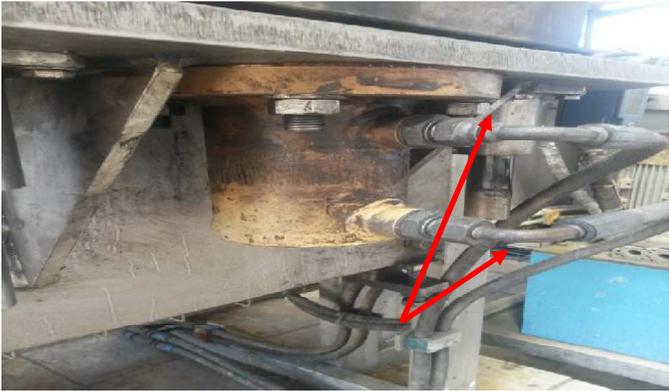
	<p><b>Thermomètre à cadran</b></p>	<p>- Vérifier systématiquement au début le niveau de température à l'aide d'un thermo étalon et prévoir chaque trimestre un, en stock de PR si nécessaire</p>	<p><b>1jour</b></p>		
	<p><b>Chaines</b></p>	<p>- Nettoyer et graisser les chaines</p>	<p><b>1mois</b></p>		

	<p><b>Conduites</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Assurer l'étanchéité de la conduite de transfert</li> </ul>	<p><b>3mois</b></p>	
	<p><b>Résistances</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Assurer un stock minimum de résistances pour minimiser le temps d'intervention</li> <li>- Vérifier systématiquement le système de mesure et revoir les actions du thermocouple</li> </ul>	<p><b>1mois</b></p>	

	<p><b>Brûleur</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrôler systématiquement l'état et le fonctionnement du brûleur</li> <li>- Prévoir les électrodes en stock de PR</li> </ul>	<p><b>1mois</b></p>	
	<p><b>Electrovanne</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prévoir les électrovannes en stock</li> </ul>	<p><b>3mois</b></p>	

**- Actions préventives recommandées pour le Perforateur :**

Système : Perforateur	Sous-système	Actions à effectuer	Périodicité	Figure
	<p><b>Chaine - pignons</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Graisser systématiquement les paliers coulisseau tendeur et vérifier leurs états (usure, etc.)</li> <li>- Vérifier la tension de la chaine</li> <li>- Vérifier l'état des pignons libres (denture, alésage)</li> <li>- Vérifier l'état de la chaine et les guides de transfert batteries</li> </ul>	<p><b>1mois</b></p>	

<p><b>Vérin hydraulique</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérifier l'état du vérin de la tête du perforateur et éliminer les fuites si nécessaire.</li> <li>- Changer les joints intérieurs si nécessaire</li> </ul>	<p><b>1mois</b></p>	
<p><b>Distributeur hydraulique</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérifier le niveau d'huile</li> <li>- Mettre à niveau le réservoir d'huile</li> </ul>	<p><b>1an</b></p>	

<p><b>Pompe d'huile</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eliminer les fuites d'huile</li> <li>- Vérifier le niveau d'huile dans la pompe de lubrification</li> <li>- Vérifier l'étanchéité de la vanne manuelle</li> </ul>	<p><b>1mois</b></p>	
<p><b>Motoréducteur</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Vérifier le fonctionnement et le niveau d'huile du motoréducteur, éliminer les fuites et remplir si nécessaire</li> </ul>	<p><b>1mois</b></p>	

	<p><b>Capteur de fin de course</b></p>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Vérifier périodiquement le capteur</li><li>- Vérifier l'état et le fonctionnement des capteurs électriques</li></ul>	<p><b>1mois</b></p>	
--	----------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

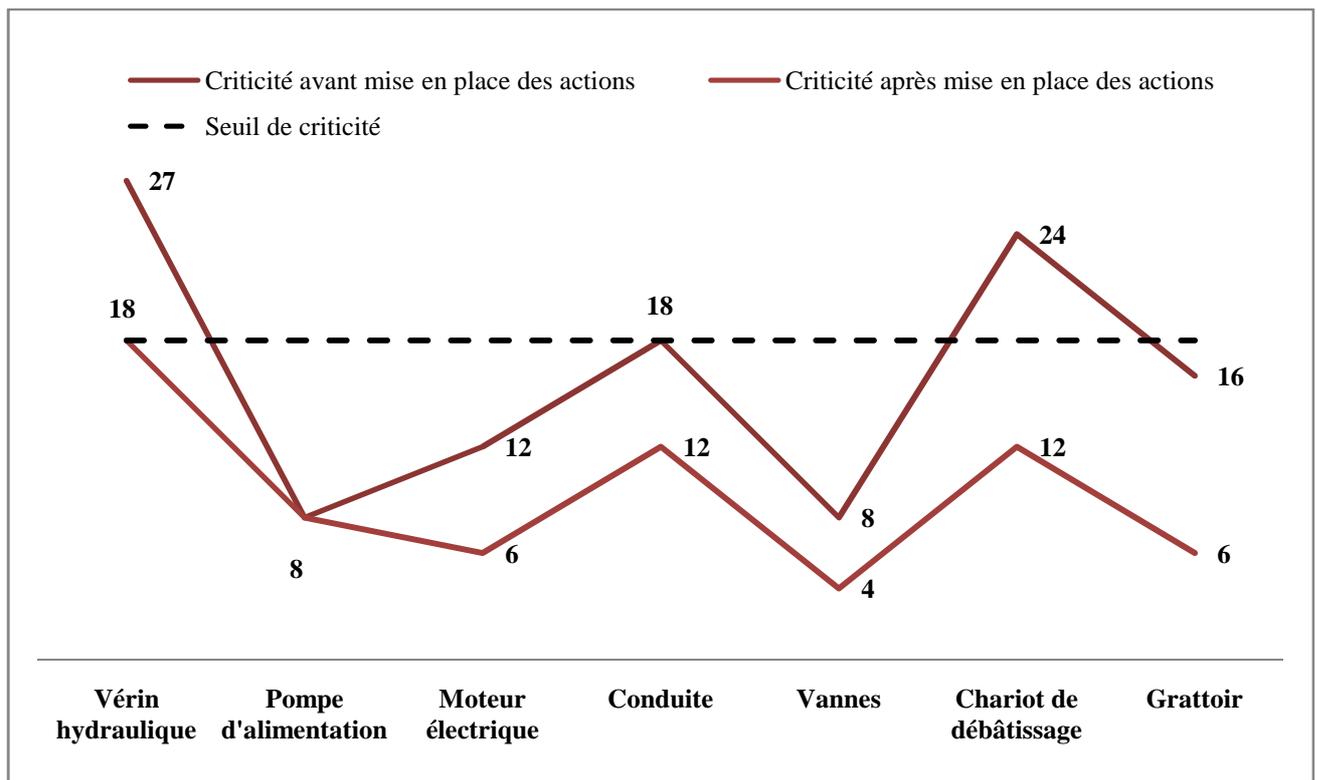
#### IV.4.2 - Evaluation de la criticité pour les trois machines :

L'AMDEC Equipement précédemment réalisé a permis de découvrir tous les modes de défaillance possibles, leurs causes, leurs conséquences et leurs méthodes de détection et d'identifier les composants critiques de ces équipements comme le montre les graphes suivants, selon le seuil de criticité qui a été fixé par le service Maintenance à **18**.

Suite à une réunion en interne avec les différents membres du groupe, les résultats attendus sont :

**Pour le Filtre presse :** Suite à l'obtention des coefficients lors de l'étude AMDEC Equipement menée sur le filtre presse, on constate :

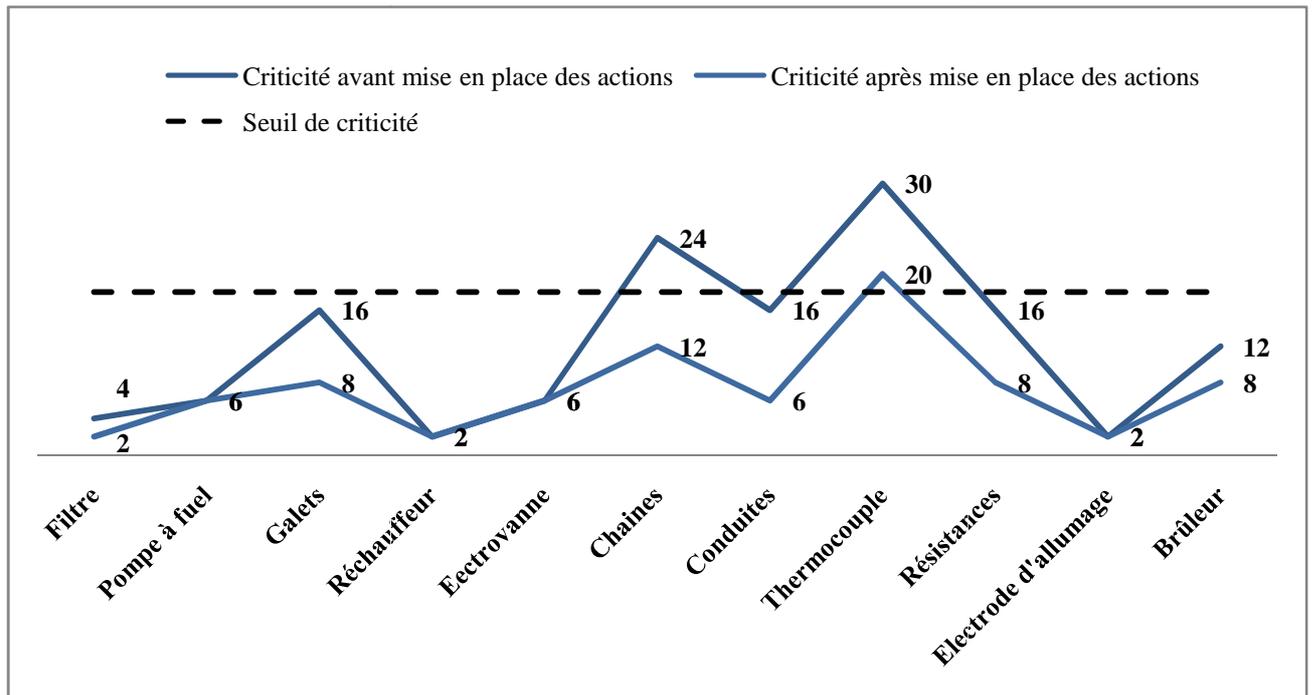
- D'une part, que les valeurs de criticité des deux composants, 27 pour le vérin hydraulique et 24 pour le chariot de débâtissage dépassent le seuil de criticité qui est 18.
- D'autre part, si la mise en place des actions recommandées est réalisée, les valeurs de criticité des composants citées ci-dessus vont diminuer automatiquement, et deviendront inférieures au seuil de criticité 18. La Figure 38 représentée ci-dessous trace cette évolution :



**Figure 38:** Analyse de la criticité du filtre presse en fonction de ces composants

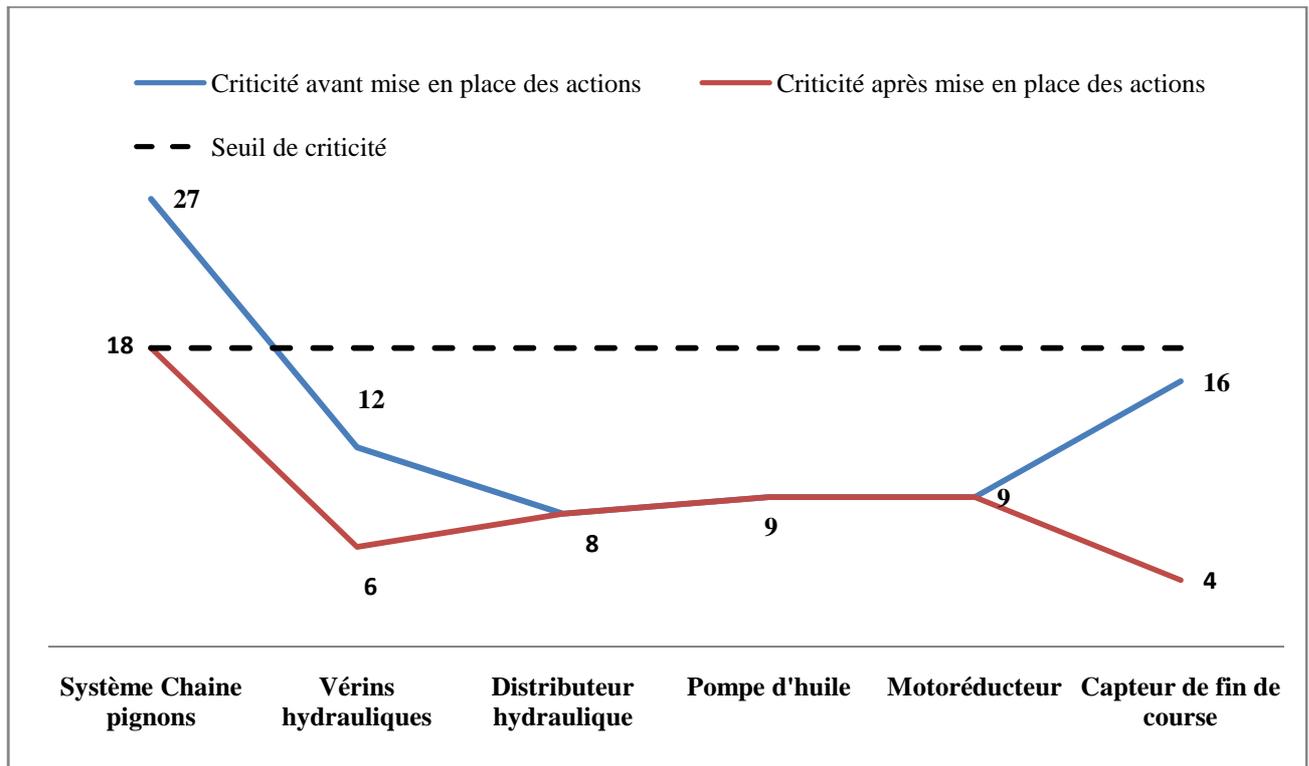
**Pour le Four rotatif :** De même, les valeurs des coefficients obtenues lors de l'étude et la mise en place du tableau AMDEC Equipement du four rotatif, on remarque :

- D'un côté, que les valeurs de criticité des deux composants, 30 pour le thermomètre à cadran et 24 pour les chaînes dépassent le seuil de criticité qui est 18.
- De l'autre, dans le cas où les actions recommandées seront mises en place, les valeurs de criticité des composants citées ci-dessus vont chuter, de 10 pour le thermomètre à cadran et la moitié pour les chaînes. La Figure 39 représentée ci-dessous montre l'évolution des criticités des différents composants du four rotatif :



**Figure 39:** Analyse de la criticité du four rotatif en fonction de ces composants

**Pour le Perforateur :** On déduit d'après le tableau AMDEC Equipement du perforateur, qu'un seul composant pénalisant qui est le système chaîne-pignons, dépasse le seuil de criticité puisqu'il a atteint 27 comme valeur. Et si on applique les actions recommandées, sa criticité deviendra égale au seuil de criticité. La Figure 40 suivante montre l'évolution des différents des criticités des différents composants du perforateur :



**Figure 40:** Analyse de la criticité du perforateur en fonction de ces composants

La réduction de la criticité finale a été obtenue, en agissant uniquement sur deux coefficients qui sont les coefficients de fréquence F et de gravité G.

## **CHAPITRE V :**

### **ELABORATION DU PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIVE POUR LES MACHINES ETUDIEES**



Dans ce chapitre, il serait question d'organiser le travail de maintenance et la préparation des plans de maintenance préventive (PMPs) sur les trois machines objet d'étude. Ce sont des tâches de maintenance préventive à exercer sur les équipements concernés au moment opportun pour assurer une meilleure disponibilité durant leurs fonctionnements.

## **V.1. Généralités sur un plan de maintenance préventive :**

### **V.1.1 - Définition :**

C'est un document sur lequel on trouve un ensemble des opérations de maintenance préventive ainsi que les informations nécessaires à leur exécution en termes de graissage, vérification, contrôle, nettoyage, contrôle périodique réglementaire pour maintenir la machine ou l'installation dans son état de bon fonctionnement.

### **V.1.2 - Objectifs de l'application des PMP :**

Les objectifs à tenir par l'application d'un plan de maintenance préventive s'abrégeaient comme suit :

- Améliorer le rendement des équipements ;
- Diminuer les heures d'arrêts ;
- Améliorer la qualité des services ;
- Assurer la sécurité des biens et du personnel ;
- Diminuer les coûts de maintenance.

## **V.2. Processus de préparation d'un plan de maintenance préventive :**

La mise en œuvre d'un plan de maintenance préventive comporte deux phases :

### **V.2.1 - Elaboration du PMP :**

C'est représenter toutes les opérations de maintenance qui devront être effectuées sur chaque organe de la machine. La réflexion sur la spécification des opérations de maintenance se fait en affichant tous les organes de la décomposition fonctionnelle et en tenant compte de leur technologie, de leur environnement (sec, humide, poussiéreux, chaud, non ouvert, etc.), de leur utilisation, de leur probabilité de défaillance et de leur impact sur la production et sur la sécurité (humaine et matérielle).

La spécification des opérations à réaliser lors de la visite ou contrôle a comme objectif de détecter les effets des dysfonctionnements qui peuvent arriver sur chacun de ces organes.

Il faut donc avoir connaissance de la nature, de la gravité et de la probabilité d'apparition des défaillances.

Pour chaque organe, lors de l'affectation des actions et de la définition des périodicités, on se pose la question « Est-ce nécessaire et suffisant? » afin de renforcer la réflexion.

Cette phase d'élaboration rentre totalement dans une démarche de préparation et constitue souvent le cœur du dossier de préparation.

### V.2.2 - L'exécution du plan :

Cette phase consiste à lancer les opérations et réaliser des visites afin de collecter les informations nécessaires pour l'évaluation du plan.

## V.3. Réalisation des plans de maintenance préventive pour les machines étudiées :

### V.3.1 - Description du plan de maintenance préventive proposé :

Le plan de maintenance préventive, qu'on a proposé, est composé généralement de sept colonnes qui comportent les désignations représentées sur le Tableau ci-dessous :

AFRIQUE CABLES												
	Unité : BATTERIE	PLAN DE MAINTENANCE PRÉVENTIVE			NUMERO / INDICE :							
	Section : Recyclage											
Système	Sous-système	Organe	Opérations à effectuer		Périodicité		Exécutant	Observations				
					J	H	M	T	S	A		
1	2	3	4	5		6	7					

**Tableau 11:** Modèle du PMP proposé

**Colonne N°1** : comporte le système qui est l'équipement objet d'étude,

**Colonne N°2** : comporte le sous-système ou la partie de l'ensemble contenant l'élément sur lequel on agit,

**Colonne N°3** : comporte l'organe ou composant du sous-système sur lequel on agit,

**Colonne N°4** : comporte la désignation des actions à effectuer,

**Colonne N°5** : comporte la périodicité ou le temps estimé de l'opération effectuée et qui peut être soit une périodicité de fréquence journalière ou hebdomadaire ou mensuelle ou trimestrielle ou semestrielle ou annuelle,

**Colonne N°6** : comporte l'exécutant de l'opération,

**Colonne N°7** : comporte des commentaires ou des remarques à prendre en considération.



---

**V.3.2 - Mise en place des plans de maintenance préventive :**

**- Plan de maintenance préventive de l'équipement « Filtre presse » :**

Voici comme suit le plan de maintenance préventive de l'équipement Filtre presse :

AFRIQUE CABLES													
	Unité : BATTERIE	PLAN DE MAINTENANCE PRÉVENTIVE				NUMERO / INDICE :PMP 01							
	Section : Recyclage												
Système	Sous-système	Organe	Opérations à effectuer	Périodicité						Exécutant	Observations		
				J	H	M	T	S	A				
<b>Filtre presse</b>	PARTIE FIXE	Bâti	Vérifier l'état général du châssis							Technicien	A intégrer dans la FVP		
			Vérifier le serrage des vis							Technicien	Resserer si nécessaire		
			Graissage des guides							Technicien	A intégrer dans la FVP		
	PARTIE FILTRANTE	Plateaux	Toiles	Vérifier l'état des plateaux							Opérateur	A intégrer dans le Check-List	
				Vérifier l'état des toiles							Opérateur		
		Chariot de débâtissage	Toiles	Vérifier la fixation des toiles							Technicien	A intégrer dans la FVP	
				Vérifier l'alignement du chariot							Technicien		
				Vérifier l'état des ressorts du chariot							Technicien		
	PARTIE HYDRAULIQUE	Raccords / flexibles	Station hydraulique	Eliminer les fuites							Technicien	PR: raccords et flexibles	
				Vérifier le fonctionnement de la station : moteur électrique,...							Technicien	A intégrer dans la FVP	
		Filtre	Vannes	Vidanger la station hydraulique							Technicien		Changer si nécessaire
				Vérifier le filtre d'huile							Opérateur		
		Pompe hydraulique	Tige	Vérin hydraulique	Vérifier le fonctionnement des vannes							Opérateur	PR: vanne
					Eliminer les fuites							Technicien	
					Vérifier le niveau d'huile							Opérateur	
		PARTIE ELECTRIQUE	Raccords électriques	Capteurs électriques	Vérifier l'étanchéité raccords							Opérateur	A chaque démarrage
	Vérifier le fonctionnement de la pompe hydraulique										Technicien	A intégrer dans la FVP	
	Vérifier l'état du tige										Technicien		
	Vidanger le vérin										Technicien		
	PARTIE ELECTRIQUE	Raccords électriques	Capteurs électriques	Dépoussiérer l'armoire électrique							Opérateur	Propreté	
Vérifier les raccordements électriques										Technicien	A intégrer dans la FVP		
Vérifier l'état et le fonctionnement des capteurs électriques										Technicien			

Tableau 12: PMP du filtre presse



**- Plan de maintenance préventive de l'équipement « Four rotatif » :**

Voici ci-dessous le plan de maintenance préventive de l'équipement Four rotatif :

AFRIQUE CABLES											
	Unité : BATTERIE	PLAN DE MAINTENANCE PRÉVENTIVE				NUMERO / INDICE : PMP02					
	Section : FONDERIE										
Système	Sous-système	Organe	Opérations à effectuer	Périodicité						Exécutant	Observations
				J	H	M	T	S	A		
<b>FOUR ROTATIF</b>	<b>PARTIE FIXE</b>	Bâti	Contrôler l'état général du châssis							Technicien	A intégrer dans la FVP
			Vérifier le serrage des vis							Technicien	Resserer si nécessaire
	<b>PARTIE MECANIQUE</b>	Motoréducteur	Vérifier l'état des paliers							Technicien	A intégrer dans la FVP
			Vérifier l'état de l'arbre moteur (usure, clavetage)							Technicien	
			Graisser les paliers applique auto aligneur et vérifier leurs état							Technicien	
			Vérifier le fonctionnement et le niveau d'huile du motoréducteur, éliminer les fuites et remplir le réservoir d'huile							Technicien	Si nécessaire
		Chaines	Vérifier l'état des deux chaines							Technicien	A intégrer dans la FVP
			Vérifier l'état du tendeur et la tension des chaines							Technicien	
	Pignon	Vérifier l'état des pignons (denture, alésage)							Technicien		
	Galets	Vérifier l'état et le fonctionnement des galets							Technicien		
	<b>PARTIE HYDRAULIQUE</b>	Pompes hydrauliques	Contrôler le niveau d'huile (min 30%)							Opérateur	A chaque démarrage (à intégrer dans le Check - List)
			Vérifier l'étanchéité des flexibles et des raccords							Opérateur	
			Vérifier l'état des filtres							Technicien	PR : filtre
			Vérifier le fonctionnement des pompes hydrauliques							Technicien	
			Vidanger la station hydraulique							Technicien	A intégrer dans la FVP
			Nettoyer les pompes hydrauliques							Opérateur	Si nécessaire
		Vannes	Vérifier le fonctionnement des vannes							Opérateur	
			Éliminer les fuites							Technicien	PR: vanne, tuyau
		Vérins hydrauliques	Vérifier l'état des vérins							Technicien	A intégrer dans la FVP
			Éliminer les fuites							Technicien	Si nécessaire
Electrovannes	Vidanger les vérins							Technicien	A intégrer dans la FVP		
		Vérifier l'état des électrovannes						Technicien	PR: electrovanne		

<b>PARTIE CHAUFFAGE</b>	<b>Manomètre de pression</b>	Contrôler la pression d'air au niveau de la citerne ( $\geq 5$ bar)								Opérateur	A chaque démarrage (à intégrer dans le Check - List)	
	<b>Résistances</b>	Vérifier l'état des résistances								Opérateur	PR: résistances	
	<b>Brûleur</b>	Contrôler l'état de la tête du brûleur									Opérateur	A chaque démarrage
		Contrôler le fonctionnement du réchauffeur									Opérateur	
		Vérifier l'état des électrodes d'allumage									Technicien	A intégrer dans la FVP
		Vérifier l'état du transformateur d'allumage									Technicien	
	<b>PARTIE ELECTRIQUE</b>	Dépoussiérer l'armoie électrique									Opérateur	Propreté
		<b>Thermocouple</b>	Contrôler la température de fuel au niveau du réchauffeur ( $75^{\circ}\text{C}$ à $85^{\circ}\text{C}$ )								Opérateur	A chaque démarrage (à intégrer dans le Check - List)
		<b>Thermomètre à cadran</b>	Contrôler la température de fuel								Opérateur	
		<b>Capteurs</b>	Vérifier l'état et le fonctionnement des capteurs électriques								Technicien	Etalonner si nécessaire dans le laboratoire de métrologie

**Tableau 13:** PMP du four rotatif



**Plan de maintenance préventive de l'équipement « Perforateur » :**

Voici ci-dessous le plan de maintenance préventive de l'équipement Perforateur :

AFRIQUE CABLES												
Unité : BATTERIE		<b>PLAN DE MAINTENANCE PRÉVENTIVE</b>				NUMERO / INDICE : PMP 03						
Section : Recyclage												
Ligne : PERFORATEUR												
Système	Sous-système	Organe	Opérations à effectuer	Périodicité						Exécutant	Observations	
				J	H	M	T	S	A			
<b>ENSEMBLE PERFORATEUR</b>	BATI		Contrôler l'état de tout le châssis (cassure, usure, etc.)							Technicien	A intégrer dans la FVP	
		Plaque support	Vérifier la plaque support batterie							Opérateur		
		Chaines	Vérifier le guide de la chaîne d'entrée							Opérateur		
			Graisser la chaîne intermédiaire							Technicien		
	TAPIS D'ENTREE	Arbre	Vérifier le guide de la chaîne de sortie							Opérateur		
			Vérifier l'état de l'arbre tendeur (usure, clavetage, etc)							Technicien		
		Paliers	Graisser les paliers coulisseau tendeur et vérifier leurs état							Technicien		
		Pignon	Vérifier l'état des pignons libres (denture, alésage)							Technicien		
		Chaîne	Lubrifier les guides de transfert batteries et vérifier l'état de la chaîne							Technicien		
			Vérifier l'état du tendeur et la tension de la chaîne							Technicien		
	TAPIS DE SORTIE	Motoréducteur	Contrôler l'état des paliers							Technicien		
			Vérifier l'état de l'arbre moteur (usure, clavetage)							Technicien		
			Graisser les paliers applique auto aligneur et vérifier leurs état							Technicien		
			Vérifier le fonctionnement et le niveau d'huile du motoréducteur, éliminer les fuites et remplir le réservoir d'huile							Technicien		Si nécessaire
	Centrale hydraulique	Pignon	Vérifier l'état des pignons clavetés (denture, alésage)							Technicien		A intégrer dans la FVP
		Vérifier l'état de la centrale hydraulique et leur niveau d'huile, éliminer les fuites si nécessaire.							Technicien			
Perforateur	Vérin hydraulique	Vérifier l'état du vérin de la tête du perforateur et éliminer les fuites							Technicien	Si nécessaire		
		Vérifier l'état du vérin de la table du perforateur et éliminer les fuites							Technicien			
	Capteurs	Vérifier l'état et le fonctionnement des capteurs électriques							Technicien	Etalonnage si nécessaire		
Poste d'égouttage	Vanne	Vérifier l'étanchéité de la vanne manuelle							Opérateur	PR : vanne		
	Pompe	Vérifier le fonctionnement de la pompe et son état							Technicien	PR : pompe		
	Sonde	Vérifier le fonctionnement de la sonde							Opérateur	PR : sonde		

**Tableau 14: PMP du perforateur**



---

## CONCLUSION

Le travail réalisé lors de ce stage, a permis de faire un point sur l'état actuel de la maintenance préventive, du parc machine de la section objet d'étude. Cette dernière joue un rôle capital dans le processus de recyclage des batteries, ainsi que pour la production des batteries neuves.

L'objectif principal de ce projet, est d'élaborer des plans de maintenance préventive, au sein de la section Recyclage / Fonderie des batteries usagées appartenant à l'unité batterie de la société AFRIQUE CABLES.

Pour réaliser le cahier de charges proposé par le service Maintenance et y répondre, j'ai procédé comme suit :

En premier lieu, je me suis basé sur l'historique des pannes de la section (année 2016), et en se basant sur l'analyse PARETO, on a détecté les machines critiques, appartenant à la section qui sont: le filtre presse, le four rotatif et le perforateur.

Ces trois dernières machines tombent souvent en panne. D'où une étude AMDEC Equipement est nécessaire. Elle est considérée comme l'un des outils, permettant d'atteindre les objectifs du cahier de charges, de rechercher puis de citer les modes de défaillances possibles et leurs causes, d'un équipement de production, ainsi que les modes détection, sans oublier l'ensemble des actions ou des opérations à effectuer qu'on a proposé de mettre en place, afin de minimiser la criticité des équipements étudiés.

Cependant, l'analyse parfaite n'existe pas, certaines défaillances imprévues peuvent survenir. Il relève donc de la responsabilité du personnel, de rester vigilant pour conserver la réactivité et la flexibilité face aux nouvelles anomalies.

En deuxième lieu, on a réalisé les plans de maintenance préventive pour les trois machines citées précédemment, cela dans le but de minimiser ces anomalies fréquentes lors de la production et atteindre une disponibilité maximale de production.

Ce présent travail m'a permis de me familiariser avec l'environnement du travail et de prendre connaissance des difficultés rencontrées lors de la résolution des problèmes.

Etant donné que la période de stage était insuffisante, je n'ai pas pu réaliser l'étude AMDEC Equipement et l'élaboration du plan de maintenance préventive, pour tout le parc machine, appartenant à la section Recyclage / Fonderie des batteries usagées.

Ce projet réalisé sera implanté au sein de l'entreprise dans les jours à venir et donnera sûrement une meilleure satisfaction aux besoins du service Maintenance.



---

## **BIBLIOGRAPHIE**

Documentation de l'entreprise

Manuel d'instruction du Filtre presse CHOQUENET B 37 269

Manuel d'instruction du Four rotatif DROSS 37 269

Manuel d'instruction du Perforateur DROSS B 37 269

Cours de Gestion de la Qualité de **Mme. Ikram EL TAJRI** (Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès)

Cours de Maintenance Industrielle de **M. Anas CHAFI** (Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès)

Cours d'Analyse Fonctionnelle de **M. Hassan BINE EL OUIDANE** (Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès)

## **WEBOGRAPHIE**

<http://www.ynna.ma/intranet/magazine/industrie/ELECTRA.htm>

<http://www.afriquecables.com/presentation.php>

<http://crta.fr/wp-content/uploads/2013/10/04-M%C3%A9thode-AMDEC.pdf>

[http://www.cnomo.com/fichiers/4/14749/E41.50.530.N\\_Avril2011.pdf](http://www.cnomo.com/fichiers/4/14749/E41.50.530.N_Avril2011.pdf)

<http://www.drossengineering.com/web/index.php?lang=en>

<http://www.technologuepro.com/maintenance-industrielle/chapitre-5-analyse-des-defaillances-et-aide-au-diagnostic.pdf>



---

**Stage effectué à : Afrique Câbles - ELECTRA Batterie**



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

**Nom et prénom :** BENJELLOUN Younes

**Année Universitaire :** 2016 / 2017

**Titre :** Elaboration du plan de maintenance préventive sur la section Recyclage / Fonderie des batteries usagées à l'aide d'une étude AMDEC Equipement.

**Résumé**

Ce projet de fin d'études entre dans le cadre de l'élaboration et la mise en place du plan de maintenance préventive pour les équipements de la section Fonderie / Recyclage des batteries usagées.

On était amené au premier lieu à définir la politique de maintenance adéquate au sein du service maintenance.

En second lieu, et dans le but de mettre à niveau des plans de maintenance fiables, on a fait des analyses fonctionnelles et l'Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC Equipement) pour les équipements névralgiques.

Finalement, on a mis en place des actions préventives d'amélioration et des plans de maintenance préventive (PMPs) pour les équipements critiques de la section étudiée.

**Abstract**

This end-of-study project is part of the development and implementation of the preventive maintenance plan for equipment the Foundry / Recycling of used batteries.

The first step was to define the appropriate maintenance policy within the maintenance department.

Second, and in order to upgrade reliable maintenance plans, functional analyzes and Analysis of Modes of Failure and their Effects and Criticality (AMDEC Equipment) were carried out for critical equipment.

Finally, we have put in place the preventive measures and the preventive maintenance plans (PMPs) for critical equipment in the section studied.

**Mots clés :** QQQQCP, Pareto, AMDEC Equipement, analyse fonctionnelle, Ishikawa (5M), PMP.