

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Ibn Khaldoun de Tiaret
Faculté des Sciences Appliquées
Département de Génie Mécanique



PROJET DE FIN DE CYCLE

MASTER

Domaine : Sciences et Technologies
Filière : Electromécanique
Parcours : Master
Spécialité : Maintenance Industrielle

Thème

Analyse dysfonctionnelle d'une
fondeuse pour grille de batterie.
Cas de la fondeuse SOVEMA-CA 86

Préparé par :

SOUALA Sid-Ahmed et YAHIAOUI El-Khedim

Soutenu publiquement le : .. / 06 / 2022, devant le jury composé de :

M. BALTACH Abdelghani	Maître de Conférences "A" (Univ. Ibn Khaldoun)	Président
M. SAAD Mohamed	Maître de Conférences "B" (Univ. Ibn Khaldoun)	Examineur
M. MEKROUSSI Saïd	Maître de Conférences "A" (Univ. Ibn Khaldoun)	Examineur
M. GUEMMOUR Mohamed .B	Maître de Conférences "B" (Univ. Ibn Khaldoun)	Encadrant

Année universitaire : 2021 - 2022

REMERCIEMENTS

On tient avant tout à remercier chaleureusement Monsieur Guemmour Mohamed Boutkhal , Maître de conférences classe "B" à l'université Ibn-Khaldoun de Tiaret de nous savoir encadré et assuré le suivi de notre travail .En nous faisant confiance depuis le début de nos travaux ,il a su diriger ce travail toute nous laissant une complète autonomie .On le remercie non seulement pour la qualité d'encadrement mais également pour l' inestimable qualité humaine dont il a toujours fait preuve.

On est reconnaissant de l'honneur que nous ont fait Monsieur **SAAD Mohamed**, Maître de conférences classe "B" à l'université de Tiaret, et Monsieur **MEKROUSSI Saïd** Maître de Conférences "A" à l'université de Tiaret pour avoir accepté de prendre part au jury.On les remercie vivement d'avoir acceptés la tâche d'évaluer notre mémoire en qualité de rapporteur, en consacrant de leur précieux temps à l'examen, à l'évaluation de notre travail et pour l'intérêt qu'ils ont portés à notre travail. On les remercie aussi pour la patience et la pertinence dont ils ont fait preuve à la lecture de ce document afin de l'expertiser et estimer sa valeur scientifique.

On remercie tout autant Monsieur **BALTACH Abdelghani**, Maître de Conférences "A" à l'université de tiaret , pour avoir accepté de prendre part au jury, de le présider et de proclamer le résultat de la délibérations du jury de notre soutenance.

Enfin, on tient aussi à remercier l'équipe pédagogique, constituée de l'ensemble des enseignants permanents et vacataires qui ont assurés notre formation durant notre cycle de master,ainsi que l'équipe de formation, constituée du responsable de filière et du responsable de la spécialité qui ont assurés la promotion de la spécialité maintenance industrielle, sans oublier le staff administratif du département de génie

mécanique qui a veillé à l'organisation, la planification, le contrôle et le suivi des activités pédagogiques et à leur tête Monsieur le chef de département.

LISTE DES ABREVIATIONS

ENPEC : Entreprise Nationale des Produits de l'Electrochimie

AFNOR : Association Française de la normalisation

NF : Norme française

Accus : Accumulateurs

AMDEC : Analyse des modes de défaillances et leurs effets et leurs criticité.

ADD : Arbre de défaillance.

GMAO : Gestion de La Maintenance Assisté Par L'ordinateur.

SDF : Sureté de Fonctionnement.

ISO : Organisation Internationale de Normalisation.

LISTE DES FIGURES

Chapitre 01

Figure 1.1 <i>Les phases de l'analyse dysfonctionnelle</i>	04
Figure 1.2 Diagramme bête à corne.	07
Figure 1.3 Diagramme de pieuvre.	09
Figure 1.4 Décomposition du système	10
Figure 1.5 Bloc diagramme fonctionnel.	11
Figure 1.6 Méthode du diagramme FAST	12
Figure 1.7 Porte (ET).	18
Figure 1.8 Porte(OU).	18
Figure 1.9 Porte (R/N).supérieure a plusieurs origines de l'échec	19
Figure 1.10 Les étapes de l'Analyse des Modes des Défaillances Et leurs Criticité	22

Chapitre 02

Figure 2.1 Position géographique de l'unité de production d'Accus Sougueur	27
Figure 2.2 Le différent service de l'unité de production d'Accus SOUGUEUR	28
Figure 2.3 <i>Aperçu d'une fondeuse.</i>	29
Figure 2.4 <i>Aperçu des lingots en plomb</i>	29
Figure 2.5 <i>Aperçu des grilles.</i>	30
Figure 2.6 : <i>Aperçu d'une grille BR</i>	30
Figure 2.7 : <i>Aperçu d'une grille Ai.</i>	30
Figure 2.8 : Aperçu du moulin d'oxyde.	31
Figure 2.9 : Aperçu du Curring.	32
Figure 2.10 : Aperçu C.O.S.	33
Figure 2.11 : Aperçu du test d'étanchéité	34
Figure 2.12 : Aperçu de la batterie semi-finie	34
Figure 2.13 : Aperçu de la batterie finis.	35
Figure 2.14 : Organisation interne du service maintenance	37
Figure 2.15 : Aperçu de four de la machine CA-86	41
Figure 2.16 : Vue extérieure de la fondeuse CA-86	42
Figure 2.17 : Aperçu du bruleur a gaz de la CA-86	43

Figure 2.18 : Aperçu du pupitre de commandes	44
Figure 2.19 : creuset du plomb fondu	44
Figure 2.20 : Aperçu du cubilot	45
Figure 2.21 : Aperçu de moule	45
Figure 2.22 : Aperçu de la cisaille	46

Chapitre 03

Figure 3.1 : Schémas de Système de Refroidissement de la CA-86	55
Figure 3.2 : Aperçu de composant du filtre en Y.	56
Figure 3.3 : Aperçu d'une électropompe de refoulement	56
Figure 3.4 : Aperçu d'une résistance électrique	57
Figure 3.5 : Aperçu d'un échangeur de chaleur	57
Figure 3.6 : Décomposition structurelle du circuit de refroidissement	58

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre 01

Tableau 1.1 : Exemple des niveaux de gravité de défaillance pour un véhicule.	14
Tableau 1.2 : Exemple des niveaux d'occurrences de défaillance pour un véhicule.	47

Chapitre 02

Tableau 2.1 : Reconstitution des personnels du service maintenance.	38
Tableau 2.2 : les Caractéristiques techniques de la machine CA-86	43
Tableau 2.3 : description des fonctions élémentaires des organes	47

Chapitre 03

Tableau3.1 : Défaillances mécaniques.	51
Tableau3.2 : Défaillances électriques	52
Tableau3.3 : Défaillances pneumatiques	53
Tableau 3.4 : Fonctions des éléments du circuit de refroidissement	59
Tableau 3.5 : Défaillances du moteur	60
Tableau 3.6 : défaillances de la pompe	61
Tableau 3.7 : défaillances de conduction	62
Tableau 3.8 : les grilles de cotation	64
Tableau 3.9 : Les niveaux de criticités	64
Tableau 3.10 : les niveaux des grilles de cotation	66
Tableau 3.11 Analyse AMDEC du circuit de refroidissement	67
Tableau 3.12 : Classification des éléments suivant leurs criticités	70

SOMMAIRE

INTRODUCTION GÉNÉRALE	02
 CHAPITRE I : OUTILS ET TECHNIQUES DE L'ANALYSE DYSFONCTIONNELLE	
I.1. Introduction	04
I.2. Définition de l'analyse dysfonctionnelle	04
I.3. Les étapes de l'analyse dysfonctionnelle	04
I.4. Sûreté de fonctionnement	05
I.4.1 Définitions	05
I.4.2. Principe de la sûreté de fonctionnement	05
I.4.3. But de la sûreté de fonctionnement	06
I.4.4. Etudes de sûreté de fonctionnement	06
I.4.5. Outils utilisés en sûreté de fonctionnement	07
I.4.5.1. Analyse fonctionnelle externe (AFE)	07
I. 4.5.2. Analyse fonctionnelle interne/ ou technique (AFI / ou AFT)	10
I.4.5.2.1. Décomposition du système	10
I.4.5.2.2. Identification des flux à l'intérieur du système	11
I.4.5.2.3. La méthode FAST	11
I.4.5.3. Analyse préliminaire de risques (APR)	12
I.4.5.3.1. L'APR approche fonctionnelle	15
I.4.5.3.2. L'APR menace/agressions	15
I.4.5.3.3. Approche agressions du système vers l'extérieur (agressions externes)	16
I.4.5.4. Arbre de défaillances (ADD)	17
I.4.5.4.1. Définition et Principe de la méthode	17
I.4.5.4.2 Définition de l'Événement Redouté (ER)	18
I.4.5.4.3. Liens entre les Evénements : Portes logiques	18
I.4.5.4.4.Élaboration de l'arbre	19
I.4.5.4.5. Exploitation qualitative de l'arbre des défaillances	20
I.4.5.4.6. Exploitation quantitative de l'arbre de défaillance	20
I.4.5.5. Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC)	21
I.4.5.5.1. Historique et domaine d'applications	21
I.4.5.5.2. Définition	21

I.4.5.5.3. Les Principes de l'AMDEC	21
I.4.5.5.4. Les Types de l'AMDEC :.....	21
I.4.5.5.5. Les étapes de l'Analyse des Modes des Défaillances Et leurs Criticité	22
I.5. Conclusion.....	24

CHAPITRE II : FONDEUSE DE PLOMD SOVEMA CA 86

II.1. PRESENTATION DE L'ENPEC	26
II.1.1. Le chiffre d'affaires	26
II.2. PRÉSENTATION DE L'UNITÉ ACCUMULATEURS SOUGUEUR / ENPEC	26
II.2.1. Bref historique	26
II.2.2. Situation géographique	27
II.2.3. Mission.....	27
II.2.4. Les différents services	27
II.3. Service de production	28
II.3.1 Processus de fabrication de la batterie humide	29
II.3.1.1 Atelier fonderie	29
II.3.1.2. Atelier oxyde	30
II.3.1.3. Atelier empattage et curring	31
II.3.1.4 Atelier ébarbage	32
II.3.1.5. Atelier enveloppeuse	32
II.3.1.6. Atelier C.O.S	33
II.3.1.7. Atelier montage	33
II.3.1.8. Atelier de la Formation	34
II.4. Service de maintenance	36
II.4.1. Introduction.....	36
II.4.2. L'organisation interne du service maintenance à l'unité.....	36
II.4.3. Périmètre des biens maintenus.....	37
II.4.4. Relation du service maintenance avec les autres services.....	38
II.4.5. Personnels et le rôle de chacun.....	38
II.4.6. Structure de l'activité maintenance.....	38
II.4.7. Déroulement des interventions correctives.....	39
II.4.8. Le magasin des pièces de rechange.....	39
II.4.9. Documentation de la maintenance.....	39

II.5. Fondeuse SOVEMA CA-86.....	41
II.5.1. Description.....	41
II.5.1.1 Description du four.....	41
II.5.1.2. Description de la fondeuse.....	42
II.5.1.3. Caractéristiques techniques	43
II.5.2. Fonctionnement.....	43
II.5.2.1. Fonctionnement du four.....	43
II.5.2.2. Fonctionnement de la fondeuse.....	44
II.6. Conclusion.....	48

CHAPITRE III : ANALYSE DYSFONCTIONNELLE

III.1. Introduction	50
III.2. Description du problème	50
III.2.1 Recensement des défaillances	51
III.2.1.1. Défaillances mécaniques	51
III.2.1.2. Défaillances électrique	52
III.2.1.3 Défaillances pneumatique	53
III.3. AMDEC DE SYSTEME DE REFROIDISSEMENT SOVEMA CA-86	54
III.3.1. Initialisation.....	54
III.3.1.1 Définition du Système de refroidissement de la machine SOVEMA CA-86	54
III.3.1.2 Limites du système de refroidissement de la machine SOVEMA CA-86	54
III.3.1.3. Définition des objectifs à atteindre.....	54
III.3.2. Fonctionnement de circuit de refroidissement	54
III.3.3. Découpage du système	56
III.3.4. Décomposition structurelle du circuit de refroidissement.....	57
III.3.5. Identification des fonctions des éléments du système de refroidissement.....	59
III.3.6. Analyse des modes de défaillances	59
III.3.7. Estimation de la criticité.....	62
III.3.8. Evaluation des critères de cotation.....	63
III.3.9. Calcul de la criticité.....	64
III.3.10. Proposition d’actions correctives	65
III.3.11. Recherche des actions correctives.....	65
III.3.12. Classification des éléments suivant leurs criticités	66

III.4. Synthèse de l'étude.....	67
III.5. Conclusion.....	67
CONCLUSION GENERALE	68
BIBLIOGRAPHIES	70
ANNEXES	

INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'évolution des marchés vers des situations de concurrence extrême oblige tout industriel à faire preuve d'une combativité et d'une compétitivité toujours accrues. Cette capacité à être performant implique : des produits fiables, une qualité régulière, des délais respectés, des couts ajustés aux conditions du marché. Or, tous ces facteurs, dépendent pour une large part : de la maitrise de l'outil de production et de sa maintenance de l'outil de production. [1]

Notre travail se situe dans un contexte technologique s'inscrivant dans une activité d'ingénierie de production dans le domaine électrochimique. Dans ce dernier notre choix s'est porté sur l'unité Accus de SOUGUEUR qui fait partie du tissu industriel de la wilaya de TIARET.

En termes de problématique, notre travail traite le fait que l'unité Accus de SOUGUEUR souffre de dysfonctionnement dans l'atelier fonderie en matière de finition de produit et fiabilité d'équipements.

Les objectifs qui pouvait êtres tracées dans ce travail sont d'ordre technique concernant la sûreté de fonctionnement d'un équipement industriel dont le dysfonctionnement influe sur le volume et le coût de production. En terme de coté maintenance les objectif de ce travail sont :

- Prévention des pannes
- Optimisation de l'utilisation et de la conduite de la maintenance
- Amélioration de la surveillance
- Amélioration de la maintenance préventive
- Détection précoce des dégradations
- Aide au diagnostic
- Amélioration de la maintenance corrective

Le mémoire en question de type pratique et dont le titre est “ Analyse dysfonctionnelle de la fondeuse de grilles de batteries cas : fondeuse SOVEMA CA-86, constitue une approche pratique de la résolution de problème d'ordre technique qui existe dans cette équipement.

Ainsi et pour donner une chronologie a notre travail, ce mémoire sera divisé en trois chapitres.

Nous commencerons par définir les différents outils techniques de l'analyse dysfonctionnelle.

Dans le chapitre deux, nous donnerons une présentation une présentation de l'entreprise et une description générales du processus de production des batteries humides à l'unité Accus de SOUGUEUR .Le chapitre est consacré a localiser les l'élément critique dans la machine puis l'étude technique sur ces derniers.

Enfin, nous clôturerons ce modeste travail par une conclusion générale.

Chapitre 01

***OUTILS ET TECHNIQUES DE
L'ANALYSE DYSFUNCTIONNELLE***

1.1 Introduction

La mesure de la qualité des composants s'appuie principalement sur les analyses de construction et de défaillance. La première consiste à une étude de la technologie Employée avec décomposition des phases successives de fabrication du composant, la deuxième analyse teste la fiabilité et cherche les causes de défaillance qui peut être souvent thermique et essayer de cerner le mode de destruction, cet aspect d'analyse est appelé L'analyse dysfonctionnelle. [1]

1.2 Définition de l'analyse dysfonctionnelle

L'analyse dysfonctionnelle est une activité technique de la fonction maintenance qui consiste à identifier les conditions qui peuvent conduire à des défaillances et à prévoir leurs conséquences sur la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité et la sécurité des systèmes en cours de conception ou déjà opérationnels.

Elle est réalisée à partir d'informations diverses dont le tri et l'analyse permettent de concevoir un modèle du système. [2]

1.3 Les étapes de l'analyse dysfonctionnelle

L'analyse dysfonctionnelle regroupe un ensemble de méthodes concrètes et se réalise à travers trois phases qui peuvent être représentées par la figure suivante :



Figure 1.1 : Les phases de l'analyse dysfonctionnelle.

Etape 1. : L'étude descriptive des dysfonctionnements : Il s'agit ici de dresser un inventaire des dysfonctionnements en les classant dans les domaines de dysfonctionnements. L'ensemble de ces dysfonctionnements est regroupé en cinq indicateurs considérés comme des familles de dysfonctionnements : Absentéisme, Accidents du travail, Rotation du personnel, non-qualité, Ecart de productivité directe.

Etape 2. : L'étude descriptive des régularisations des dysfonctionnements : Dans cette étape, on va procéder à l'évaluation des effets des dysfonctionnements (régularisations) Les régularisations des dysfonctionnements sont regroupées selon deux types d'activités : Activités humaines et consommations de produits (biens et services).

Etape 3. : L'analyse des causes des dysfonctionnements : Dans cette phase, on procède par une démarche différente et qui consiste à connaître "l'avis d'expert" des intervenants ce qui nécessite

«une prise de recul vis-à-vis des opinions des acteurs et se fonde aussi bien sur les données recueillies par entretiens, par observation directe et par analyse de documents que sur le non dit [2]

1.4 Sureté de fonctionnement

1.4.1 Définitions

- Norme NF EN 13306 – Sûreté de fonctionnement : aptitude à fonctionner comme cela est requis et lorsque cela est requis ; elle précise que la sûreté de fonctionnement comprend la disponibilité, la sûreté, la sécurité, la durabilité et les facteurs qui les influencent (la fiabilité, la maintenabilité, les performances de logistique de maintenance, les conditions d'utilisation et l'influence du personnel d'exploitation). [4]
- Norme CEI 60050 – Sûreté de fonctionnement : aptitude à fonctionner quand et tel que requis ; la sûreté de fonctionnement comprend la disponibilité, la fiabilité, la récupérabilité, la maintenabilité, l'efficacité de la logistique de maintenance et, dans certains cas, d'autres caractéristiques telles que la durabilité, la sûreté et la sécurité. [3]

1.4.2 Principe de la sureté de fonctionnement

La sûreté de fonctionnement (dependability, SdF) consiste à évaluer les risques potentiels, prévoir l'occurrence des défaillances et tenter de minimiser les conséquences des situations catastrophiques lorsqu'elles se présentent

La Sûreté de fonctionnement est appelée la science des « défaillances ». D'autres désignations existent suivant les domaines d'applications : analyse de risque (milieu pétrolier), aléatique, cyndinique (science du danger), FMDS (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité, Sécurité), en anglais RAMS (Reliability, Availability, Maintainability and Safety).

Elle se caractérise à la fois par les études structurelles statiques et dynamiques des systèmes, du point de vue prévisionnel mais aussi opérationnel et expérimental (essais, accidents), en tenant compte des aspects probabilités et des conséquences induites par les défaillances techniques et humaines. Cette discipline intervient non seulement au niveau de systèmes déjà construits mais aussi au niveau conceptuel pour la réalisation des systèmes.

La Sûreté de fonctionnement s'est développée principalement au cours du 20e siècle pour être actuellement un domaine incontournable pour les industries à risques mais aussi, de plus en plus, pour toute l'industrie, en raison de sa corrélation avec la notion de qualité, les problèmes ergonomiques (relation homme-machine) et l'impact sur l'environnement.[3]

1.4.3 But de la sûreté de fonctionnement

Le but de la sûreté de fonctionnement : mesurer la qualité de service délivré par un système, de manière à ce que l'utilisateur ait en lui une confiance justifiée. Cette confiance justifiée s'obtient à travers une analyse qualitative et quantitative des différentes propriétés du service délivré par le système, mesurée par les grandeurs probabilistes associées : fiabilité, maintenabilité, disponibilité, sécurité.

L'objectif de la sûreté de fonctionnement est d'atteindre le Graal de la conception de système : zéro accident, zéro arrêt, zéro défaut (et même zéro maintenance). Pour pouvoir y arriver, il faudrait tester toutes les utilisations possibles d'un produit pendant une grande période ce qui est impensable dans le contexte industriel voire même impossible à réaliser tout court. [3]

1.4.4 Etudes de sûreté de fonctionnement

Les études de sûreté de fonctionnement regroupent les activités d'évaluation prévisionnelle de la fiabilité, de la maintenabilité, de la disponibilité et de la sécurité d'une organisation, d'un système, d'un produit ou d'un moyen.

Ces évaluations permettent, par comparaison aux objectifs ou dans l'absolu, d'identifier les actions de conception ou d'amélioration de l'entité pour atteindre le niveau voulu. Ces études consistent généralement à analyser les effets des pannes, dysfonctionnements, erreurs d'utilisation ou agressions de l'entité étudiée.

L'étude de sûreté de fonctionnement comporte deux volets complémentaires : Analyse fonctionnelle va détailler la manière dont le système va opérer dans toutes ses phases de vie ainsi que les autres systèmes avec lesquels il va pouvoir interagir, Analyse dysfonctionnelle vise à imaginer l'ensemble des défaillances pouvant survenir n'importe où dans le système, seules ou combinées entre elles, et à analyser leur impact.

Les résultats de ces deux études sont mis en commun dans une modélisation du système qui va représenter virtuellement celui-ci avant sa réalisation, tant dans son fonctionnement attendu que dans les pannes susceptibles de lui arriver.

En étudiant cette modélisation, il devient alors possible de valider ou invalider une solution technique, optimiser des choix architecturaux, remplacer des composants critiques, ceci dans le but de :

- réduire au maximum les risques
- réduire au maximum les coûts d'exploitation
- tolérer, dans la mesure du possible, certaines fautes en autorisant un fonctionnement en mode dégradé sous certaines conditions. [1]

1.4.5 Outils utilisés en sûreté de fonctionnement

1.4.5.1 Analyse fonctionnelle externe (AFE)

L'analyse fonctionnelle externe (ou analyse fonctionnelle du besoin) est un outil qui décrit de façon exhaustive les fonctions à réaliser pour satisfaire les besoins réels de l'utilisateur.

Son principe est de considérer l'objet de l'étude comme une boîte noire, et de le placer dans son environnement d'utilisation pour décrire ce qu'il doit faire, faisant abstraction des solutions. [4]

Cette approche se déroule en 7 phases :

Phase 1 : Définir les limites du système

Cette phase a pour but de définir ce qu'est notre système et ce qui n'en fait pas partie. Pour cela, nous pouvons utiliser une décomposition hiérarchique du produit appelée découpage PBS (Product Breakdown Structure).

C'est notamment au niveau des interfaces que cette définition des limites est importante.

Phase 2 : Valider le besoin du système

Avant de se lancer dans la conception d'un nouveau système, il est évident qu'il est intéressant de se poser la question de son utilité et de la pérennité de celui-ci.

L'outil destiné à valider le besoin d'un système est appelé « bête à cornes » en liaison avec son mode de représentation.

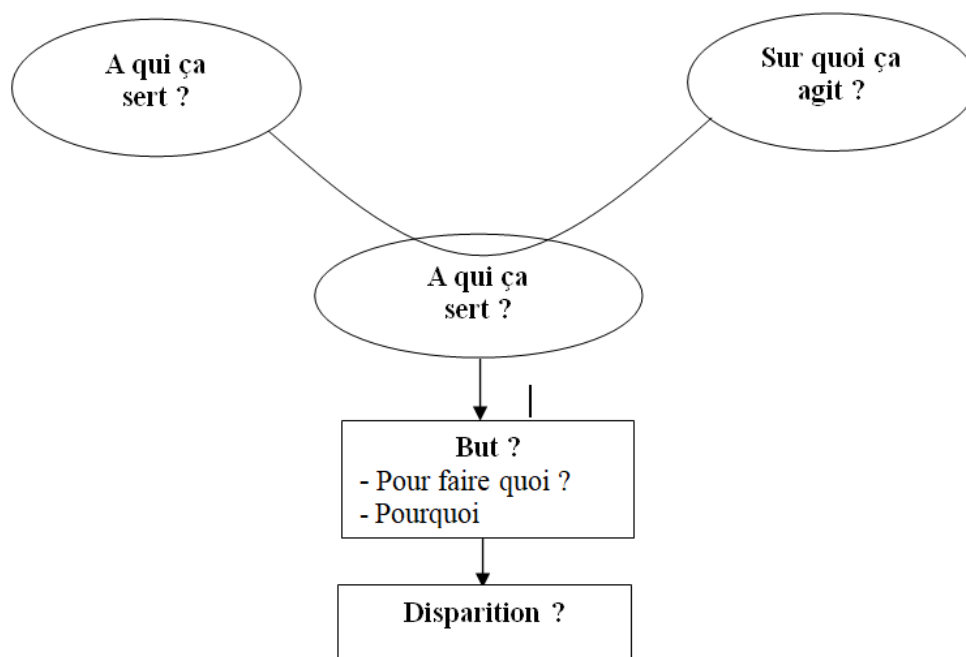


Figure 1.2 : Diagramme bête à corne.

« A qui ça sert ? »

Il s'agit de définir le client premier du système. Evidemment, s'il n'y a pas de client, c'est que le système ne servira à rien.

« Sur quoi ça agit ? »

• Le but est de définir quel environnement principal sera modifié par le système étudié.

Si le système ne doit modifier aucun environnement, encore une fois il ne servira à rien.

« Pour faire quoi ? »

• Cette question doit préciser l'objet du système, que doit-il faire précisément. Encore une fois, s'il ne fait rien, c'est qu'il ne sert à rien

. « Pourquoi ? »

• Cette question va nous amener à réfléchir sur le but premier du système.

« Disparition »

• Cette question sert à étudier la pérennité du système. Cette disparition peut être entraînée par la perte du client ,(A qui ça sert ?), par la perte de l'environnant (Sur quoi ça agit ?), par le fait de faire la même chose d'une autre manière (Pour faire quoi ?) ou par la perte de l'objet premier du système (Pourquoi ?).

Ainsi, si les points de disparition semblent porter une probabilité faible, ce système pourra être lancé ou, dans le cas contraire, il sera stoppé ou réorienté.

Phase 3 : Rechercher les situations de vie

la Rechercher les situations de vie Les situations de vie représentent les différentes phases dans lesquelles se trouvera le produit tout au long de son existence (allant de sa fabrication jusqu'à sa destruction et recyclage), chacune d'entre elles pouvant influencer sur son design

Phase 4 : Lister les environnants au système par situation de vie

Cette phase consiste à rechercher les éléments physiques qui sont en relation avec le système dans la situation de vie étudiée.

Ces éléments peuvent être les autres composants du système de niveau n+1, l'ambiance dans laquelle se trouve le système, l'utilisateur du système ou l'environnant qui doit être modifié.

Phase 5 : Rechercher les relations entre le système et ses environnants (les fonctions)

Les fonctions constituent les relations entre le système et ses environnants.

Elles sont classées en deux catégories :

Fonctions de service (ou principales) : elles représentent l'objet du système. Elles relient deux environnants au travers du système.

Fonctions contraintes : elles représentent les contraintes auxquelles le système doit résister. Elles ne relient qu'un environnement au système

Les fonctions de service et contraintes sont représentées dans un schéma appelé « pieuvre ».

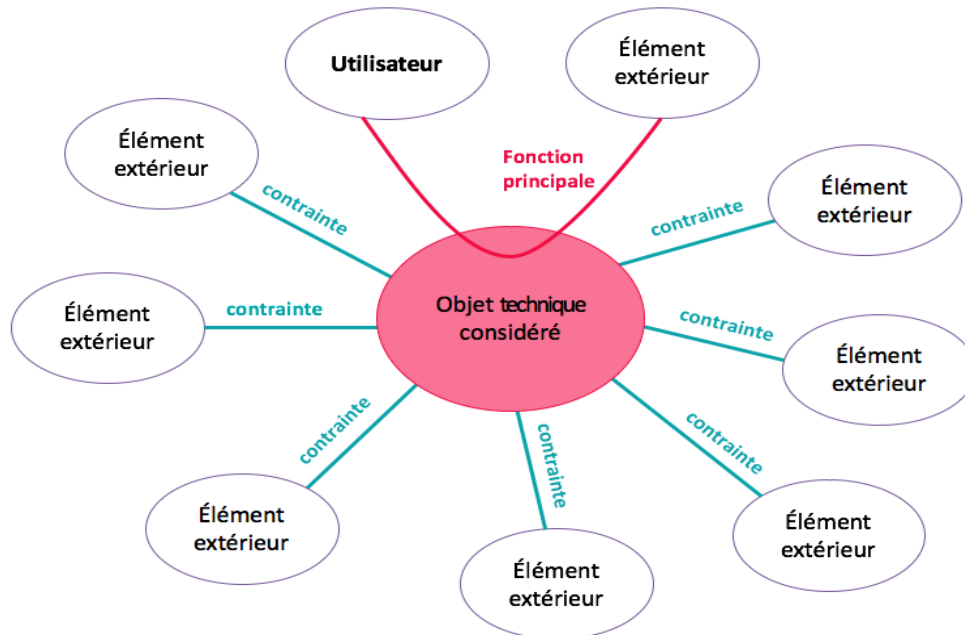


Figure 1.3 : Diagramme de pieuvre.

Phase 6 : Libeller ces fonctions

Le libellé des fonctions est constitué de la construction suivante :

Sujet : c'est le système étudié qui se trouve dans la bulle centrale de la pieuvre.

Verbe d'action : il transcrit la donnée de sortie de la fonction (ce que le produit doit faire).

Compléments : ils reprennent les éléments des bulles environnantes. Cependant, pour simplifier la phrase, le sujet peut être sous-entendu, donc omis dans la phrase.

Ce travail doit être effectué pour chaque situation de vie du système.

Phase 7 : Caractériser ces fonctions

Cette dernière phase consiste à déterminer des critères de performance pour chacune des fonctions définies ci-avant, d'en préciser les niveaux attendus ainsi qu'une flexibilité (niveau de négociation possible).

Les critères de performance correspondant à la partie verbale qualifient les données de sortie de la fonction (ce que l'on attend du système). A contrario, les critères de performance associés aux parties nominales servent à qualifier l'environnement correspondant, ils décrivent donc les données d'entrée de la fonction.

A chaque critère de performance est associé un niveau qui doit être toléré pour permettre au concepteur d'évaluer sa capacité. Enfin, à chaque critère est également associé un niveau de négociation possible entre le spécificateur et le concepteur (appelé niveau de flexibilité).

-F0 : flexibilité nulle : niveau impératif.

-F1 : flexibilité faible : niveau peu négociable.

-F2 : flexibilité bonne : niveau négociable.

-F3 : flexibilité forte : niveau très négociable. [5]

1.4.5.2 Analyse fonctionnelle interne/ ou technique (AFI / ou AFT)

L'objet de cette analyse est de décrire comment les composants du système participent à la réalisation des fonctions.

Evidemment, à ce stade, il faut avoir défini le nombre de composants et le mode de fonctionnement du système.

Cette analyse comporte deux étapes principales : la décomposition du système et l'identification des flux à l'intérieur du système.

1.4.5.2.1. Décomposition du système

L'objet de cette décomposition est de définir les éléments constitutifs qui composent le système.

Cette décomposition va constituer la nomenclature produit.

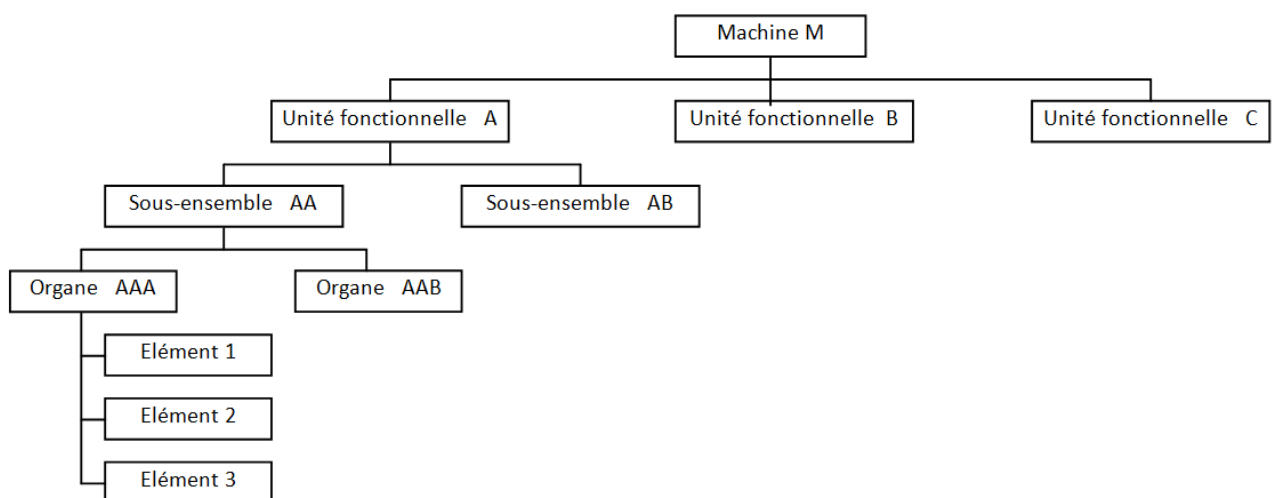


Figure 1.4 : Décomposition du système.

1.4.5.2.2. Identification des flux à l'intérieur du système

L'objet de cette étude est de déterminer comment chaque fonction définie lors de l'analyse fonctionnelle externe, est réalisée par les différents composants.

En intégrant les composants dans la bulle centrale de la pieuvre, on illustre le chemin suivi par chacune des fonctions. Ce chemin représente les flux à l'intérieur du système, flux qui sont de trois types : matière, énergie ou information.

Les fonctions sont alors matérialisées dans le dessin par des traits représentant les contacts entre les éléments eux-mêmes et entre les éléments et les différents environnants. Ce schéma est classiquement appelé « bloc diagramme fonctionnel » [6]

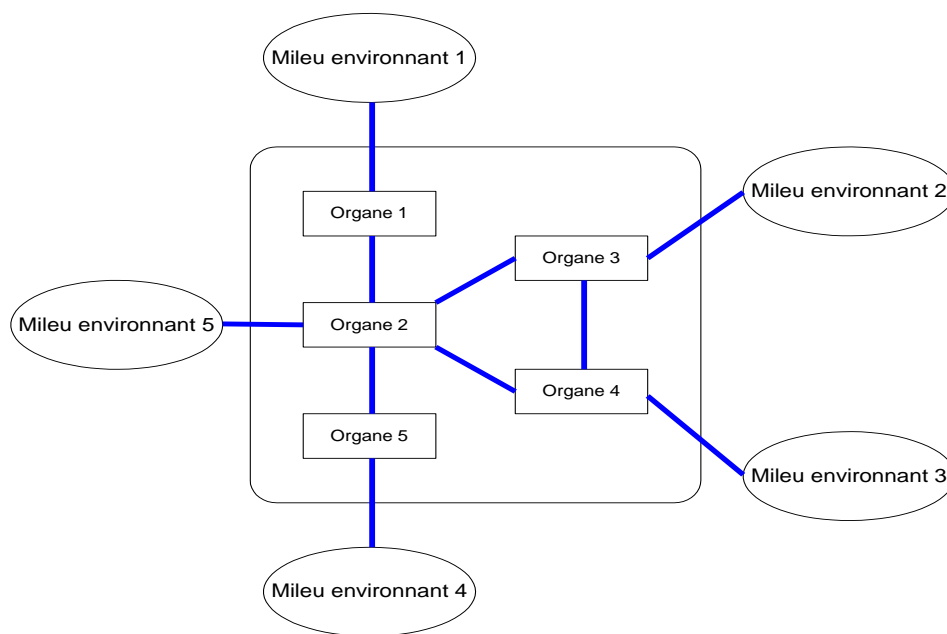


Figure 1.5 : bloc diagramme fonctionnel.

1.4.5.2.3. La méthode FAST

Pour des raisons visuelles et d'efficacité on préférera une fois l'AFE terminée basculer directement sur un outil riche de l'AFI : le FAST.

Le diagramme FAST (Function Analysis System Technic) permet de traduire chacune des fonctions de service en fonction(s) technique(s), puis matériellement en solution(s) techniques(s). Il se construit de gauche à droite, dans une logique du pourquoi au comment. Dès lors que les fonctions de services sont identifiées, cette méthode les ordonne et les décompose logiquement pour aboutir aux solutions techniques de réalisation. [7]

Le diagramme FAST constitue alors un ensemble de données essentielles permettant d'avoir une bonne connaissance d'un produit complexe et ainsi de pouvoir améliorer la solution proposée. Les fonctions de service constituent une relation entre le système et le milieu extérieur. Il faut souvent plusieurs fonctions de service pour répondre à un besoin. Les fonctions techniques sont internes au produit, elles sont choisies par le constructeur dans le cadre d'une solution, pour assurer une fonction de service.

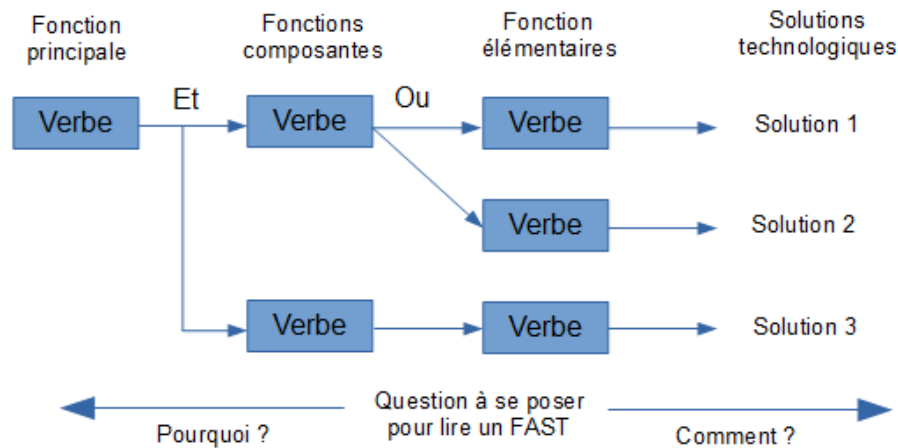


Figure 1.6 : méthode du diagramme fast

La méthode s'appuie sur une technique interrogative. En partant d'une fonction principale, elle présente les fonctions dans un enchaînement logique en répondant aux trois questions : -Pourquoi ? pourquoi une fonction doit-elle être assurée ? (suivant l'axe horizontal orienté vers la gauche)

Accès à une fonction technique d'ordre supérieur, on y répond en lisant le diagramme de droite à gauche.

-Comment ? Comment cette fonction doit-elle être assurée ? (suivant l'axe horizontal orienté vers la droite)

On décompose alors la fonction, et on peut lire la réponse à la question en parcourant le diagramme de gauche à droite.

-Quand ? Quand cette fonction doit-elle être assurée ? (suivant un axe vertical orienté vers le bas)
Recherche des simultanés, qui sont alors représentés verticalement.

1.4.5.3. Analyse préliminaire de risques (APR)

L'analyse préliminaire de risques est une méthode visant à fournir l'ensemble des événements redoutés prévisionnels dans toutes les phases de vie du système étudié.

Cette analyse se décompose en deux approches complémentaires :

Une approche fonctionnelle : analyse des conséquences des défaillances des fonctions du système.

Une approche agressions : analyse des conséquences des agressions du système vers l'extérieur (éléments potentiellement dangereux).

Analyse des conséquences des agressions du milieu extérieur vers le système (éléments sensibles).

Ces approches ont pour avantages d'obtenir un examen rapide des situations dangereuses, ne nécessitant pas un niveau de description détaillé du système étudié.

Par contre, pour des systèmes complexes, elles ne permettent pas de décrire finement les enchaînements qui conduisent à une défaillance majeure : l'utilisation ultérieure d'outils tels que l'AMDEC ou arbre de défaillances sont nécessaires. [8]

1.4.5.3.1. L'APR approche fonctionnelle

L'approche fonctionnelle a pour but d'étudier les conséquences de chaque mode de défaillance des fonctions décrites dans l'analyse fonctionnelle. Elle est donc effectuée pour chaque fonction du système dans chaque situation de vie.

-Par mode de défaillance, on entend :

-Absence de fonction à la sollicitation : ça ne marche pas.

-Perte de fonction en fonctionnement : ça ne marche plus.

-Fonctionnement dégradé : ça marche mal.

-Fonctionnement intempestif : ça marche alors que l'on a rien demandé.

-Fonctionnement intermittent : ça s'arrête et ça repart tout seul.

Toutes les fonctions de service et les fonctions contraintes listées dans l'analyse fonctionnelle externe sont reprises comme données d'entrée pour l'APR approche fonctionnelle.

Pour chaque fonction, les modes de défaillance seront déterminés en tenant compte des différents types définis ci-avant (absence, perte, dégradé, intempestif et intermittent).

Ensuite, l'événement redouté par le client est identifié pour chaque mode de défaillance. Par client, on entend l'utilisateur final du macro-système dans la situation de vie étudiée. L'événement redouté s'exprime donc en termes de gêne pour le client, allant de l'insatisfaction jusqu'à l'atteinte de l'intégrité physique de l'utilisateur ou des personnes environnantes. [9]

Tableau 1.1 : Exemple des niveaux de gravité de défaillance pour un véhicule.

Niveau		Définition	Commentaires pour info, liste non Exhaustive
G1 Vert	Fiabilité / disponibilité	Insatisfaction ou dégradation d'une prestation ou d'une fonctionnalité du véhicule	Performances générales du véhicule conservées ; L'utilisateur peut continuer à utiliser son véhicule ; il n'y a pas d'impératif à une intervention
G2 Jaune		Perte d'une prestation ou d'une fonctionnalité du véhicule	Apparition de symptômes gênant ; l'utilisateur peut continuer à utiliser son véhicule, mais une intervention s'impose rapidement
G3 Orange		Le véhicule est indisponible pour l'utilisateur	Impossibilité de commencer un trajet - Impossibilité de finir un trajet par la perte d'une fonction principale ou par le non respect de la réglementation (risque de contravention) - Impossibilité de stationner le véhicule en l'état (risque d'inviolabilité)
G4 Rouge	sécurité	Risque de dommages corporels pour l'homme	Peut potentiellement entraîner un accident de la circulation - Risque de dommage corporel sans accident de la circulation

Après la gravité, on renseignera également le niveau d'occurrence. Cette évaluation correspond à la probabilité d'apparition du mode de défaillance lié à l'événement initiateur

Les niveaux d'occurrence sont évalués à partir des critères définis dans la grille ci-après.

Tableau 1.2 : Exemple des niveaux d'occurrences de défaillance pour un véhicule.

Niveau	Niveau d'innovation	Taux de défaillance ressenti
O1 Vert	Reprise d'éléments éprouvés en Série	Il est pratiquement impossible que l'événement se produise au cours de la durée de vie de l'ensemble de la population des systèmes
O2 Jaune	Reprise de concepts éprouvés dont les quelques défaillances n'engendrent pas de pénalisation du marché	Il est possible que quelques systèmes défaillent au cours de leur durée de vie
O3 Orange	Fortes modifications de concepts Connus	Il est possible qu'une part non négligeable de systèmes présente une défaillance au cours de leur vie impactant la rentabilité du produit (retours garantie par exemple)
O4 Rouge	Conception innovante	Il est possible qu'une majorité de systèmes présente des défaillances au cours de leur vie engendrant un problème d'image de marque du produit

Ainsi, compte tenu des niveaux de gravité et d'occurrence estimés, le groupe de travail traitera les risques « majeurs » en priorité en utilisant les démarches et outils appropriés.

Bien entendu, les défaillances ayant une gravité élevée seront traitées en priorité par le groupe de travail.

Etant donné que notre objectif premier dans la mise en œuvre de l'APR est la recherche et la hiérarchisation des événements redoutés, notre analyse s'est volontairement limitée à identifier les modes de défaillance, les événements initiateurs et leurs niveaux d'occurrence associés, les événements redoutés et leurs niveaux de gravité associés.

L'identification des conséquences système et des scénarios (succession d'événements), et la définition des actions de maîtrise de risques seront traités ultérieurement à l'aide d'autres outils.

1.4.5.3.2. L'APR menace/agressions

Il existe deux approches complémentaires à l'approche fonctionnelle décrite ci-avant :

Une approche agressions du système vers l'extérieur, appelée également agressions externes, qui étudie l'impact sur l'environnement d'une défaillance d'un élément potentiellement dangereux.

Une approche agressions du milieu extérieur vers le système, appelé également agressions internes, qui étudie les conséquences des agressions potentielles que le milieu extérieur peut induire sur les éléments sensibles du système.

1.4.5.3.3. Approche agressions du système vers l'extérieur (agressions externes)

Dans l'approche agressions du système vers l'extérieur, le groupe de travail recherchera l'ensemble des éléments ayant une géométrie, ou contenant suffisamment d'énergie latente, présentant un danger potentiel. Par énergie latente, on entend une énergie capable d'être libérée de façon incontrôlée (résistance chauffante, ressort tendu, élément sous pression, dégagement de produits nocifs...).

Ensuite, on recherchera le ou les événements initiateurs qui pourraient libérer cette énergie latente, risquant ainsi de provoquer l'événement redouté au niveau du client utilisateur. Les événements initiateurs peuvent être liés à une défaillance interne au système, mauvaise manipulation de l'utilisateur, modification du milieu environnant...

Tout comme l'approche fonctionnelle, l'événement redouté par le client est alors identifié pour chaque élément potentiellement dangereux. L'événement redouté s'exprime donc en termes de gêne pour le client, allant de l'insatisfaction jusqu'à l'atteinte de l'intégrité physique de l'utilisateur ou des personnes environnantes.

Pour chaque élément potentiellement dangereux, on renseignera ensuite un niveau de gravité caractérisant le niveau de gêne de l'élément potentiellement dangereux pour le client. Ce niveau découle directement de l'impact client défini comme étant l'événement redouté.

Les niveaux de gravité et d'occurrence sont évalués à partir des critères définis dans les mêmes grilles que celle utilisée pour l'APR approche fonctionnelle (cf. Grille de gravité et Grille d'occurrence pour l'Analyse Préliminaire des Risques).

Comme pour l'approche fonctionnelle, notre analyse s'est volontairement limitée aux éléments décrits ci-avant.

L'identification des conséquences système et des scénarios (succession d'événements), et la définition des actions de maîtrise de risques seront traités ultérieurement à l'aide d'autres outils. [9]

1.4.5.3.4. Approche agressions du milieu extérieur sur le système (agressions internes)

Dans l'approche agressions du milieu extérieur sur le système, le groupe de travail recherchera l'ensemble des composants constitutifs du système qui pourraient être sensibles à une agression extérieure, pouvant provenir de l'environnement ou des autres systèmes interfacés avec le système étudié.

Ensuite, on recherchera le ou les événements initiateurs extérieurs au système qui pourraient dégrader l'élément fragile. Par événement extérieur, on entend aussi bien les éléments du milieu ambiant (température, agressions mécaniques ou chimiques...) que les défaillances des autres systèmes avec lequel le système étudié est en interaction (vibrations...).

Tout comme l'approche agressions externes, l'événement redouté par le client est alors identifié pour chaque élément fragile. L'événement redouté s'exprime donc en termes de gêne pour le client, allant de l'insatisfaction jusqu'à l'atteinte de l'intégrité physique de l'utilisateur ou des personnes environnantes.

Pour chaque élément fragile, on renseignera ensuite un niveau de gravité caractérisant le niveau de gêne de l'élément fragile pour le client. Ce niveau découle directement de l'impact client défini comme étant l'événement redouté.

Les niveaux de gravité et d'occurrence sont évalués à partir des critères définis dans la même grille que celle utilisée pour l'APR approche fonctionnelle (cf. Grille de gravité et Grille d'occurrence pour l'Analyse Préliminaire des Risques).

Comme pour l'approche agressions externes, notre analyse s'est volontairement limitée aux éléments décrits ci-avant.

L'identification des conséquences système et des scénarios (succession d'événements), et la définition des actions de maîtrise de risques seront traités ultérieurement à l'aide d'autres outils. [9]

1.4.5.4. Arbre de défaillances (ADD)

1.4.5.4.1. Définition et Principe de la méthode

On utilise l'arbre de défaillances (AdF ou AdD) dans les études de fiabilité des systèmes. Cet outil permet de quantifier la probabilité d'occurrence de l'Événement Redouté (ER).

On distingue différents types d'événements:

1. Événement redouté : c'est l'événement indésirable il est unique.
2. Événements intermédiaires : ce sont des événements qui sont causes d'autres événements.
3. Événements élémentaires : ils correspondent au niveau le plus détaillé de l'analyse du système.

Les différents événements sont reliés entre eux par des portes logiques afin de calculer la probabilité d'occurrence des ER.

L'arbre de défaillance est une représentation graphique de type arbre généalogique. Il représente une démarche d'analyse d'événement. L'arbre de défaillance est construit en recherchant l'ensemble des événements élémentaires, ou les combinaisons d'événements, qui conduisent à un événement Redouté (ER).

L'objectif est de suivre une logique déductive en partant d'un Événement Redouté pour déterminer de manière exhaustive l'ensemble de ses causes jusqu'aux plus élémentaires.

Les questions qui doivent être posées afin de construire un arbre de défaillance reviennent sont les suivantes :

- Comment peut-on arriver à avoir un tel événement?
- Quels sont tous les chemins possibles qui peuvent aboutir à cet événement ? L'analyse par arbre des défaillances d'un événement redouté peut se décomposer en trois étapes successives :

1. Définition de l'événement redouté sujet de l'étude.
2. Elaboration de l'arbre.
3. Exploitation de l'arbre. Mais avant cela la connaissance du système représente l'étape préliminaire. Cette dernière est primordiale pour mener l'analyse de l'arbre et qu'elle nécessite le plus souvent une connaissance préalable des risques.

Un arbre de défaillance est généralement présenté de haut en bas. La ligne la plus haute ne comporte que l'événement redouté dont on cherche à décrire comment il peut se produire. Chaque ligne détaille la ligne supérieure précédente en présentant les combinaisons susceptibles de produire. [2]

1.4.5.4.2. Définition de l'Événement Redouté (ER)

L'arbre de défaillance est une méthode qui part d'un événement final pour remonter (descendre sur le graphe) vers les causes et les conditions de production de l'événement. Il vise à représenter l'ensemble des combinaisons qui peuvent produire l'événement étudié.

La définition de l'événement final est une étape importante pour la construction de l'arbre. La méthode doit être réservée à des événements jugés particulièrement critiques. En ce sens, l'utilisation préalable de méthodes inductives comme APR (Analyse Préliminaire des Risques), l'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance de leurs Effets et de leur Criticité), HAZOP (HAZard and OPerability study : Analyse des risques) permet d'identifier les événements qui méritent d'être retenus pour une analyse par arbre des défaillances. [10]

1.4.5.4.3. Liens entre les Evénements : Portes logiques

Les portes logiques permettent de représenter la combinaison logique des événements intermédiaires qui sont à l'origine de l'événement décomposé.

Porte ET : • L'événement E1 ne se produit que si les événements élémentaires, A1, A2 et A3 existent simultanément.

Porte OU : • L'événement E1 se produit de manière indépendante si l'un ou l'autre des événements élémentaires A1, A2 ou A3 existe.

Porte R/N : • Si $R=2$ et $N=3$ alors il suffit que deux des événements élémentaires A1, A2, A3 soient présents pour que l'événement E1 se réalise.

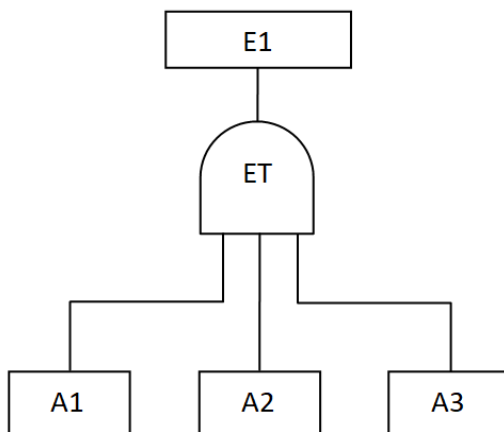


Figure 1.7 : Porte (ET).

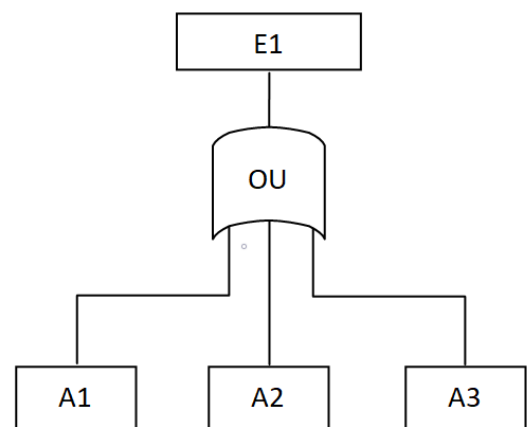


Figure 1.8 : Porte(OU).

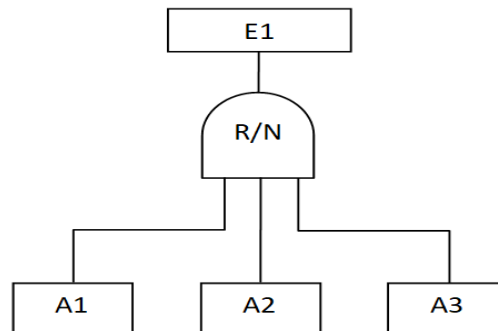


Figure 1.9 Porte (R/N).

1.4.5.4.4 Élaboration de l'arbre

La construction de l'arbre des défaillances vise à déterminer les enchaînements d'événements pouvant conduire à l'événement final retenu. Cette analyse se termine lorsque toutes les causes potentielles correspondent à des événements élémentaires.

La construction de l'arbre se base sur la recherche systématique des causes immédiates, nécessaires et suffisantes. Il s'agit de l'étape la plus délicate et il est utile de procéder à cette construction au sein d'un groupe de travail pluridisciplinaire. Il est nécessaire de procéder à la vérification de la cohérence du système, c'est-à-dire que :

- La défaillance de tous ses composants entraîne la défaillance du système.
- Lorsque le système est en panne, le fait de considérer une nouvelle défaillance ne rétablit pas le fonctionnement du système.
- Le bon fonctionnement de tous ses composants entraîne le bon fonctionnement du système.
- Lorsque le système fonctionne correctement, la suppression d'une défaillance ne provoque pas la défaillance du système. Il peut en effet arriver qu'une défaillance survenant sur un composant annule les effets d'une défaillance antérieure et permet ainsi le fonctionnement du système.

La construction de l'arbre de défaillance repose sur l'étude des événements entraînant un événement redouté. Les deux étapes suivantes sont réalisées successivement en partant de l'ER et en allant vers les événements élémentaires.

1. Dans un premier temps définir l'événement redouté (l'événement intermédiaire, ou l'événement élémentaire) analysé en spécifiant précisément ce qu'ils représentent et dans quel contexte il peut apparaître.

2. Puis dans un deuxième temps représenter graphiquement les relations de cause à effet par des portes logiques (ET, OU) qui permettent de spécifier le type de combinaison entre les événements intermédiaires qui conduisent à l'événement analysé.

Pour pouvoir appliquer cette méthode il est nécessaire de :

- Vérifier que le système a un fonctionnement cohérent.
- Connaître la décomposition fonctionnelle du système.
- Définir les limites du système.
- Connaître la mission du système et son environnement pour déterminer le ou les événements redoutés nécessaires d'étudier.
- Connaître les modes de défaillance des composants, en s'appuyant par exemple sur une analyse de type AMDEC pour pouvoir construire les branches de l'arbre.

1.4.5.4.5 Exploitation qualitative de l'arbre des défaillances

L'exploitation qualitative de l'arbre vise à examiner dans quelle proportion une défaillance correspondant à un événement de base peut se propager dans l'enchaînement des causes jusqu'à l'événement final. Pour cela, tous les événements de base sont supposés équiprobables et on étudie le cheminement à travers les portes logiques d'événement ou de combinaisons d'événements jusqu'à l'événement final. De manière intuitive.

- Une défaillance se propageant à travers le système en ne rencontrant que des portes « OU » est susceptible de conduire très rapidement à l'événement final.
- A l'inverse, un cheminement s'opérant exclusivement à travers des portes « ET » indique que l'occurrence de l'événement final à partir de l'événement ou la combinaison d'événements de base est moins probable et démontre ainsi une meilleure prévention de l'événement final. [10]

1.4.5.4.6 Exploitation quantitative de l'arbre de défaillance

L'exploitation quantitative de l'arbre des défaillances vise à estimer, à partir des probabilités d'occurrence des événements de base, la probabilité d'occurrence de l'événement final ainsi que des événements intermédiaires. En pratique, il est souvent difficile d'obtenir des valeurs précises de probabilités des événements de base. En vue de les estimer, il est possible de faire appel à :

- Des bases de données.
- Des jugements d'experts.
- Des essais lorsque cela est possible.
- Au retour d'expérience sur l'installation ou des installations analogues.

1.4.5.5. Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC)

1.4.5.5.1. Historique et domaine d'applications :

L'analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets (AMDE) a été employée pour la première fois dans le domaine de l'industrie aéronautique durant les années 1960. Son utilisation s'est depuis largement répandue à d'autres secteurs d'activités telles que l'industrie chimique, pétrolière ou le nucléaire. De fait, elle est essentiellement adaptée à l'étude des défaillances de matériaux et d'équipements et peut s'appliquer aussi bien à des systèmes de technologies différentes (systèmes électriques, mécaniques, hydrauliques...) qu'à des systèmes alliant plusieurs techniques. [4]

1.4.5.5.2. Définition

L'AMDEC (ou FMEA: Failure Mode and Effects Analysis) est une méthode rigoureuse et préventive visant à recenser les défaillances potentielles d'un système et/ou d'un élément. Il faut définir des actions pour éliminer ces défaillances, réduire leurs effets et détecter et empêcher les causes. Cette méthode permet de structurer le processus du développement.

1.4.5.5.3. Principes

L'analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets repose notamment sur les concepts de :

- **Défaillance** : soit la cessation de l'aptitude d'un élément ou d'un système à accomplir une fonction requise. [2]
- **Mode de défaillance** : soit l'effet par lequel une défaillance est observée sur un élément du système, Cause de défaillance, soit les événements qui conduisent aux modes de défaillances. [2]
- **Effet d'un mode de défaillance** : soit les conséquences associées à la perte de l'aptitude d'un élément à remplir une fonction requise. [2]

1.4.5.5.4. Types :

Il existe différents types d'AMDEC :

- **AMDEC Produit-Projet / Conception** :

Permet de verrouiller la conception de produits lorsqu'ils sont encore au stade de la conception.

- **AMDEC Produit-Process :**

Consiste à rechercher dans une gamme de fabrication l'ensemble des situations qui peuvent produire des produits défectueux. Permet de valider la gamme de contrôle d'un produit afin qu'il satisfasse les caractéristiques du bureau d'étude.

- **AMDEC Moyen ou Machine**

Qui se focalise sur un moyen de production afin de diminuer le nombre de rebuts, le taux de panne et d'augmenter sa capacité.

1.4.5.5. Les étapes de l'Analyse des Modes des Défaillances Et leurs Criticité

La méthode s'inscrit dans une démarche en huit étapes dans la figure suivante :

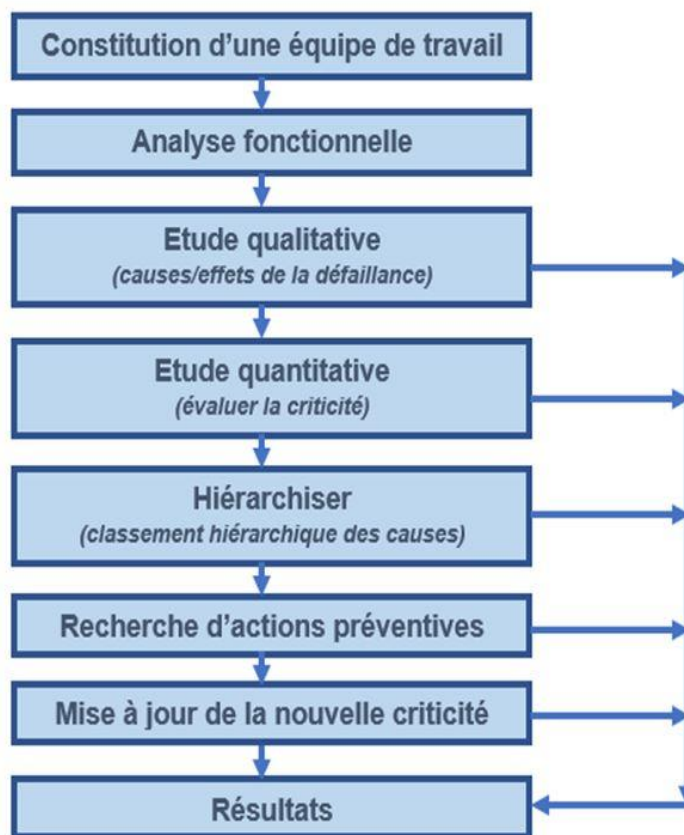


Figure 1.10 : Les étapes de l'Analyse des Modes des Défaillances Et leurs Criticité.

- **Etape 1 : La constitution de l'équipe de travail**

Cette étape consiste créer un groupe de travail, une équipe regroupant plusieurs secteurs de l'entreprise. En fonction du type d'AMDEC, les secteurs seront différents.

Par exemple, Pour une AMDEC-processus, les secteurs invités peuvent être des personnes du service recherche, des achats, du marketing, de la maintenance, de la qualité, des méthodes et de la production. Un animateur compétent est primordial pour réussir avec succès cette AMDEC C'est

ce responsable, cet animateur qui construira un tableau tel que celui ci-après avec 7 colonnes (repère et fonction du produit, mode de défaillance potentielle, effet de la défaillance, causes, évaluation (criticité), actions envisagées et mises en place et résultats. Le succès de cette méthode est meilleur lorsque les équipes sont constituées de membres actifs et peu nombreux (des groupes de travail de 6 ou 7 personnes sont efficaces).

- **Etape 2 : L'analyse fonctionnelle**

L'analyse fonctionnelle se décompose en 3 phases :

- Définir clairement le besoin. Concrètement décrire comment le besoin peut être satisfait ou non.

- Définir les fonctions du besoin. Chaque fonction doit répondre à la question: A quoi sert cette fonction?

La réponse doit être formulée simplement: un sujet et un verbe.

- Etablir l'arbre fonctionnel. C'est un ensemble de fonctions principales, de sous-fonctions ou résultants de fonctions élémentaires.

- **Etape 3 : L'étude quantitative « Evaluation de la criticité »**

Cette étude consiste à identifier toutes les défaillances possibles, déterminer les modes de défaillances, identifier les effets, analyser et déterminer les causes possibles ou probables.

L'exhaustivité de l'étude est ce qui garantira son succès. Le but de l'AMDEC est donc de mettre en évidence les points critiques, les éliminer et prévoir un mode de prévention.

- **Etape 4 : Etude quantitative**

C'est une estimation de l'indice de criticité des trois notions cause-mode-effet de la défaillance étudiée. On peut utiliser différents critères pour déterminer l'indice de criticité. En principe la défaillance est jugée plus importante si:

-Ces conséquences sont graves.

-La fréquence est importante.

-Le problème survient et qu'on risque de ne pas le détecter.

Dans la pratique on attribue 3 notes sur une échelle de 1 à 10.

- la note **G** pour la gravité de l'effet (conséquences sur le client).
- la note **F** (occurrence probable, fréquence d'apparition).
- la note **D** (risque de non-détection).

L'indice de criticité C s'obtient en multipliant les 3 notes:

$$C = G \times F \times D$$

- **Etape 5 : Hiérarchisation :**

Cette étape permet de décider des actions à mener en fonction de leur priorité

La hiérarchie est faite par ordre décroissant et en fonction de la note de criticité: ($C > 100$; $100 > C > 50$; $50 > C > 20$; $C < 20$).

- **Etape 6 : Recherche d'actions préventives et correctives :**

Après avoir catégorisé les modes de défaillances en fonction des scores de criticité, le groupe choisira un responsable pour mener les actions correctives et préventives. Dans cette situation on utilise les outils typiques tels qu'Ishikawa, **Pareto**, **brainstorming** et autres travaux de groupe. Le but étant bien sûr d'agir de manière à diminuer les "scores" de chacun des indices (réduire la gravité, l'occurrence et l'inefficacité de détection de la défaillance).

- **Etape 7 : Suivi des actions menées et réévaluation de la criticité :**

Pour permettre de vérifier la pertinence des actions menées, un nouveau calcul de la criticité est nécessaire. Ce nouvel indice de criticité, parfois appelé risque résiduel, est donc primordial pour mesurer l'efficacité, la performance des choix.

- **ETAPE 8 : Présentation des résultats :**

A l'issue de l'AMDEC, les résultats sont présentés sous forme de différents tableaux et graphiques.

1.5 Conclusion :

Le processus d'analyse dysfonctionnelle permet d'identifier précisément les niveaux à risque de défaillance mais surtout de comprendre l'enchaînement logique entre événements précurseurs et incidents.

Ce chapitre nous a donné un aperçu sur les différents termes de la sûreté de fonctionnement (fiabilité, disponibilité, maintenabilité, sécurité...), la relation entre ces grandeurs et les enjeux d'application de cette approche.

Chapitre 02

FONDEUSE DE PLOMD SOVEMA CA 86

2.1. PRESENTATION DE L'ENPEC

L'Entreprise Nationale des Produits de l'Électrochimie, ci-après « ENPEC », est le principal producteur de batteries de démarrage pour véhicules en Algérie, d'acide sulfurique, d'eau déminéralisée et de plomb de 2^{ème} fusion obtenu à partir de récupération de vieilles batteries. L'ENPEC a été créée en 1983 à la suite de la restructuration de l'ex – société nationale SONELEC. L'ENPEC est une entreprise publique économique, société par action dont l'objet Social est la recherche, le développement et la commercialisation en gros et en détail des produits électrochimiques et produits annexes. Son capital social est fixé à 504.000.000 de Dinars Algériens (soit 5.3 millions €) (315.0.000.000 de dinars soit 10 millions € en 2010), détenu en totalité par la SGP CABELEQ. Elle exploite 3 sites d'une surface totale de près de 26 hectares dont 26% de bâti et se trouvant dans les localités suivantes :

- **Sétif**
 - Unité accumulateurs
 - Unité affinage de plomb
 - Unité piles (elle est fermée)
 - Unité électrolyte
- **Alger**
 - Unité accumulateurs Oued smar
- **Tiaret**
 - Unité accumulateurs Sougueur (Tiaret)

2.1.1. Le chiffre d'affaires

En 2006, le chiffre d'affaires de l'ENPEC a été de près de €19 millions, dont près de 90% provenant de ventes d'accumulateurs au niveau national. A l'exportation est de 1,6 millions d'euros pendant la même année, ce qui a généré un bénéfice de 10 % du chiffre d'affaires.

2.2. PRÉSENTATION DE L'UNITÉ ACCUMULATEURS SOUGUEUR / ENPEC

2.2.1. Bref historique

Créé en 1992 pour la production des séparateurs destinés aux unités d'accumulateurs Sétif et Oued Smar ainsi que certaines entreprises privées.

En 1998, cette unité a fait l'objet d'une extension pour la fabrication de la batterie humide de différents types contenant des machines sophistiquées et d'équipements avec une grande technologie ou ces circonstances sont des machines programmées pour surveiller la qualité de la production à tous les niveaux.

2.2.2. Situation géographique

Elle est située à 1,2 km de la ville de Sougueur à la zone industrielle route de Tousnina sur une superficie de 10,1227 hectares



Figure 2.1 : Position géographique de l'unité de production d'Accus SOUGUEUR

2.2.3. Mission

Elle assure trois fonctions principales :

- Production
- Commercialisation
- Récupération

2.2.4 .Les différents services

L'unité est composée de plusieurs services qui veillent à maîtriser la production, la commercialisation et la récupération des batteries humides à savoir :

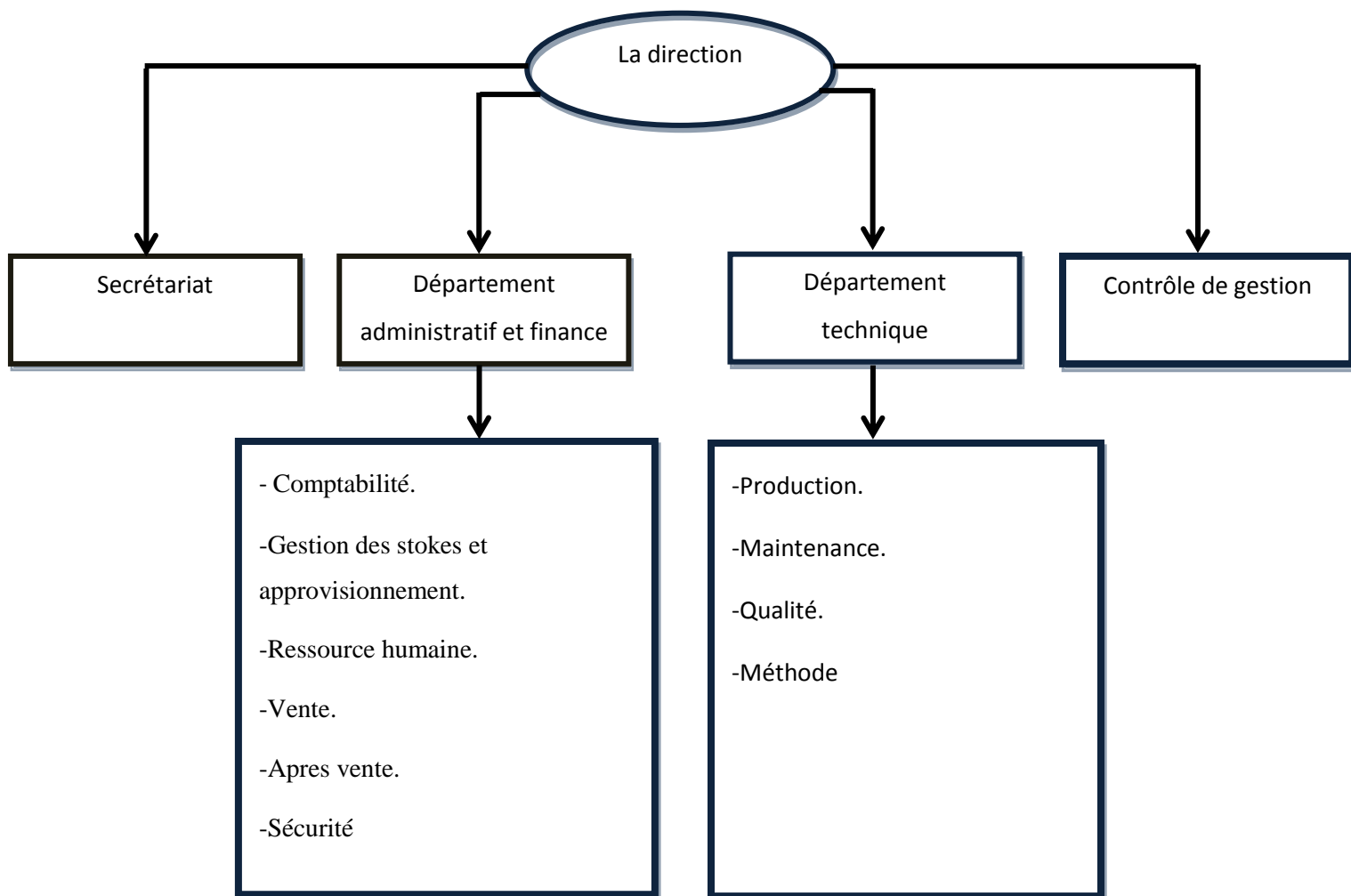


Figure 2.2 : Les différents services de l'unité de production d'Accus SOUGUEUR

2.3. Service de production

ENPEC a acquis une bonne expérience et un savoir faire dans la fabrication des accumulateurs de démarrage et les activités connexes (affinage de plomb et électrolyte). La technologie est variable en fonction des sites : *Sougueur* est dotée de la technologie la plus avancée (batteries humides), suivi de *Sétif* (batteries avec bacs en polypropylène) qui a une bonne maîtrise des métiers. *Oued Smar* est doté des technologies plus vétustes et pourrait être reconfiguré comme centre de distribution en raison de sa proximité à Alger.

Les capacités actuelles de production sont les suivantes :

- Sétif: 320 000 batteries / an
- OuedSmar: 102 000 batteries / an → **22 000 jusqu'à 572 000 batteries / an**
- Sougueur : 100-150 000 batteries / an
- Sétif – Affinage de plomb : 7 000 tonnes de plomb / an
- Electrolyte & eau déminéralisée : 5 000 000 litres / an.

2.3.1. Processus de fabrication de la batterie humide

2.3.1.1. Atelier fonderie

La production de la batterie se fait au service de la production et passe par une chaîne d'étapes l'une complète l'autre, on va les présenter comme suit :

- **Production des grilles doubles :**

La production des grilles se fait dans des fondeuses, chaque fondeuse forme un type de grille.



Figure 2.3 : *Aperçu d'une fondeuse.*

On prend des lingots de plomb dur 1,8 antimoine, 99,97% pureté, on les met dans un four à température $> 400^{\circ}\text{C}$ puis le plomb liquide passe au moulage produisant des grilles double.



Figure 2.4 : *Aperçu des lingots en plomb.*

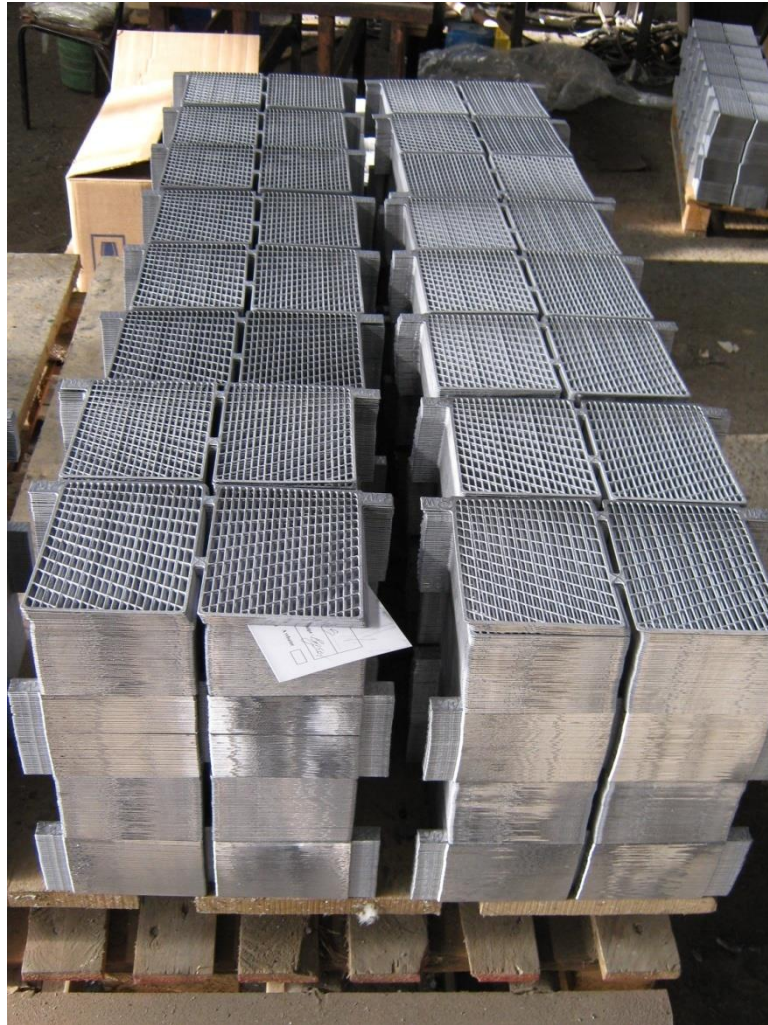


Figure 2.5 : *Aperçu des grilles*

On à deux types de grille :

- Grilles AI
- Grilles BR



Figure 2.6 : *Aperçu d'une grille BR*



Figure 2.7 : *Aperçu d'une grille Ai.*

2.3.1.2. Atelier oxyde

- **Production d'oxyde de plomb (dans un moulin en présence d'O₂) :**

On prend les lingots de plomb pur (99,99%), on les met dans un four à température de 400°C puis on les renverse dans un moule pour les rendre sous forme des petits cylindres. Ces derniers sont stockés dans un silo de stockage et sont introduits dans le moulin en présence d'O₂ pour obtenir la poudre d'oxyde de plomb.



Figure 2.8 : Aperçu du moulin d'oxyde.

2.2.1.3. Atelier empattage et curring

a) Le malaxage

C'est la formation de la pâte. On distingue deux sortes de pâte :

Pâte positive

- Oxyde de plomb
- Eau déminéralisée
- Acide sulfurique d=1,40

Pâte négative

- Oxyde de plomb
- Eau déminéralisée
- Acide sulfurique d=1,40
- Dynel flock
- Expandeur (noir de carbone)

Ces composants sont mis dans un malaxeur à $T < 58^{\circ}\text{C}$.

b) L'empattage

Les grilles passent dans l'empâteuse puis dans le tunnel de séchage à $T=420^{\circ}\text{C}$ pour obtenir des plaques sèches.

c) Le Curring

Les plaques formées sont mises dans le « Curring » pour le mûrissage et le séchage. Dans cette opération, les grilles subissent deux phénomènes :

- Humidification par vaporisation d'eau stérilisée pour éviter le calcaire.
- Séchage par l'air chaud.



Figure 2.9 : Aperçu du Curring.

2.3.1.4. Atelier ébarbage

Dans cette étape, les plaques doubles subissent un ébarbage pour enlever les bavures issues de l'empattage et en sont séparées par découpe en plaques simples.

2.3.1.5. Atelier enveloppeuse

L'enveloppeuse contient un rouleau en PVC (pochette) pour envelopper les plaques simples positives afin d'assurer leur séparation des plaques négatives.

2.3.1.6. Atelier C.O.S

La C.O.S « Cost On Strap », cet atelier possède une machine qui fait l'assemblage des plaques positives et négatives en éléments. Ce système est synchronisé.



Figure 2.10 : Aperçu C.O.S.

2.3.1.7. Atelier montage

a) L'assemblage :

L'assemblage des éléments se fait à l'intérieur du bac (la batterie contient six éléments). Après que les éléments soient assemblés et liés entre eux, ces derniers sont mis dans un bac.

b) Testeur de court-circuit :

Il permet de voir s'il y'a un passage entre le plus (+) et le moins (-) et s'il y'a un problème qu'on peut corriger.

c) Soudure connexion :

Les éléments sont soudés en série (+ - + - + -) par un bras de robot automatique. Il fait la liaison entre les éléments de chaque chambre sachant que la carcasse de la batterie a plusieurs chambres, l'extrémité positive d'une chambre est soudée avec l'extrémité négative de l'autre chambre voisine.

d) Soudure couvercle à chaud :

Le couvert est soudé sur le bac. La machine soude le couvercle de la batterie à l'aide d'une plaque qui réchauffe les extrémités de la batterie avec des résistances. Donc elle va chauffer la partie haute du bac afin de la coller avec le couvercle

e) Soudure des bornes :

Cette étape est réalisée par une machine disposant de capteurs de présence qui détectent la présence de la batterie et transmettent l'information à l'automate qui fait déclencher un chalumeau

pour la soudure des bornes. Ce chalumeau est lié à un moteur pour souder en rotation, ce moteur est lié à un réducteur de vitesse.

f) Test d'étanchéité :

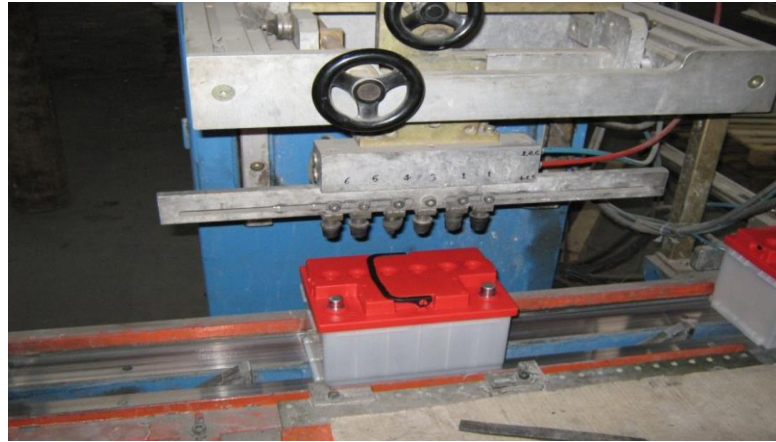


Figure 2.11: Aperçu du test d'étanchéité.

L'étanchéité est testée sous pression d'air, pour savoir s'il y'a une fuite dans la batterie, pour la rejeter ou non. Le compresseur injecte de l'air dans la batterie, les trous sont fermés puis l'air est réinjecté avec la présence d'une sonde transducteur de pression qui vérifie la stabilité de la pression dans un temps bien déterminé. Arrivée cette étape, la batterie est semi finie.



Figure 2.12 : Aperçu de la batterie semi-finie .

2.3.1.8. Atelier de la Formation

Dans cet atelier, la batterie semi finie passe par les étapes suivantes dans cet atelier :

- Remplissage de la batterie par l'acide sulfurique de densité $d=1,05$.

- Mise en charge de la batterie pendant une période de 36 à 48 heures selon le type de batterie (après cette période, la batterie a des plaques formées).
- Renversement de l'acide ($d=1,05$) à l'aide d'un renverseur.
- Lavage de la batterie avec de l'acide de densité $d=1,33$, puis renverser ce dernier.
- La batterie est remplie avec de l'acide de densité $d=1.28$ (batterie finie) puis elle passe dans la mise à niveau d'acide (il se peut qu'une chambre n'ait pas l'acide suffisant, c'est-à-dire, l'acide n'est pas mis dans le niveau convenable) et à la fin, la batterie passe pour la fermeture des bouchons.
- Test de décharge rapide de la batterie.
- Lavage et séchage.
- Nettoyage des bornes.
- Étiquetage et timbrage
- Enveloppement de La batterie en cellophane.

À la fin de ces étapes, la batterie est un produit fini.



Figure 2.13 : Aperçu de la batterie finis.

2.4 SERVICE DE MAINTENANCE

2.4.1. Introduction

Le service maintenance apporte le support et l'assistance techniques les meilleurs possibles aux utilisateurs des biens et équipements, en réduisant voire en éliminant le besoin de maintenance. La mission d'un service maintenance ne consiste donc plus à faire, mais à analyser pour réduire voire éliminer les tâches de maintien de l'outil de production. La maintenance conserve le potentiel usine fait de capacité à produire, de continuité et de qualité d'élaboration des produits, de confort des producteurs : il ne s'agit pas forcément de faire, mais d'établir un nouveau profil d'homme de maintenance avec une autre approche.

Le service maintenance est là pour détenir la connaissance technique des équipements et tirer les leçons accumulées des interventions afin d'évoluer vers une meilleure fiabilité et une plus grande maintenabilité. Concrètement, il se consacre davantage au pilotage du progrès (moins de dysfonctionnements et de dépenses) qu'à la réalisation de tâches, davantage à la maîtrise de la méthode de maintenance (ou de non-maintenance) qu'à la gestion et à la justification des ressources chargées de l'effectuer.

Au niveau de l'unité Accus de Sougueur, le service maintenance est indépendant du service production et n'a pas son propre poste de travail au niveau de l'unité puisqu'ils partagent un seul poste entre eux ainsi l'absence d'objectifs maintenance.

2.4.2. L'organisation interne du service maintenance à l'unité

L'organigramme interne d'un service maintenance est très important au niveau de l'organisation, il a pour intérêt de :

- Eviter les conflits, malentendu, tension
- Clarifier les responsabilités et les autorités ;
- Refléter l'image du service et de l'entreprise ;
- Renseigner sur le degré de développement et d'organisation de l'entreprise ;
- Faciliter la communication interne et externe.

L'organisation interne au sein du service maintenance de l'unité Accus de Sougueur est insuffisante faute d'absence d'un organigramme interne du service ; mais vu l'obligation d'avoir un organigramme pour notre travail, nous avons traduit cette organisation en un Organigramme qui est le suivant :

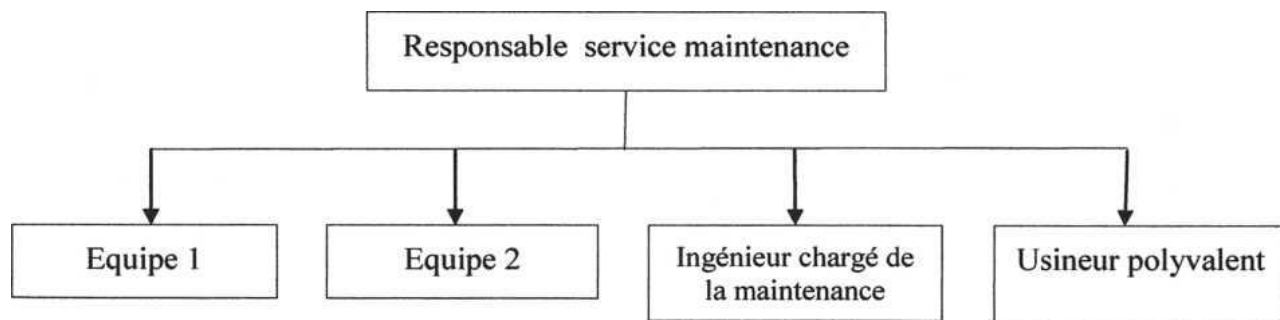


Figure 2.14 : Organisation interne du service maintenance

La maintenance au sein de l'unité est assurée par :

- Deux équipes de techniciens d'intervention travaillant selon le système de quart.
- Une équipe travaillant selon l'horaire normal.

Dans l'organisation présentée ci-avant, il faut noter l'absence des agents de maîtrise (chef d'équipe ou contremaître) au niveau des deux équipes de techniciens d'intervention. En dehors de l'horaire normal, ces deux équipes ne sont pilotées par personne.

2.4.3. Périmètre des biens maintenus

La maintenance vise à conserver le potentiel de production d'une entreprise. Ce dernier est constitué par un ensemble de biens matériels décomposable en quatre grandes catégories :

Catégorie n°1 : les équipements de production de type processus.

Ces équipements traitent une matière première généralement en continu ou par lots importants comme phase préalable à l'élaboration du produit fini.

Catégorie n°2 : les équipements de production servant à transformer,

Assembler, conditionner, finir et expédier le produit.

Ce sont généralement des équipements avec beaucoup d'électromécanique et peu d'éléments d'usure, si ce n'est des outillages liés au procédé.

Catégorie n°3 : les installations techniques et réseaux d'énergies/fluides

Ce sont les installations de : distribution électrique, froid industriel, air comprimé, Traitement des eaux, chaudière...etc., auxquels nous rajoutons les différents moyens de transport et de manutention de l'usine.

Catégorie n°4 : les terrains, bâtiments et installations de bâtiments (éclairage, mobilier de bureaux...), autrement dit toute l'infrastructure usine indépendante du processus de production.

Il faut noter que le service maintenance à l'unité Accus de Sougueur intervient seulement sur les équipements de production des ateliers et quelques installations techniques comme le compresseur à air. On peut dire que le périmètre des biens à maintenir par le service maintenance

est limité.

2.4.4. Relation du service maintenance avec les autres services

Le service maintenance établit une relation moins satisfaisante et peu timide avec les autres services présents à l'unité, ce dernier entreprend des relations avec :

- -Le service de gestion de stock (le magasin pour l'obtention des pièces de rechanges)
- -Le service de production;
- -Le service méthode.

2.4.5. Personnels et le rôle de chacun

Les moyens humains sont d'une importance cruciale dans tout système de maintenance, par conséquent il est impératif de s'informer sur l'effectif, sur les diplômes et leurs anciennetés.

Le service de maintenance est composé d'un groupe de techniciens dans divers domaines et de deux non-diplômés. Ils sont tous gérés par le chef service maintenance, le tableau ci-dessous présente tout le personnel du service maintenance.

Tableau 2.1 : Reconstitution des personnels du service maintenance.

Personnels maintenance d'Unité		Diplôme	Spécialité	Moyenne d'expérience
Service maintenance	Chef service	Ingénieur	Maintenance industrielle	22 ans
	Agents d'interventions	Techniciens Supérieurs	Electronique	Entre 1 an et 13 ans
			Electronique	
			Electromécanique	19 ans
			Mécanique	13 ans
Usineur	Son diplôme	Fabrication mécanique et usinage	13 ans	

2.4.6. Structure de l'activité maintenance

En maintenance, les interventions sur le matériel, indépendantes de toutes les activités autour, se repartissent en deux groupes de taches : le curatif et le préventif.

Malgré la valeur des équipements dont dispose l'unité, les taches préventives sont tout à fait inexistantes, par contre le curatif est beaucoup plus présent.

2.4.7. Déroulement des interventions correctives :

L'intervention du service maintenance est déclenchée suite à une panne d'un équipement.

Cette procédure permet de mettre en évidence toutes les étapes nécessaires pour le déclenchement, la préparation et la réalisation des tâches curatives mais ce dernier reste mal organisée et peu respectée à cause de l'absence de la rigueur dans la planification ainsi que le manque d'enregistrement. Il est indispensable donc de mettre en place tous les moyens nécessaires pour l'élaboration des documents historiques des équipements.

2.4.8. Le magasin des pièces de rechange

L'objectif à travers la possession d'un magasin de stock est d'éliminer les temps d'arrêt de production dus à la non disponibilité des pièces de rechange, et la diminution des coûts administratifs dus aux différents achats

Durant toute l'année. Une bonne gestion de stock doit assurer à un prix optimal la bonne pièce, à l'instant demandé.

Au niveau de l'unité, le service maintenance ne possède pas un magasin de pièces de rechange propre à lui, il est dépendant du service logistique. Le magasin de pièces de rechange de l'unité est constitué de :

- Pièces spécifiques des différents équipements,
- Pièces standards (vis, écrous..),

Les différents outillages spécifiques et standards. Il faut noter l'absence de :

- Un magasinier au sein du service maintenance;
- Méthodes rationnelles de gestion de stock (elle se base juste sur l'expérience) ;
- Un bon rangement des articles ;
- Conditions de stockage (poussière, humidité,..) ;
- La codification de toutes les pièces de rechange ;
- Coûts des pièces de rechange ;
- Suivi des consommations.

2.4.9. Documentation de la maintenance

➤ Dossier technique équipement

L'efficacité de travail de planification et d'intervention de la maintenance repose sur une bonne connaissance des équipements à maintenir. Le dossier technique d'un équipement a pour vocation de mettre à la disposition des préparateurs et des intervenants, toutes les Informations relatives à l'équipement susceptibles de les aider. Il comprend trois parties :

- Dossier constructeur ;
- Dossier interne qui doit être établi et tenu à jour par le service maintenance ;
- Plan de maintenance de l'équipement.

À l'Unité Accus de Sougueur, il existe seulement les catalogues des constructeurs.

➤ **Imprimés d'exploitation**

La communication au sein du service maintenance peut se faire sous forme orale ou écrite (imprimés). Cependant, cette deuxième forme parait la mieux adaptée aux entités du service. En effort, les supports écrits d'information permettent :

- D'engager et de préciser les responsabilités.
- D'éviter les altérations, l'oubli et les mauvaises interprétations de la communication orale.
- D'éviter les bavardages fonctionnellement inutiles.
- Un stockage fiable de l'information.

Le personnel de la maintenance possède seulement deux imprimés d'exploitations pour l'enregistrement des travaux d'intervention (voir annexe B).

Les deux fiches suivantes ne sont pas à la disposition de chaque technicien d'intervention et sont remplies seulement par l'ingénieur chargé de la maintenance :

- Demande d'intervention.
- Ordre de travail.

Et elles doivent être remplies après avoir effectué l'intervention corrective. Elles contiennent différentes informations concernant :

- Nom de l'atelier ;
- Nom de l'équipement ;
- Nom et visa du demandeur ;
- Visa du responsable de production ;
- Nom et visa de l'intervenant;
- Nombre d'intervenants ;
- Date et heure de la panne ;
- Description de la panne (localisation, remèdes...)
- Organes ou pièces défectueuses ;
- Durée de l'intervention.

Ces deux fiches ne sont pas dûment remplies, les descriptions des pannes, leurs causes et leurs remèdes sont souvent illisibles ou mal formulés et ne contiennent que peu d'information.

➤ **Fiche historique équipement**

La fiche historique comprend toutes les informations relatives à la vie de chaque équipement : ordres de travaux, rapports d'expertise ou d'incident et les fiches historiques. L'historique ne tient pas compte des modifications ou amélioration des équipements.

2.5. FONDEUSE CA 86

La CA 86 est un équipement de l'atelier fonderie qui assure la production de grilles doubles pour batteries a partir de la fusion des lingots de plomb passant par le moulage et le cisaillement jusqu'à l'obtention des grille double . La CA 86 est constitué de deux grandes parties :

- Four de fusion
- Fondeuse

2.5.1 Description

2.5.1.1 Description du four

C'est l'ensemble des éléments : creuset ; bruleur a gaz et pompe de dosage . Cette partie assure la fusion et l'injection du plomb vers le cubilot a travers une conduite.

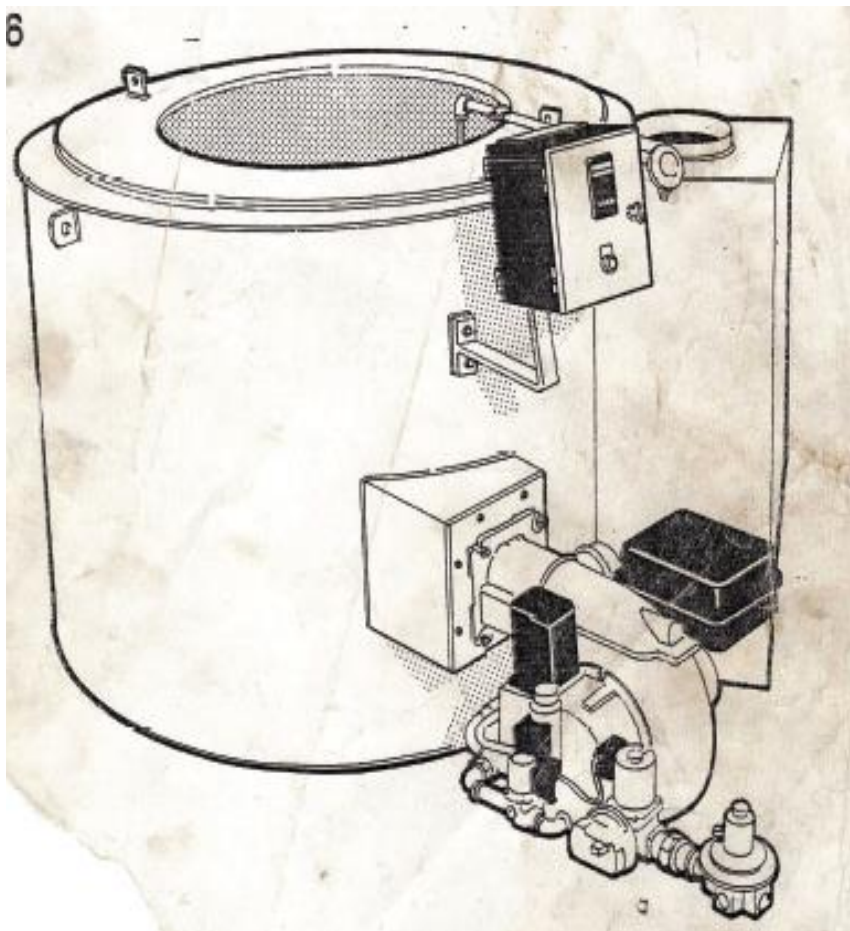


Figure 2.15 : Aperçu de four de la machine CA-86.

2.5.1.2 Description de la fondeuse

C'est l'ensemble des éléments : moteur électrique, réducteur de vitesse, cubilot, moule, cisaille, les tapis convoyeurs et la table de réception, cette partie est commandée par un système pneumatique (vérins pneumatiques) ainsi qu'une installation d'un système de refroidissement.

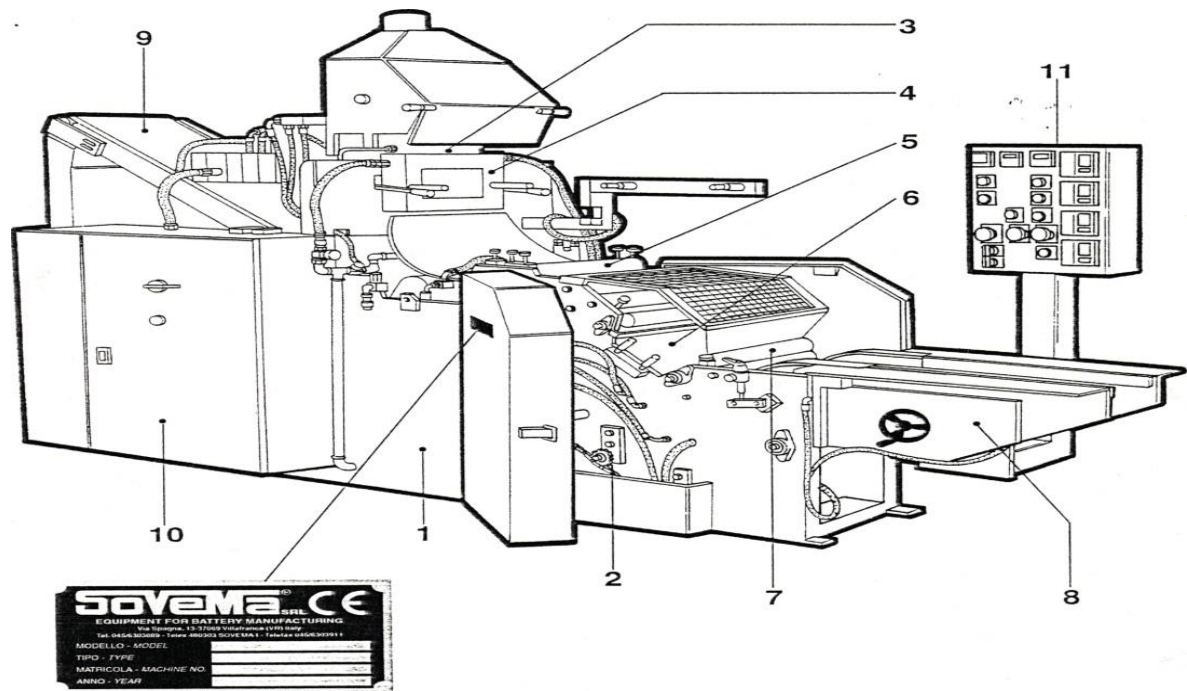


Figure 2.16 : Vue extérieure de la fondeuse CA-86.

La fondeuse se compose de :

1. Bâti
2. Mouvement
3. Unité de fusion du plomb
4. Moule
5. Bande pour la cisaille
6. Cisaille
7. Tombereau de grille
8. Collecteur de grille
9. Bande pour collection des déchets
10. Armoire électrique
11. Pupitre de commande
12. came

2.5.1.3. CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Tableau 2.2 : les Caractéristiques techniques de la machine CA-86

Système pneumatique (air comprimé)		1000 L/h	6 bars
fluide refroidissant pour coquet et plaque inclinée		- eau filtrée propre	Max : 4 bars Min : 2 bars
Consommation totale d'électricité de la machine		14kw, 220/380 V – 3 phase – 50 Hz	
Huile/Graisse		N.L.G.I.NO.2	
type de gaz	GAZ naturel	Max : 2m ³ /h	0.02 bars
	GAZ du GPL	Max : 1.4 KG / h	0.02 bars
Électricité			
moteur principal		0.75 kW	
moteur de la pompe du plomb		0.6 kW	
moteur du tapis de transport		0.2 kW	

2.5.2 Fonctionnement

2.5.2.1 Fonctionnement du four

Le fonctionnement du four comprend les opérations suivantes :

1. Mettre en marche le bruleur à gaz.

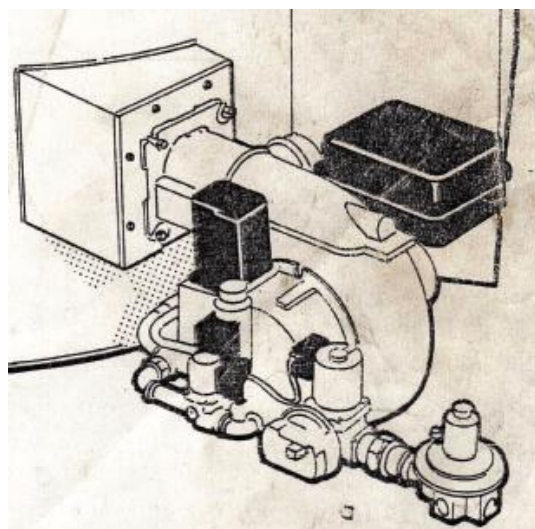


Figure 2.17: Aperçu du bruleur a gaz de la CA-86.

2. Fixer la température de consigne entre 510 et 520°C en utilisant les touches du pupitre de commandes.

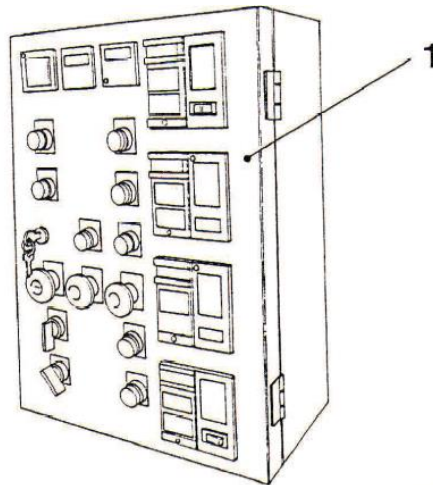


Figure 2.18 : Aperçu du pupitre de commandes.

3. Alimenter le creuset régulièrement en lingot en alliage plomb (plomb-Antimoine-Sn-1,7-5%) . La fusion de l'alliage de plomb est contrôlée par un régulateur qui maintien la température de fusion et de travaille entre (450°C et 470°C). Ensuite, une pompe émergée dans le creuset et entraîné par un moteur électrique, assure l'aspiration du plomb fondu et son refoulement vers une soupape de dosage actionnée par un vérin pneumatique.

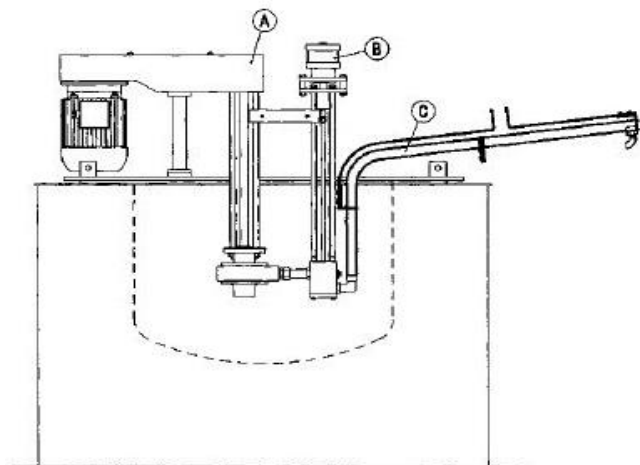


Figure 2.19 : creuset du plomb fondu.

La quantité de plomb fondue et dosée est envoyée vers le cubilot à une conduite calorifugée.

2.5.2.2 Fonctionnement de la fondeuse

- Le plomb fondu (450°C et 470°C) provenant du creuset est reçu dans le cubilot. Ce dernier est une cuve qui stocke le plomb fondu destiné à alimenter le moule.

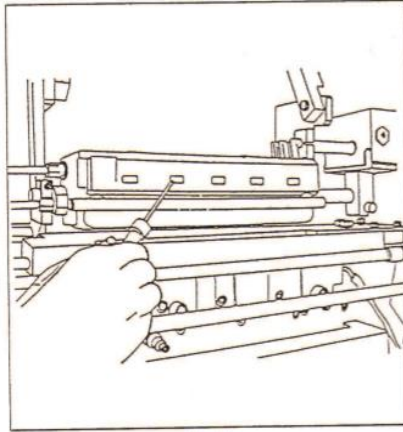


Figure 2.20 : Aperçu du cubilot

- Par un mouvement de basculement du cubilot, la quantité de plomb fondu sera versée dans le moule pour remplir l'empreinte de la grille.
- Le démoulage se fait par la séparation entre la fixe et mobile du moule et cela grâce à un vérin pneumatique.

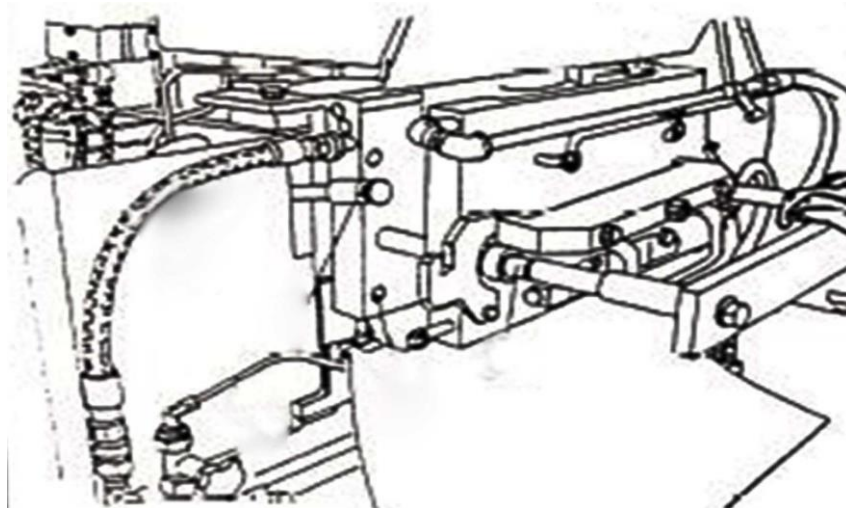


Figure 2.21 : Aperçu de moule

- Après le démoulage, un dispositif pneumatique constitué d'un vérin pneumatique double effet assure l'éjection de la grille du moule vers la table de réception. Cette dernière fait basculer la grille semi finie qui passe entre deux rouleaux et arrive au niveau d'une cisaille à lame actionnée par un vérin pneumatique afin de découper les surplus de la grille bloquée sur la partie fixe.

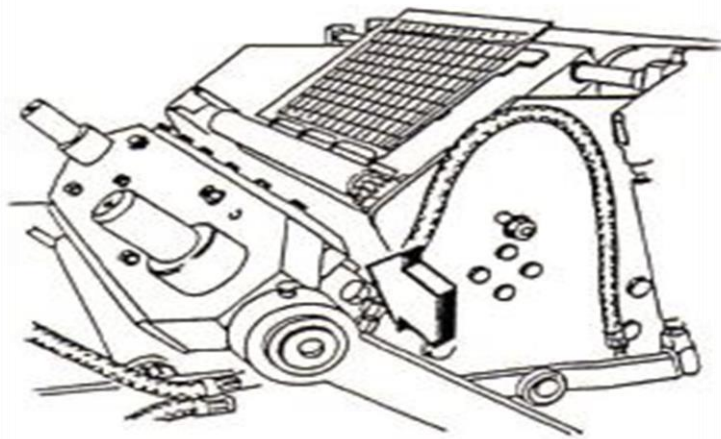


Figure 2.22 : Aperçu de la cisaille

- La grille finie est ensuite transportée vers le stockage par un convoyeur à tapis.
- Les déchets et rebus des grilles découpées vont transportés par un autre convoyeur à tapis et dirigés vers le creuset pour alimenter.

Tableau 2.3 : description des fonctions élémentaires des organes

<i>Elément</i>	<i>FONCTION</i>
<i>Moteur électrique</i>	<i>Générer un couple de rotation</i>
<i>Palier</i>	<i>Guidage de l'arbre de transmission</i>
<i>Courroie</i>	<i>Transmettre le mouvement de rotation</i>
<i>Arbre transmission</i>	<i>Transmettre la couple moteur vers la turbine</i>
<i>Turbine</i>	<i>Aspiration du plomb du creuset vers le cubilot</i>
<i>Flasque</i>	<i>Composant de la pompe,</i>
<i>Vanne dosage</i>	<i>Ouverture et fermeture pour la conduite du Plomb</i>
<i>Pipe</i>	<i>Sert à conduire le plomb fondu de la pompe vers le cubilot</i>
<i>Motoréducteur</i>	<i>Transmettre le couple moteur vers la machine</i>
<i>Cubilot</i>	<i>Réception de la dose du plomb + versement vers le moule</i>
<i>Table réception</i>	<i>Porter La Grille Après son moulage</i>
<i>Tapis convoyage</i>	<i>Transmettre grille semi fini vers cisaille</i>
<i>Tapis convoyage déchets grille</i>	<i>Transmettre déchet grille vers creuset</i>
<i>Table réception grille fini(1)</i>	<i>Réception grille fini</i>
<i>Partie électrique</i>	<i>Etre contrôlé par la commande électrique.</i>
<i>Partie fixe</i>	<i>Moulage grille</i>
<i>Partie mobile</i>	<i>Moulage grille</i>
<i>Lame</i>	<i>Coupe des surplus moulé de la grille</i>
<i>Circuit de Refroidissement</i>	<i>Refroidissement du moule + table réception(1)+cisaille</i>
<i>Partie mobile cisaille</i>	<i>La coupe surplus grille</i>
<i>Partie fixe cisaille</i>	<i>La coupe surplus grille</i>
<i>Résistance</i>	<i>Produire de la chaleur</i>

2.6. CONCLUSION

L'unité d'Accus de Sougueur dispose d'un ensemble d'ateliers pour la production des batteries, et chaque atelier à son tour dispose d'une ou plusieurs machines.

Dans notre cas, nous avons choisis la machine fondeuse de plomb SOVEMA CA-86 de l'atelier fonderie pour appliquer une analyse dysfonctionnelle dans le chapitre 3, en peut justifier ce choix par plusieurs raisons parmi ces raison on a :

- La criticité de l'atelier fonderie dans l'unité d'Accus SOUGUEUR.

- La criticité de la machine SOVEMA CA-86.

- La disponibilité d'un fichier historique pour la machine.

- La diversité des technologies et des systèmes dans la machines.

Chapitre 03

ANALYSE DYSFUNCTIONNELLE

3.1. Introduction

Pour le bon fonctionnement d'un service maintenance, il est nécessaire de définir les équipements ou machines critiques. La notion d'équipement critique est primordiale dans l'activité de maintenance. C'est un critère très puissant qui sera utilisé très souvent, puisqu'une attention toute particulière sera accordée à ces équipements.

Dans ce chapitre, nous allons d'abord sélectionner les éléments causants plus d'arrêt dans la productivité de la machine SOVEMA CA-86 à l'aide de fichier historique fournis par le service maintenance de l'unité ENPEC SOUGUEUR, puis nous allons faire appel à l'outil d'analyse AMDEC (Analyse des Modes de Défaillances, leurs Effets et leurs Criticités) pour étudier la machine.

3.2. Description du problème

Après avoir consulté l'historique des pannes de la fondeuse SOVEMA-CA 86, fourni par le service maintenance de l'entreprise ENPEC SOUGUEUR, on a pu faire un recensement et une classification des différents types de défaillances des éléments de la machine ainsi que les temps d'arrêt. Les tableaux (**Tab 3.1, 3.2 et 3.3**) présentent la synthèse des modes des défaillances d'ordre mécanique, pneumatique et électrique.

3.2.1. Recensement des défaillances

3.2.1.1. Défaillances mécaniques

Tableau3.1 : Défaillances mécaniques.

Élément	fonctions	Défaillances	Cause de défaillances	Effet de défaillances	Temps d'arrêts(h)
Cubilot	<i>Transférer le plomb fondu venus de la pipe vers le moule</i>	<i>Déformation</i>	<i>Fatigue</i>	<i>Mauvais renversement du plomb fondu</i>	9
La Table	<i>Porter La Grille Apres son moulage</i>	<i>-Rupture de la tige - Détérioration de roulements - Obstruction du circuit de refroidissement</i>	<i>-fatigue -grippage -calcaire</i>	<i>-bruit -bruit -déformation de la grille</i>	47
La cisaille	<i>Couper les extrémités sur mesure</i>	<i>- Détérioration des bagues -usure de la lame - Obstruction du circuit de refroidissement</i>	<i>-fatigue -fatigue -calcaire</i>	<i>- Arrêt de partie moulage -mauvaise finition de grille -mauvaise finition de grille</i>	58
Moule	<i>Moulage des grilles</i>	<i>- Obstruction de la plaque d'aire (moule mobile) - mauvais refroidissement - Usure des éjecteurs (moule fixe)</i>	<i>- Pollution Nettoyage non Conforme - Calcaire - Fatigue Usure</i>	<i>-mauvaise finition de grille -mauvaise finition de grille -la grille se colle dans le moule</i>	70

3.2.1.2. Défaillances électrique

Tableau3.2 : Défaillances électriques.

Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la Défaillance	Effet de la défaillance	Temps (h)
Moteur électrique	- Générer un couple de rotation	- Pas de transmission de mouvement d'arbre - Mouvement très lent - Echauffement	- Usure de roulement - Surcharge électrique - Fusible brulé	- Arrêt de production	19
Résistance électrique	- Produire de la chaleur	- Température basse	- Vieillessement - Pollution - Chocs	- Arrêt de production	18
Thermocouple	- Mesure de la température	- Défectueux	- Vieillessement	- Arrêt partiel	2
Régulateur	- Adaptation de la température	- Détérioration des touches de la partie	- Utilisation prolongée	- Difficulté à l'entrée des	3
Disjoncteur	- Protection des composants	- Déclanchement successif sans problème de	- Vieillessement	-Arrêt de production	2
Relais électrique	- Permet de commander les vérins à partir du distributeur d'air	- Circuit électrique ne fonctionne pas	- Vieillessement - Courant supérieur au permis	-Arrêt de la partie pneumatique	4
Contacteur	- Permet de commander les moteurs à partir d'un signal	- Circuit électrique ne fonctionne pas	- Vieillessement - Courant supérieur au permis	Arrêt de la partie pneumatique	3

3.2.1.3. Défaillances pneumatique

Tableau3.3 : Défaillances pneumatiques

Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Temps d'arrêts (h)
distributeur	<i>Distribution de l'air pour le mouvement des vérins</i>	<i>Fuite d'air</i>	<i>Fatigue joints</i>	<i>Le vérin ne fonctionne pas</i>	5
Vérin à simple effet D 80mm	<i>Ouverture / Fermeture De La Vanne</i>	<i>-Fuite d'air - Déformation de tige / cylindre</i>	<i>-Fatigue joints Température du milieu - Usure joints</i>	<i>Mauvais fonctionnement</i>	8
Vérin à double effet	<i>Ouverture/ fermeture</i>	<i>-Usure des joints - Déformation de la tige / cylindre</i>	<i>- Fatigue Température du milieu - Température du milieu</i>	<i>Mauvais fonctionnement</i>	10

Le recensement des différents modes des défaillances en termes de temps d'intervention nous a permis de dégager le moule et la cisaille en tant qu'éléments critiques de la machine. Ces éléments sont connectés directement à un circuit de refroidissement qui assure la régulation de leurs températures de bons fonctionnements. Dans ce qui suit, l'analyse dysfonctionnelle sera consacrée au circuit de refroidissement.

3. 3 AMDEC DE SYSTEME DE REFROIDISSEMENT SOVEMA CA-86

3.3.1 Initialisation

3.3.1.1 Définition du Système de refroidissement de la machine SOVEMA CA-86

Il s'agit d'un système complexe sous forme d'un circuit fermé intégré dans la CA 86 afin de réguler la température dans le moule, la table de transfert et la cisaille .Ce dernier repose sur la circulation d'un liquide température 15°C (l'eau propre filtrée) dans des conduite galvanisé. Il est aménagé d'une pompe, une résistance, un échangeur de chaleur, des capteurs, des électrovannes et un thermostat de sécurité.

3.3.1.2 Limites du système de refroidissement de la machine SOVEMA CA-86

Etant destiné refroidir les éléments de la machine, le système étudié sera limité par les éléments suivant :

- L'atmosphère du milieu ambiant
- Le four de la machine SOVEMA CA-86
- La machine SOVEMA CA-8

3.3.1.3. Définition des objectifs à atteindre

Les objectifs à atteindre à travers cette analyse AMDEC sont :

1. Prévention des pannes
2. Optimisation de l'utilisation et de la conduite
3. Amélioration de la surveillance
4. Amélioration de la maintenance préventive
5. Détection précoce des dégradations
6. Aide au diagnostic
7. Amélioration de la maintenance corrective

3.3.2. Fonctionnement de circuit de refroidissement

- A l'entrée du circuit (D) l'eau venant de la source extérieur passe a travers un filtre en Y(11).
- L'électrovanne(9) assure la régulation du débit d'eau vers l'électropompe qui va le refouler vers l'ensemble (résistance(5) porte résistance(4) ou il sera réchauffer jusqu'à (50C°).

- la quantité d'eau réchauffée va être évacuée et distribuée a travers un système de conduites vers le moule, la table et la cisaille pour assurer leurs refroidissement.
- Ensuite, l'eau va retourner vers l'échangeur de chaleur(12) pour abaisser sa température de 70°C à 15°C.
- L'échangeur est équipé d'un capteur de niveau(13) associé avec l'électrovanne (10) pour assurer la fourniture en eau froide provenant d'une source d'alimentation extérieure pour se mélanger avec la quantité d'eau venant de la machine.

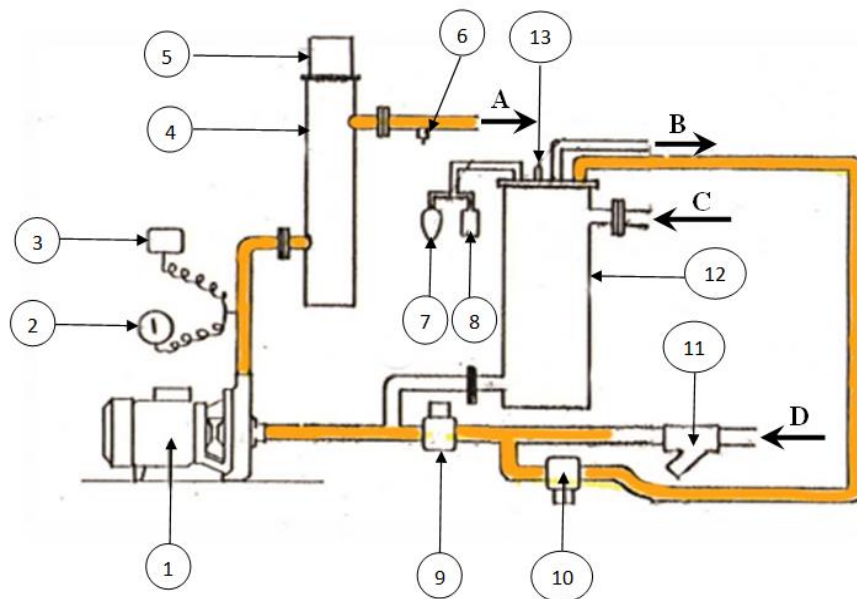


Figure 3.1 : Schémas de Système de Refroidissement de la CA-86

- | | | |
|----------------------------------|---------------------------|-----------|
| 1-Electropompe | 6-Sonde de température | |
| 2-Jauge de pression | 7- Sortie d'air | |
| 3-Thermostat de sécurité | 8-Soupape de sécurité | |
| 4-Cylindre porteur de résistance | 9-Electrovanne | |
| 5-Résistance | 10-Electrovanne | |
| 11- Filtre en Y | A- Sortie vers la machine | D- Arrivé |
| 12- Echangeur de chaleur | B- Sortie de décharge | |
| 13- Capteur de niveau | C-Retour vers la machine | |

3.3.3. Découpage du système

Le système de refroidissement de la machine SOVEMA CA 86 se compose de trois (3) parties fondamentales

1- Partie filtrage de fluide

C'est la partie responsable à l'entrée de fluide de source extérieure dans de bonnes conditions.

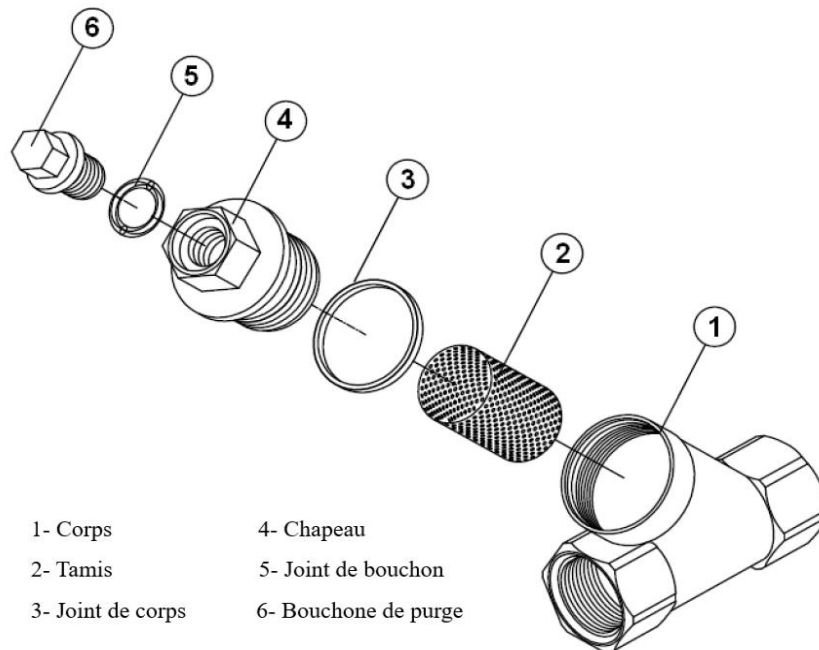


Figure 3.2 : aperçu de composant du filtre en Y.

2- Partie refoulement de fluide

C'est la partie qui assure l'accélération du fluide dans le circuit de refroidissement.

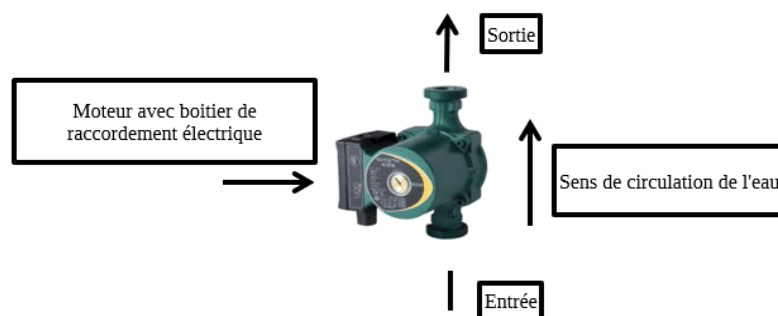


Figure 3.3 : Aperçu d'une électropompe de refoulement

3- Partie réchauffement de fluide

Le rôle de la partie de réchauffement est d'augmenter la température de fluide

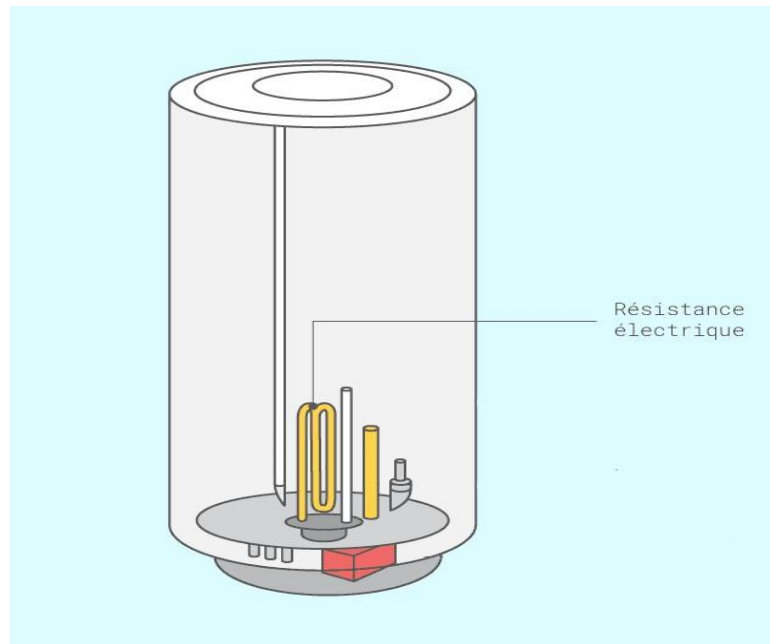


Figure 3.4 : Aperçu d'une résistance électrique

4- Partie refroidissement de fluide

Cette partie consiste à refroidir le fluide venant de la machine.

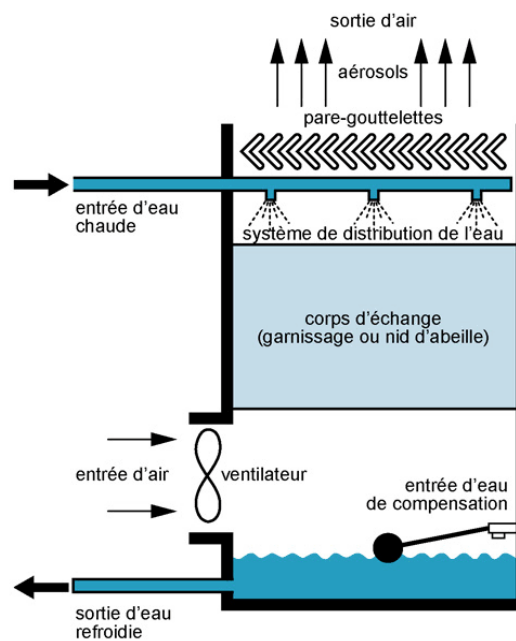


Figure 3.5 : Aperçu d'un échangeur de chaleur

3.3.4. Décomposition structurelle du circuit de refroidissement

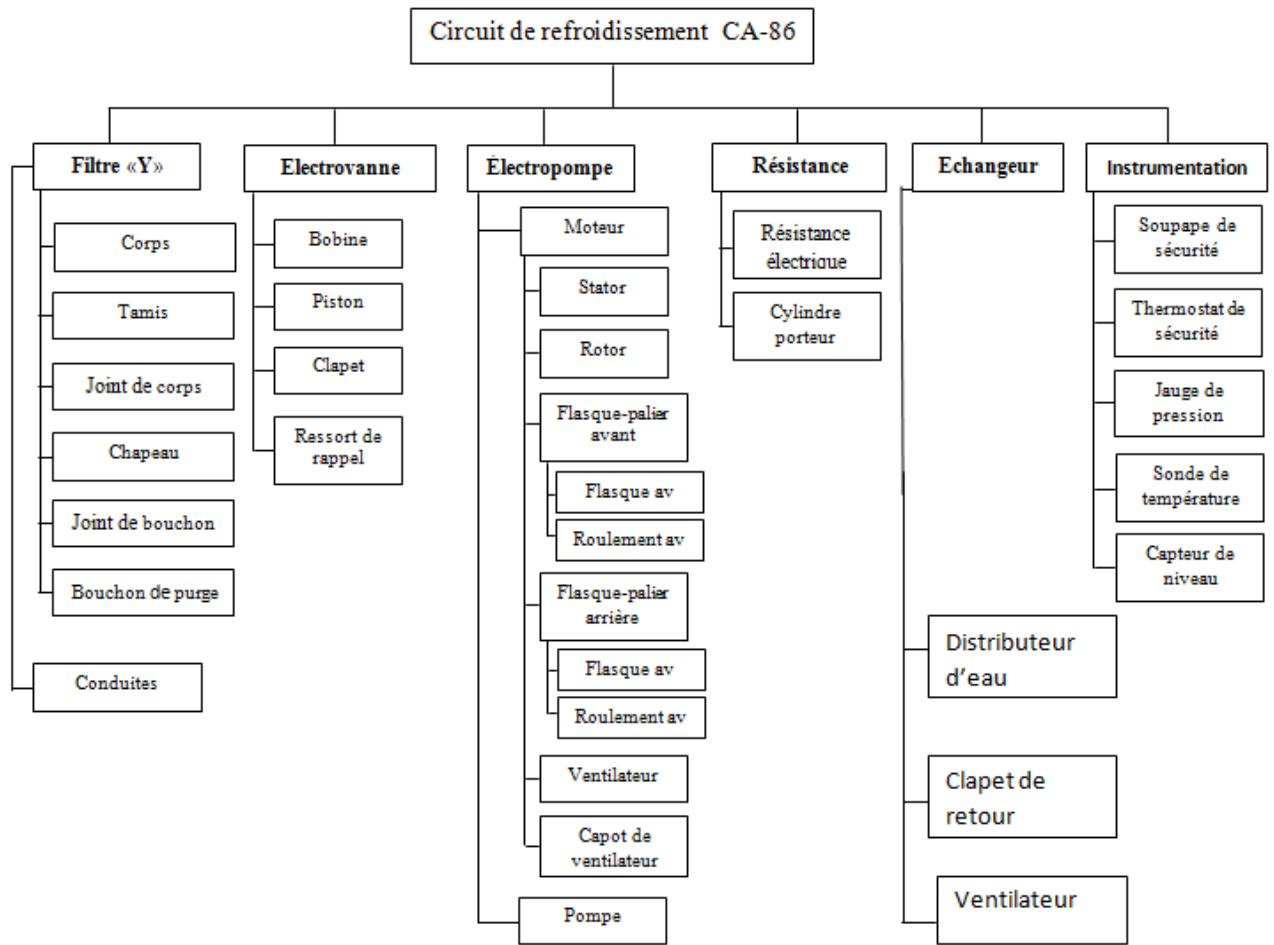


Figure 3.6 : Décomposition structurelle du circuit de refroidissement

3.3.5. Identification des fonctions des éléments du système de refroidissement

Le tableau (3.4) représente les fonctions des éléments du circuit de refroidissement de la machine.

Tableau 3.4 : Fonctions des éléments du circuit de refroidissement

Élément	Fonction
1-Electropompe	Refouler le fluide qui circule dans le circuit
2-Jauge de pression	Mesurer la pression dans le circuit
3-Thermostat de sécurité	Couper l'alimentation de résistance en lorsque la température est très importante
4-Cylindre porteur de résistance	Porter la résistance
5-Résistance	Produire de la chaleur
6-Sonde de température	Mesurer la température dans le circuit
7- Sortie d'aire	Décharger de l'aire en dehors du circuit
8-Soupape de sécurité	Evacuer le surplus de l'eau dans l'échangeur
9-Electrovanne	Controler le débit d'eau
10-Electrovanne	Controler le débit d'eau
11- Filtre en Y	Eliminer les impuretés et les éléments polluants
12- Echangeur de chaleur	Transférer la chaleur entre les deux fluides
13- Capteur de niveau	Mesurer le niveau d'eau dans l'échangeur

3.3.6. Analyse des modes de défaillances

Nous avons faits une classification de toutes les défaillances qui peuvent arriver au niveau des éléments du circuit de refroidissement dans les tableaux (3.5, 3.6, 3,7).

Tableau 3.5 : Défaillances du moteur

<i>Type de défaut</i>	<i>Cause</i>	<i>Effet</i>	<i>Détection</i>	<i>Remède</i>
<i>Roulement détérioré</i>	<i>Usure - -Mauvaise Conception mécanique mauvais alignement -Mauvaise lubrification</i>	<i>-Bruit - Casse -Vibration anormale -Surchauff eau niveau des flasques</i>	<i>-Bruit -Détection du jeu - Analyse vibratoire</i>	<i>Remplacement roulement</i>
<i>Bout d'arbre Détérioré</i>	<i>-A coups -Chocs</i>	<i>-Bruit -Casse</i>	<i>Visuel</i>	<i>Remplacement rotor Remplacement moteur Réparation</i>
<i>Enroulement stator en court-circuit</i>	<i>Surchauffe</i>	<i>Disjonction protection thermique</i>	<i>-Mesure d'intensité -Mesure de la continuité des enroulements (bobinages)</i>	<i>- Remplacement moteur -Rebobinage du stator</i>
<i>Coupure enroulement stator</i>	<i>Surchauffe Court-circuit</i>	<i>Disjonction protection thermique</i>	<i>Mesure de la continuité des enroulements (bobinages)</i>	<i>Remplacement moteur -Rebobinage du stator</i>
<i>Défaut d'isolement</i>	<i>-Surchauffe -Court-circuit -Humidité</i>	<i>Disjonction protection différentielle</i>	<i>Contrôle électrique d'isolement au mégohmmètre</i>	<i>Etuvage -Rebobinage du stator Remplacement moteur</i>

Tableau 3.6 : défaillances de la pompe

<i>Type de défaut</i>	<i>Cause</i>	<i>Effet</i>	<i>Détection</i>	<i>Remède</i>
<i>cavitation</i>	<i>-Mauvaise conception -mauvais montage</i>	<i>-Vibration excessive -détérioration des performances de la pompe</i>	<i>-bruit Analyse vibratoire</i>	<i>Respecter les consignes du constructeur (installation et alimentation)</i>
<i>Pulsation de pression</i>	<i>manque d'alimentation adéquate</i>	<i>- Fluctuation de pression dans les conduites -vibration</i>	<i>-analyse vibratoire -capteur de pression</i>	<i>Installation d'un stabilisateur d'aspiration</i>
<i>Poussée radiale et axiale</i>	<i>asymétrie entre le linceul arrière et le couvercle de boîtier</i>	<i>Déformations excessives d'arbre</i>	<i>Bruit Analyse vibratoire</i>	<i>Remplacement de la pompe</i>

Tableau 3.7 : défaillances de conduction

<i>Type de défaut</i>	<i>Cause</i>	<i>Effet</i>	<i>Détection</i>	<i>Remède</i>
<i>L'eau ne se chauffe pas</i>	<i>-pollution de la résistance -coupure dans la résistance</i>	<i>Choc thermique au refroidissement</i>	<i>Signalisation de voyant de température</i>	<i>Nettoyage systématique</i>
<i>L'eau qui découle en continuation à la décharge de l'échangeur</i>	<i>Impureté dans le siège de la soupape de sécurité</i>	<i>-Mauvais refroidissement dans le moule -Débit insuffisant</i>	<i>-Signalisation du voyant de température</i>	<i>Nettoyage de la soupape de sécurité</i>
<i>L'eau ne circule pas malgré que la pompe est en fonctionnement</i>	<i>Electrovanne bloqué</i>	<i>Pompe brûlée</i>	<i>Bruit dans la pompe</i>	<i>Nettoyage de la pompe</i>
<i>Température très haute a la sortie A</i>	<i>Sonde de température défectueuse</i>	<i>Mauvais refroidissement dans machine</i>	<i>Signalisation du voyant de température</i>	<i>Nettoyage systématique de la sonde</i>
<i>Pression d'eau très basse</i>	<i>-obstruction dans les conduites</i>	<i>Débit très insuffisant Mauvais refroidissement dans la machine</i>	<i>Signalisation du voyant de pression d'eau Signalisation du voyant de température</i>	<i>Nettoyage systématique du circuit d'eau</i>

Tableau 3.11 : Analyse AMDEC du circuit de refroidissement

AMDEC MACHINE ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCES DE LEURS EFFETS					
<i>MACHINE : SOVEMA CA-86</i>			<i>Sous - Système : circuit de refroidissement</i>		
Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effets de la défaillance	Détection
<i>Moteur électrique</i>	<i>Entrainer la pompe de refoulement</i>	<i>-Roulement détérioré</i>	<i>-Usure -Mauvaise Conception mécanique</i>	<i>-Bruit - Casse -Vibration anormale</i>	<i>-Bruit - Détection du jeu - Analyse vibratoire</i>
<i>Pompe</i>	<i>Accélérer le fluide qui circule dans le circuit</i>	<i>-Cavitation</i>	<i>-Mauvaise conception -Mauvais montage</i>	<i>-Vibration excessive -détérioration des performances de la pompe</i>	<i>-Visuel -Analyse vibratoire</i>
<i>Résistance électrique</i>	<i>Produire de la chaleur de réchauffement</i>	<i>Résistance défectueuse</i>	<i>-Vieillessement -Pollution -chocs thermique</i>	<i>-Choc thermique a niveau des grilles</i>	<i>Visuel</i>
<i>Echangeur de chaleur</i>	<i>Refroidir le fluide</i>	<i>Piqûres, corrosion et érosion</i>	<i>-Calcaire -Bactérie</i>	<i>-Mauvais refroidissement au niveau du circuit</i>	<i>Visuel</i>

AMDEC MACHINE					
ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCES DE LEURS EFFETS					
<i>MACHINE : SOVEMA CA-86</i>			<i>Sous - Système : circuit de refroidissement</i>		
Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effets de la défaillance	Détection
<i>Electrovanne</i>	<i>Controler le débit d'eau</i>	<i>Blocage Mauvais actionnement</i>	<i>Pollution Calcaire</i>	<i>-Absence de débit -Pression très faible -mauvais refroidissement</i>	<i>Impossible</i>
<i>Capteur de niveau</i>	<i>Mesurer le niveau d'eau dans l'échangeur</i>	<i>Capteur défectueux</i>	<i>Court circuit</i>	<i>Surchauffe ment du moteur Mauvais refroidissement</i>	<i>Voyant de niveau d'eau dans l'échangeur</i>
<i>Jauge de pression</i>	<i>Mesurer la pression dans le circuit</i>	<i>Jauge défectueuse</i>	<i>température extrême colmatage</i>	<i>Indication incorrecte Mauvais refroidissement</i>	<i>Indicateur de pression Visuel</i>
<i>Thermostat de sécurité</i>	<i>Couper l'alimentation de résistance en lorsque la température et très haute</i>	<i>Blocage du thermostat</i>	<i>Pollution Calcaire</i>	<i>Mauvais refroidissement</i>	<i>Impossible</i>

AMDEC MACHINE					
ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCES DE LEURS EFFETS					
<i>MACHINE : SOVEMA CA-86</i>			<i>Sous - Système : circuit de refroidissement</i>		
<i>Elément</i>	<i>Fonction</i>	<i>Mode de défaillance</i>	<i>Cause de la défaillance</i>	<i>Effets de la défaillance</i>	<i>Détection</i>
<i>Soupape de sécurité</i>	<i>Evacuer le surplus de l'eau dans l'échangeur</i>	<i>Soupape bloqué</i>	<i>Pollution Calcaire</i>	<i>Mauvais refroidissement</i>	<i>Indicateur de niveau d'eau</i>
<i>Filtre en Y</i>	<i>Eliminer les impuretés et les éléments polluants</i>	<i>Usure de filtre</i>	<i>Absence d'entretien Mauvaise qualité du filtre</i>	<i>Condamnation des conduites Débit très faible</i>	<i>Impossible</i>

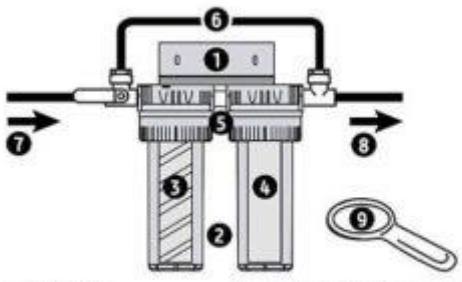
Légende :

- **MC** : Maintenance Corrective
- **MPH** : Maintenance Préventive hebdomadaire
- **MPM** : Maintenance Préventive mensuelle
- **MPT** : Maintenance Préventive trimestrielle
- **MA** : Maintenance Améliorative

3.3.12. Proposition des actions à engager

Nous avons choisi les éléments qui influent beaucoup plus au refroidissement pour proposer des actions a engager dans le tableau (3.12)

Tableau 3.12 : Classification des éléments suivant leurs criticités

Eléments	Proposition d’actions à engager
Electrovanne (9) (10)	<ul style="list-style-type: none"> - Respecter les consignes du constructeur en ce qui concerne le fluide de refroidissement (eau filtrée) - Nettoyer systématiquement l’électrovanne - Placer un filtre anti calcaire avant l’entrée du circuit d’eau <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"> <p>EXEMPLE DE MONTAGE D’UN FITRE DUPLEX</p>  </div>
Thermostat de sécurité	<ul style="list-style-type: none"> - Nettoyage systématique du thermostat - Nettoyage systématique du circuit d’eau
<i>Echangeur de chaleur</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Placer un filtre avant l’entrée de l’échangeur - Nettoyage systématique de l’échangeur
<i>Résistance électrique</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Nettoyage systématique de la résistance

3.4. Synthèse de l'étude

Pour conclure notre étude AMDEC sur le circuit de refroidissement de la machine SOVEMA CA-86 nous avons pu identifier les différents modes de défaillances propres à certaine partie de ce système.

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

C'est lors de cette étude AMDEC que nous avons appris que la principale défaillance de la fondeuse venait de son circuit de refroidissement et le manque d'entretien de ce système.

Toutefois, nous ne sommes pas en mesure de garantir si les solutions proposés sont faisables, réalisables et à un cout raisonnable.

Enfin nous pouvons sortir avec les recommandations suivantes :

- Il faut respecter les instructions de la maintenance systématique telles que le nettoyage, le décalaminage et le remplacement des pièces défectueuse selon les périodicités recommandées par le constructeur.
- Etablir des fichiers historiques bien détaillés.
- Refaire l'étude AMDEC systématiquement.
- Former le personnel de service maintenance à L'AMDEC
- Tenir un stock de sécurité des pièces de rechange de 1^{ere} nécessité.

3.5. Conclusion

A la lumière de l'étude AMDEC, nous avons relevé les points critiques au niveau du système de refroidissement et nous avons pu ainsi proposer des actions correctives, amélioratives et préventives pour diminuer leurs criticités dans de but d'organiser la maintenance des équipements le plus vulnérable pour la production.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Au terme de ce mémoire, qui synthétise le projet de fin d'études de notre cursus universitaire au sein du département de génie mécanique de la faculté des sciences appliquées de l'université de Tiaret, le fait de traiter une problématique issue du milieu professionnel et industriel nous a donné l'occasion d'acquérir et de renforcer nos connaissances sur les réalités économiques et techniques du pays. En outre, le thème traité par notre projet de fin d'études nous a facilités en tant qu'étudiant l'intégration progressive dans notre future cadre de travail.

On peut dire et juger que les objectifs fixés et tracés dans notre plan de travail ont été atteints étant donné qu'on n'a pu dégager les actions à entreprendre. Autrement dit, nous avons pu, dans un premier temps décrire et analyser le principe de fonctionnement de la machine Fondeuse SOVEMA. Dans un deuxième temps, nous avons procédé à l'analyse les modes de défaillances pour bien comprendre leurs origines. Pour cela, nous avons appliqué la méthode AMDEC, qui nous a aidés à présenter les modes critiques pour chaque élément de quelques organes constitutif de Fondeuse, et proposer des actions pour réduire la criticité.

En ce qui concerne les résultats obtenus, notre analyse AMDEC a fournie en guise de résultats des actions à entreprendre en fonction de la criticité évaluée selon les conditions inhérente à l'entreprise où s'est déroulé notre stage pratique. Il est à noter que le manque de données pratiques ainsi que l'indisponibilité d'un historique entier et complet, met les résultats obtenus sujet à une comparaison réelle et à une revérification.

Dans le but d'augmenter d'avantage la production et d'améliorer la qualité et l'efficacité du service maintenance, le résultat de notre travail peut servir comme référence pour assurer la disponibilité des équipements de production de l'unité de productions d'Accus a sougueur.

RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] **Daniel and Peres, François** "*Analyse des systèmes - Sûreté de fonctionnement*". Techniques de l'Ingénieur
- [2] **H.Savall et V.Zardet**, " maîtriser les coûts cachés et les performances cachés" édition economica , 2eme édition 1989
- [3] **Claire Pagetti – ENSEEIHT** "Module de sureté de fonctionnement" 3ème TR - option SE 10 d'ecembre 2012
- [4] **G. Zwingelstein**, « Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels complexes », Techniques de l'Ingénieur, S8250, 2009.
- [5] **Driss Bouami** , " le grand livre de la maintenance " édition 2019
- [6] **H. Brezis**. "Analyse fonctionnelle Theorie et applications " . - Paris : Masson, 1983. - (Mathématiques Appliqué'èst pour la Maitrise.)
- [7] **F. AUDRY** "Guide pour le professeur" Analyse Fonctionnelle Février 2010
- [8] **Noureddine AMIAR** "Sdf 1/| UBMA/FSI/DELM/FHSI|" 2009
- [9] **Youness EL ATTABI**, "QUALITÉ, LOGISTIQUE INDUSTRIELLE ET ORGANISATION», lout lumiere Lyon 2 November 2011
- [10] **François Monchy Claude Kojchen** " Maintenance outils méthodes et organisation pour une meilleur performance "4eme edition DUNOD 2015
- [11] **Amel DEMRI**, (These de doctorat) "Contribution a l'evaluation de la fiabilité d'un systeme micatronique par modelisation fonctionnelle et dysfonctionnelle "Ecole doctorale d'angers 2009

Résumé

L'objectif de ce travail est de savoir réaliser une analyse dysfonctionnelle pour un équipement de production suivant une méthode étudiée et détaillé chronologiquement. La méthode que nous avons choisis est un outil qui fait parti des outils de sureté de fonctionnement appelée AMDEC (Analyse des Modes De Défaillances Et leurs Criticités) .

L'équipement concerné par l'étude AMDEC est une Fondeuse de plomb batterie pour véhicules légers et lourds dans l'unité de production d'Accus sougueur (ENPEC). L'intérêt principale de cette étude est d'analyser les modes de défaillance ainsi que l'eurs criticité pour définir l'élément ou les éléments critique de l'équipement puis diminuer leurs criticités avec une proposition des actions correctives afin d'obtenir les meilleurs conditions de cet équipement.

Asbtract

The objective of this work is to know how to perform a dysfunctional analysis for a production equipment according to a method studied and detailed chronologically. The method we have chosen is a tool that is part of the operating safety tools called AMDEC (Analysis of Failure Modes and their Criticalities).

The equipment concerned by the AMDEC study is a lead smelter battery for light and heavy vehicles in the production unit of Accus sougueur (ENPEC). The main interest of this study is to analyse the failure modes as well as the criticality factors in order to define the critical element or elements of the equipment and then to reduce their criticalities with a proposal for corrective actions in order to obtain the best conditions for this equipment.

ملخص

الهدف من هذا العمل هو معرفة كيفية إجراء تحليل مختل لمعدات الإنتاج وفقاً لطريقة مدروسة ومفصلة زمنياً. الطريقة التي تحليل أوضاع الفشل وحيوياتها) AMDEC اخترناها هي أداة تعد جزءاً من أدوات السلامة التشغيلية تسمى Accus sougueur هي بطارية مصهر رصاص للمركبات الخفيفة والثقيلة في وحدة إنتاج AMDEC المعدات المعنية بدراسة وتتمثل المصلحة الرئيسية لهذه الدراسة في تحليل أنماط الفشل وكذلك عوامل الأهمية الحرجة من أجل تحديد العنصر (ENPEC). الحاسم أو العناصر الحاسمة للمعدات ومن ثم تقليل أهميتها الحرجة باقتراح إجراءات تصحيحية من أجل الحصول على أفضل أداء لهذه المعدات

ANNEXES
