



Université Sidi Mohamed Ben Abdellah
Faculté des Sciences et Techniques de Fès
Département de Génie Industriel



Mémoire de Projet de fin d'étude

Préparé par

EL JEMLI Anass

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat

Spécialité : Ingénierie en Mécatronique

Intitulé

***Élaboration et mise en place d'une politique de
maintenance des équipements de l'USINE
TRANSFIX MAROC groupe CAHORS***

Lieu : Transfix Maroc, Groupe CAHORS

Réf : 10/IMT15

Soutenu le 30 Juin 2015 devant le jury :

- Pr TAJRI IKRAM (Encadrant FST)
- Mr MOUMEN Abdelghafour (Encadrant Société)
- Pr. EL HAMMOUMI Mohammed (Examineur)
- Pr. HAMED L'habib (Examineur)



Année universitaire 2014-2015



Dédicaces

A mes très chers parents au quels je dois ce que je suis. Que Dieu les protège.

A toute ma famille ;

A ma chère sœur et frères pour leurs amours et leurs incontestables appuis.

A mes chers amis pour tous les instants inoubliables qu'on a passés.

A tous mes chers enseignants et spécialement à notre chère et aimable professeur

Madame TAJRI IKRAM.

Je dédie ce travail à toutes ces personnes chères à mon cœur.

Qu'elles trouvent ici l'expression de toute ma gratitude et mon amour.

Remerciements

Je présente mes profonds remerciements pour toute ma famille et spécialement ma sœur **NEZHA**, et ma chère **mère** qui me soutiennent, non seulement le long de mon parcours scolaire, mais aussi dans mon quotidien.

Mes profonds et sincères remerciements s'adressent ensuite à mon encadrant industriel de stage **Mr. MOUMEN ABDELGHAFOR**, responsable de la maintenance, par sa disponibilité à me faire partager ses connaissances, son expérience, et son savoir-faire, et n'ayant ménagé aucun effort à m'initier dans la vie professionnelle, avec ses conseils et ses recommandations qu'il m'a prodigué durant cette période de stage.

Je tiens à remercier également **Madame TAJRI IKRAM**, directrice du projet à l'FSTF, pour ses conseils pertinents avec lesquels m'a assisté tout au long de ce travail.

Mes vifs remerciements vont aussi à l'ensemble du personnel du TRANSFIX Maroc, et particulièrement à **Mr. M'HALA MOHAMMED**, responsable SAV et plate-forme, et **Mr. EZZAQAQY ABDELLATIF**, chef d'atelier production, pour leur chaleureux accueil, leur soutien technique et morale, et leur patience à m'écouter et répondre à mes questions à chaque fois que je les sollicite, sans oublier **Mr. AOUIJIL LAHOUCINE**, responsable qualité et fournisseurs pour sa contribution.

Finalement, il m'est agréable de m'acquitter d'une dette de reconnaissance envers toute autre personne qui de près ou de loin à contribuer à l'accomplissement de ce travail.

Liste des abréviations

OGE : Omnium Général d'Electricité

TMSA : Transfix Maroc Société Anonyme

SA : Société Anonyme

ZI : Zone Industrielle

BP : Boîte Postale

HT : Haute Tension

MT : Moyenne Tension

BT : Basse Tension

AC/AP : Action corrective/action préventive.

GMAO : Gestion de la maintenance assistée par ordinateur

PMP : Plan de maintenance préventive.

PR : Pièce de rechange.

Table des figures

FIGURE 1 : EXPRESSION DU BESOIN

FIGURE 2 : PROFIL DE LA FONCTION MAINTENANCE EN GRAPHE RADAR

FIGURE 3 : ABAQUE DE NOIRET APPLIQUEE AU FOUR

FIGURE 4 : GRILLE AMDEC UTILISEE

FIGURE 5 : PHOTO DU FOUR INSTALLE A L'USINE

FIGURE 6 : DIAGRAMME FAST DU FOUR

FIGURE 7 : DECOMPOSITION FONCTIONNELLE DU FOUR

FIGURE 8 : PHOTO DU CAISSON DE REMPLISSAGE SOUS VIDE

FIGURE 9 : DIAGRAMME PIEUVRE DU CAISSON

FIGURE 10 : DECOMPOSITION FONCTIONNELLE DU CAISSON

FIGURE 11 : PHOTO DE LA STATION DE TRAITEMENT D'HUILE

FIGURE 12 : BETE A CORNES DE L'APPAREIL DE TRAITEMENT D'HUILE

FIGURE 13 : DIAGRAMME FAST DE L'APPAREIL DE TRAITEMENT D'HUILE

FIGURE 14 : DECOMPOSITION FONCTIONNELLE DE L'APPAREIL DE TRAITEMENT D'HUILE

FIGURE 15 : DIAGRAMME FAST DE LA PLATE-FORME DES ESSAIS

FIGURE 16 : DECOMPOSITION FONCTIONNELLE DE LA PLATE-FORME DES ESSAIS

FIGURE 17 : LOGIGRAMME DU CHOIX D'ACTION DE LA MAINTENANCE

FIGURE 18 : TAUX DE REALISATION DE LA MAINTENANCE PREVENTIVE

FIGURE 19 : DECOMPOSITION DES COUTS DE MAINTENANCE

Liste des tableaux

TABLEAU 1 : FICHE SIGNALÉTIQUE DE LA SOCIÉTÉ TRANSFIX DU GROUPE CAHORS

TABLEAU 1: PRODUITS FABRIQUÉS PAR L'ENTREPRISE

TABLEAU 3 : MÉTHODE QQOQCP

TABLEAU 4 : COTATION DE LA MÉTHODE LAVINA

TABLEAU 5: RESULTATS DU DIAGNOSTIC PAR LA MÉTHODE LAVINA

TABLEAU 6 : TYPE DE CLASSIFICATION DU MATÉRIEL

TABLEAU 7 : CODIFICATION DES ATELIERS

TABLEAU 8 : CODIFICATION DES ÉQUIPEMENTS DE PRODUCTION

TABLEAU 9 : CODIFICATION SELON TYPE D'ORGANE

TABLEAU 10 : GRILLE DE CRITICITÉ

TABLEAU 11 : RESULTATS DE L'ÉVALUATION DE LA CRITICITÉ DES ÉQUIPEMENTS

TABLEAU 12 : COTATION POUR L'ABAQUE DE NOIRET

TABLEAU 13 : RESULTAT D'APPLICATION DE L'ABAQUE DU NOIRET SUR LES ÉQUIPEMENTS CRITIQUES

TABLEAU 14 : GRILLE DE COTATION DES FRÉQUENCES DE DÉFAILLANCES POUR AMDEC

TABLEAU 15 : GRILLE DE COTATION DES GRAVITÉS DE DÉFAILLANCES POUR AMDEC

TABLEAU 16 : GRILLE DE COTATION DES NON DÉTECTIONS DE DÉFAILLANCES POUR AMDEC

TABLEAU 17 : AMDEC POUR LES ORGANES CRITIQUES DU FOUR

TABLEAU 18 : AMDEC POUR LES ORGANES CRITIQUES DU CAISSON

TABLEAU 19 : AMDEC POUR LES ORGANES CRITIQUES DU TRAITEMENT D'HUILE

TABLEAU 20 : AMDEC POUR LES ORGANES CRITIQUES DE LA PLATE-FORME DES ESSAIS

TABLEAU 21 : PLAN D'ACTION DE MAINTENANCE CORRECTIVE ET AMÉLIORATIVE

TABLEAU 22 : AMDEC 2 DU FOUR

TABLEAU 23 : AMDEC 2 DU CAISSON

TABLEAU 24 : AMDEC 2 DE LA STATION DE TRAITEMENT D'HUILE

TABLEAU 25 : AMDEC 2 DE LA PLATE FORME

TABLEAU 26 : PLANNING DE MAINTENANCE PREVENTIVE

TABLEAU 27 : LISTE AVEC PRIX DES CONSOMMABLES ET PIÈCES DE RECHANGE

TABLEAU 28 : CHARGES FIXES DE LA MAINTENANCE

Table des matières

DEDICACES	1
REMERCIEMENTS	
LISTE DES ABREVIATIONS	
TABLE DES FIGURES	
LISTE DES TABLEAUX	
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : APERÇU GENERAL SUR LE PROJET	2
1. PRESENTATION DU GROUPE CAHORS	3
1.1 Fiche technique de l'entreprise :	4
1.2 Organigramme :.....	5
1.3 Gamme des produits fabriqués au Maroc :	6
2. PRESENTATION DU SUJET D'ETUDE :	6
2.1 Contexte général du projet :	6
2.1.1 Contexte pédagogique du projet	7
2.1.2 Expression du besoin	7
2.1.3 Formalisation du problème.....	8
2.1.4 Contraintes	8
2.1.5 Objectifs.....	9
2.1.6 Acteurs du projet.....	9
2.2 Planification et démarche du projet :	10
2.2.1 Planification (Diagramme de GANTT).....	10
2.2.2 Stratégie de conduite de projet	10
CHAPITRE II : DIAGNOSTIC DE L'ETAT ACTUEL ET CHOIX DE LA POLITIQUE DE MAINTENANCE	12
1.FLOW-CHART PROCESS.....	13
1.1 Présentation :	13
1.2 Comment faire :	13
1.3 Forme du flow-chart processus de fabrication :	14
2.DIAGNOSTIC DE L'ETAT ACTUEL :	14
2.1 Présentation de la méthode de diagnostic :	14
2.2 Principe d'utilisation de la méthode :	15
2.3 Résultat du diagnostic :	16
2.4 Interprétation des résultats :	17
3.INVENTAIRE ET CODIFICATION DU PARC MATERIEL.....	18
3.1 Inventaire :	18
3.2 Codification des équipements :	19
3.2.1 Code atelier	20
3.2.2 Code équipement	20
3.2.3 Ensemble.....	21
4.DETERMINATION DES EQUIPEMENTS CRITIQUES :	21
5.CHOIX DE LA POLITIQUE DE LA MAINTENANCE :	24
5.1 Abaque de NOIRET :	25
5.2 Exploitation des résultats :	27

CHAPITRE III : MISE EN PLACE DES PLANS DE MAINTENANCE PREVENTIVE ET LOGISTIQUE DE LA MAINTENANCE

.....	28
1. ANALYSE AMDEC MOYEN DE PRODUCTION :	29
1.1 Définition :	29
1.2 Méthodologie :	29
1.2.1 Initialisation.....	29
1.2.2 Décomposition fonctionnelle	29
1.2.3 Analyse AMDEC	30
1.3 Analyse AMDEC du four d'étuvage :	32
1.3.1 Analyse fonctionnelle du four.....	32
1.3.2 Décomposition matérielle	34
1.3.3 Synthèse d'analyse AMDEC	35
1.4 Analyse AMDEC du Caisson de remplissage sous vide :	36
1.4.1 Analyse fonctionnelle du caisson de remplissage sous vide	36
1.4.2 Décomposition matérielle du caisson de remplissage sous vide.....	37
1.4.3 Synthèse d'analyse AMDEC	38
1.5 Analyse AMDEC de la station de traitement d'huile :	40
1.5.1 Analyse fonctionnelle de la station de traitement d'huile.....	40
1.5.2 Décomposition matérielle de la station de traitement d'huile	42
1.5.3 Synthèse d'analyse AMDEC	43
1.6 Analyse AMDEC de la plate-forme des essais :	43
1.6.1 Analyse fonctionnelle de la plate-forme des essais.....	43
1.6.2 Décomposition matérielle de la plate-forme.....	44
1.6.3 Synthèse d'analyse AMDEC	46
2. PLAN D'ACTION DE MAINTENANCE CORRECTIVE ET AMELIORATIVE :	47
3. SYNTHESE DE REEVALUATION D'AMDEC 2 :	49
4. PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIVE :	53
4.1 Objectifs du PMP :	53
4.2 Actions de maintenance à prévoir dans le PMP :	53
4.3 Périodicité des interventions de maintenance préventive :	54
4.4 PMP des équipements névralgiques :	56
4.4.1 PMP du four	56
4.4.2 PMP du caisson de remplissage sous vide.....	57
4.4.3 PMP de la station du traitement d'huile	58
4.4.4 PMP de la plate-forme des essais	59
4.5 Planning de la maintenance préventive :	60
5. INDICATEURS DE SUIVI DE LA MAINTENANCE :	61
5.1 Indicateur organisationnel : Taux de réalisation de la maintenance préventive	61
5.2 Indicateur financier : Les coûts de maintenance :	62
5.2.1 Les coûts directs de maintenance.....	63
5.2.2 Les coûts des consommables et pièces de rechanges.....	64
5.2.3 Le budget de maintenance du four.....	65
5.2.4 Le budget de maintenance du caisson de remplissage sous vide :	66
5.2.5 Le budget de maintenance de l'appareil de traitement d'huile.....	67
5.2.6 Le budget de maintenance de la plate-forme des essais.....	68
5.2.7 Les coûts fixes de la maintenance.....	69
5.2.8 Les coûts de la maintenance sous-traitée	70
CONCLUSION.....	71
ANNEXES.....	72
BIBLIOGRAPHIE	114

Introduction Générale

La maintenance est l'une des fonctions de l'entreprise, mais elle n'est pas une fin en soi. À ce titre, elle est peu lisible et parfois méconnue des décideurs qui sous-estiment son impact. Et pourtant, elle devient une composante de plus en plus sensible de la performance de l'entreprise. Il est donc important de la faire mieux connaître.

Concevoir, produire et commercialiser sont des fonctions « naturelles » facilement identifiables et rarement négligées, à juste titre. Par contre, la maintenance n'est qu'un soutien à la production, son principal client. C'est donc une fonction « masquée », agissant comme prestataire de service interne et, de plus, fortement évolutive. Cependant, la maintenance prend une importance croissante et se révèle une des fonctions clés de l'entreprise. Alors que les tendances vers un degré plus élevé de l'automatisation et une complexité accrue des machines ne font que renforcer les besoins d'une entreprise d'avoir une approche formelle et structurée concernant la fonction maintenance.

Dans ce contexte, le rôle de la fonction maintenance prend une dimension encore plus importante. Elle permet d'augmenter la disponibilité et la fiabilité des équipements à la production, de réduire les pannes par des interventions périodiques et de contribuer à la réduction des accidents par le maintien adéquat du niveau de sécurité des équipements.

Dans cette optique, le service maintenance du groupe CAHORS a proposé ce projet de fin d'études intitulé : « Élaboration et la mise en place d'une politique de maintenance à l'usine TRANSFIX ». L'objectif de ce projet est l'élaboration d'un plan de maintenance afin d'éliminer l'imprévu et le hasard dû au problème de maintenance dans ses activités de production.

Le premier chapitre présente le contexte général du projet en commençant par une présentation sommaire de la société d'accueil. Les objectifs et la démarche du projet sont ensuite annoncés.

Le deuxième chapitre présente un diagnostic de la fonction maintenance en plus de l'inventaire et la codification de tous les équipements existants dans l'usine TRANSFIX. Ensuite la détermination des équipements critiques en utilisant une méthode basée sur la grille de criticité pour en finir avec une analyse des défaillances des équipements critiques en utilisant la méthode AMDEC.

Le troisième chapitre est consacré aux analyses AMEDC Moyen de production et au développement des différentes étapes pour élaborer un plan de maintenance préventive pour les équipements critiques, et la logistique de la maintenance en vue d'obtenir un budget global de la maintenance.

CHAPITRE I :

Aperçu général sur le projet

Le présent chapitre va établir une vue d'ensemble sur le projet, on va commencer par une présentation du groupe CAHORS. Puis, on va présenter le sujet d'étude, la démarche, et la méthodologie suivie en vue de répondre aux exigences du cahier des charges.

1. Présentation du groupe CAHORS ¹

Spécialiste de la distribution des énergies et des fluides, le Groupe Cahors propose des solutions techniques globales destinées à optimiser la distribution de l'électricité moyenne tension, la distribution et le comptage de l'électricité basse tension, le branchement et le comptage de l'eau et du gaz, les matériels de branchement pour les réseaux de communication. Le groupe est également spécialisé dans les équipements de stockage de l'eau chaude et glacée.

Groupe Cahors est un ensemble industriel et commercial composé de 18 filiales réparties sur les 5 continents. Ses savoir-faire se complètent et permettent d'étudier, de concevoir en synergie et de mettre en œuvre des solutions globales et évolutives, pour optimiser la distribution des énergies et des fluides partout dans le monde. Trois atouts portent la croissance de Groupe Cahors : la diversification produite, la complémentarité des métiers et la présence internationale.

La dimension humaine est omniprésente dans l'entreprise. C'est une dimension majeure, un gage de réussite industrielle et commerciale, une source d'épanouissement pour les femmes et les hommes du groupe.

Depuis ses origines, cette même dynamique anime Groupe Cahors. Sa stratégie prend en compte la dimension sociale et économique en mêlant intimement technologies et compétences.

CAHORS est présent au Maroc depuis 1986 à travers la société OGE certifiée ISO 9001 version 2008 et 14001 version 2004 qui fabrique dans son usine moderne et spacieuse de Casablanca des coffrets de comptage et de distribution électrique, des tableaux urbains réduits, ainsi que de nombreuses autres solutions comme les postes asservis pour la télégestion des réseaux MT, la télérelève et la détection de défauts MT qui sont installés au Maroc, en France, et en Afrique.

Ils sont un partenaire historique de l'ONE ainsi que de l'ensemble des régies du royaume pour lesquelles ils ont développé de nombreux produits spécifiques au marché marocain, notamment des solutions pour les réseaux BT IP2X.

¹ Rapport interne

Groupe Cahors a renforcé sa présence industrielle et commerciale au Maroc sur son site de Casablanca, avec la société TRANSFIX MAROC.

TRANSFIX MAROC est le fruit d'un partenariat entre la branche MT de Groupe Cahors et un acteur expérimenté dans le marché de la MT au Maroc.

1.1 Fiche technique de l'entreprise :

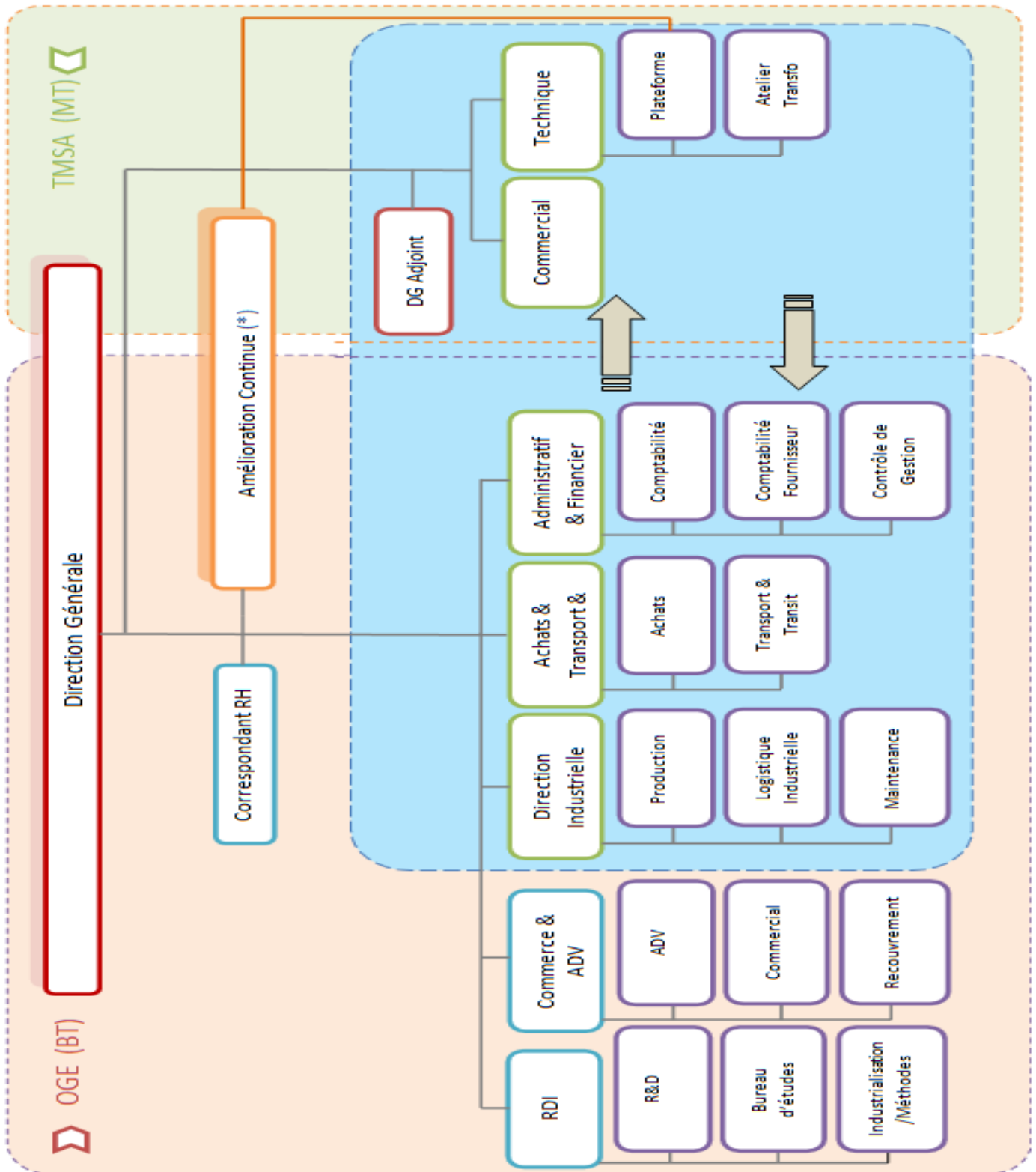
Raison sociale	TRANSFIX MAROC
Forme juridique	Société anonyme SA
Date de création	1986
Adresse	ZI, SAPINO 1 –LOT 12 - Nouaceur BP 50003 Casablanca
Capital social	3 000 000,00 Dirhams.
Domaine d'activité	❖ Transformation et connectique MT/BT.
Principaux produits	❖ Les transformateurs électriques
Principaux clients	❖ Les régies : LYDEC, REDAL et AMENDIS ❖ Les distributeurs, les installateurs et le marché Export
Effectifs	160 (Administrateurs : 31, Opérateurs : 129)
Superficie	10 000 m ²

[Tableau 2: fiche signalétique de la société TRANSFIX du groupe CAHORS²](#)

² Rapport interne

1.2 Organigramme³ :

Les relations hiérarchiques entre les différents services de l'entreprise sont formalisées par l'organigramme suivant :



³ Rapport interne

*Service QSE

1.3 Gamme des produits fabriqués au Maroc⁴ :

TRANSFIX MAROC produit une gamme diversifiée de transformateurs secs ou immergés huile, de 50 à 1250 kVA.




Caractéristiques	Type	Photo
TRANSFORMATEURS DE DISTRIBUTION SELON NORMES HN 52-S-20 / ONE ST D60 - P60	“poteau” H 61	
TRANSFORMATEURS DE DISTRIBUTION SELON NORMES HN 52-S-20 / ONE ST D60 - P60	“cabine” H 59	
TRANSFORMATEURS DE DISTRIBUTION À NIVEAU DE BRUIT RÉDUIT ET PERTES RÉDUITES “SÉRIE ORANGE”	“cabine” H 59	

Tableau 3: Produits fabriqués par l'entreprise

2. Présentation du sujet d'étude :

2.1 Contexte général du projet :

Ce projet académique industriel de fin d'études a été réalisé au sein du service maintenance du groupe CAHORS MAROC, et s'applique sur l'usine de TRANSFIX Maroc, qui dispose de plusieurs équipements contribuant de façon complémentaire à la fabrication d'un transformateur.

L'objectif de cette année pour TMSA est d'augmenter le chiffre d'affaire. Elle se distingue au niveau de sa performance industrielle par sa disponibilité, sa productivité, et la flexibilité de ses

⁴ Distribution Electrique MT, édition 2013 – 2014.

ressources, donc la défaillance d'un de ses équipements peut entraîner des conséquences directes sur la production, et donc sur sa productivité. D'où la nécessité d'établir une politique de maintenance efficace : s'orienter vers la maintenance préventive.

2.1.1 Contexte pédagogique du projet

Ce projet sera mené dans le cadre du projet de fin d'études, programmé dans le cursus d'ingénieur d'état en mécatronique de la FST Fès. L'objectif principal derrière ce travail, est d'intégrer le monde professionnel par la réalisation d'un projet réel dans une société, afin de développer les atouts acquis lors de la formation pédagogique.

2.1.2 Expression du besoin

Le besoin a été exprimé par le département de maintenance, ce dernier est censé présenter une politique de maintenance à la direction vu que TMSA n'a pas un plan de maintenance. Afin de caractériser le besoin exprimé, nous utiliserons le diagramme illustré par la figure suivante :

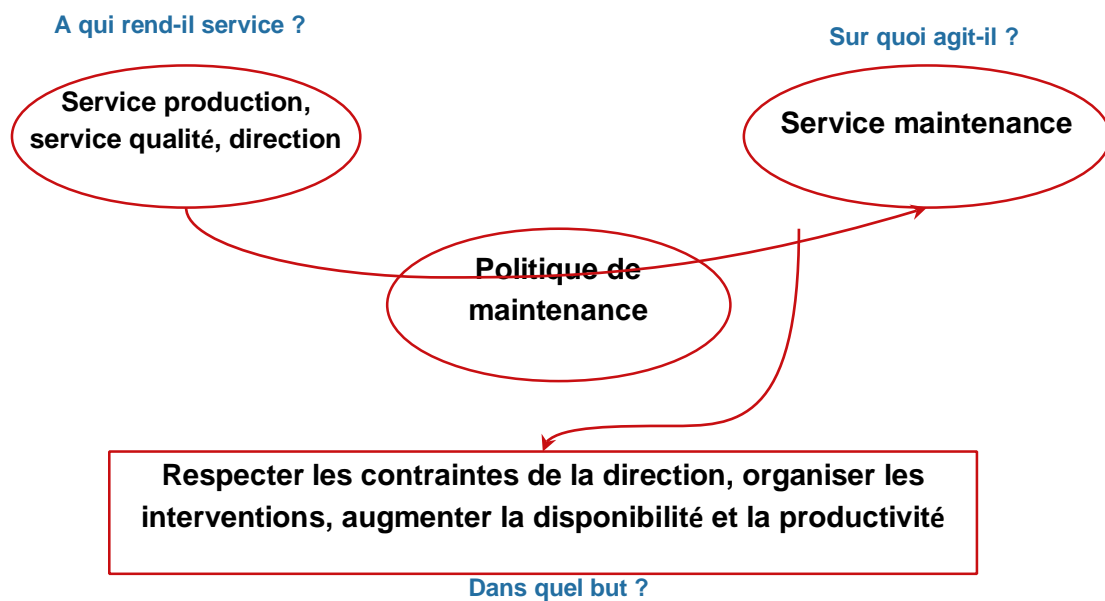


Figure 1 : Expression du besoin

2.1.3 Formalisation du problème

Dans le but de bien identifier le problème à traiter, nous allons utiliser l’outil « QQQQCP ».

	But	Question	cible
Qui ?	Description de personnes concernées	Qui est concerné ? Qui est intéressé par le résultat ?	Service maintenance Service production Service qualité Direction
Quoi ?	Description du problème	De Quoi s'agit-il ?	Arrêts, pannes, retards pénalisantes.
Où ?	Description des lieux	Où le problème apparaît- il ?	Usine TMSA
Quand ?	Description du temps	Quand le problème apparaît-il ?	Depuis l’installation des équipements et leur mise en service 2012
Comment ?	description de la manière	Comment faut-il intervenir ?	Classification AMDEC Moyen
Pourquoi ?	Explication des intentions	Pourquoi le problème doit être traité ?	TMSA doit avoir supprimé l’imprévu et les arrêts dûs au problème de maintenance dans ses activités de production.

Tableau 3 : Méthode QQQQCP

En absence de cette politique de maintenance efficace, la fonction maintenance se réduit à des tâches de dépannages fréquentes, il en résulte une augmentation des coûts de maintenance qui pénalisent la performance de l’entreprise.

Pour cela TMSA doit avoir supprimé les arrêts et pannes dûes aux problèmes de maintenance dans ses activités de production. Cette problématique requiert « **l’élaboration et la mise en place d’une politique de maintenance pour les équipements de l’usine TRANSFIX Maroc** ».

2.1.4 Contraintes

La gestion de ce projet doit tenir en compte les contraintes suivantes :

↳ *Contraintes de temps*

- Les résultats doivent être représentés le plus tôt possible à la direction usine.
- Le temps dédié à ce travail est limité à 4 mois.

↳ *Contraintes générales*

- Absence de documentation
- Absence d'historique d'intervention
- les fournisseurs des équipements sont tous à l'étranger
- Documentation en allemand ou en portugais

2.1.5 Objectifs

la formalisation du problème nous a permis de déterminer les objectifs suivants:

- La mise en œuvre d'un plan de maintenance préventive ;
- La définition et le suivi des interventions curatives ;
- La mise en place d'un budget global de maintenance ;
- La mise en place d'une gestion des achats et des stocks de pièces de rechange et consommables ;

2.1.6 Acteurs du projet

Mr. M'HALA Mohammed : Responsable plateforme des essais et SAV.

Mr. EZZAQQAQY Abdelatif : Responsable atelier transformateurs.

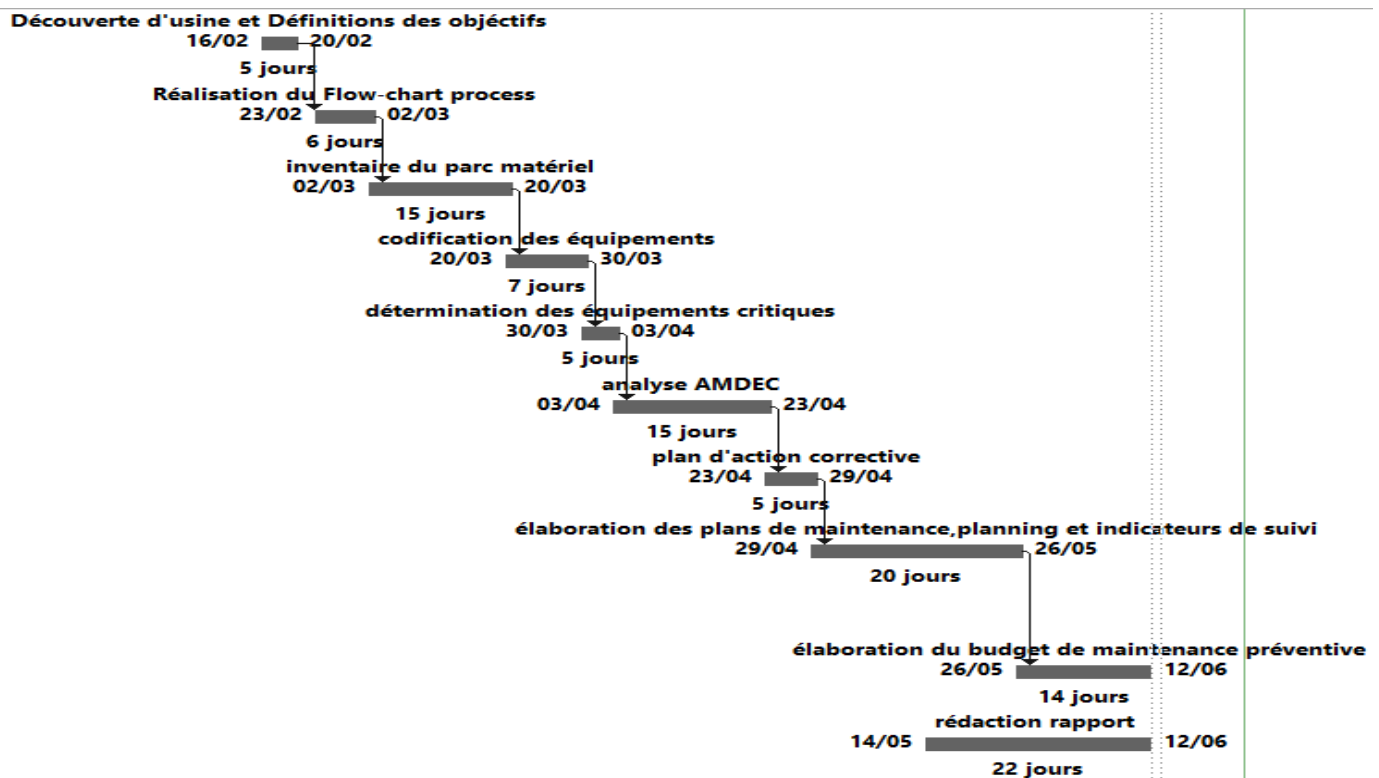
Mr. AIOUJIL Lahoucine : Responsable qualité produits et fournisseurs.

Mr. EL JEMLI Anass, élève ingénieur en mécanique.

Mr. MOUMEN Abdelghafour, Responsable Maintenance au groupe CAHORS.

2.2 Planification et démarche du projet :

2.2.1 Planification (Diagramme de GANTT) :



2.2.2 Stratégie de conduite de projet

↳ Découverte de l'usine :

Dans cette étape, il était nécessaire de bien découvrir l'usine, ses différents services, et sa structure organisationnelle. Nous avons pu établir le flow-chart process, qui décrit bien le processus de fabrication d'un transformateur depuis son arrivée comme matière semi-finie jusqu'à sa finition tout en déterminant la durée de chaque étape.

↳ Etat de lieu et analyse de l'existant :

Un diagnostic a été fait en vue de recueillir des informations sur l'existant pour réaliser par la suite un inventaire des équipements, le classement de leurs documentations, puis vient la définition d'historique des pannes, finalement nous avons relevé le budget de maintenance des années précédentes.

↳ Définitions des équipements critiques et choix de la politique de maintenance :

Nous avons établi une grille de criticité pour pouvoir définir les équipements critiques pour pouvoir choisir la politique de maintenance, puis nous avons passé à la réalisation de l'AMDEC Moyen en vue d'approfondir, d'analyser les pannes, et optimiser la maintenance.

↳ **Concevoir les plans de maintenance préventive :**

Après avoir extrait les résultats de l'analyse AMDEC, ils seront exploités pour élaborer les plans de maintenance préventive des équipements. Ces plans de maintenance ont pour but d'améliorer la fiabilité des équipements ainsi que de prévoir une meilleure gestion des pièces de rechanges et des consommables.

↳ **Gestion des consommables, des pièces de rechanges, des fournisseurs et des sous-traitants :**

À la lumière de l'analyse AMDEC, la méthode de NOIRET, et les plans de maintenance préventive, nous allons adopter une meilleure gestion de la logistique de la maintenance en définissant et mettant en stock les différentes pièces de rechanges et consommables nécessaires, ainsi que la définition du réseau des sous-traitants.

↳ **Elaboration du budget global de la maintenance et des indicateurs de suivi :**

Cette dernière étape va nous permettre d'estimer le coût annuel global de la maintenance à travers les coûts de la main d'œuvre, des pièces de rechanges et des consommables. Deux indicateurs vont permettre le suivi et l'optimisation de la fonction maintenance par la suite.

CHAPITRE II :

Diagnostic de l'état actuel et choix de la politique de maintenance

Dans ce chapitre, nous avons présenté un Flow-chart process de fabrication, en plus d'un diagnostic de l'état actuel de la fonction maintenance, nous présenterons aussi un inventaire et la codification de tous les équipements existants dans l'usine. Ensuite nous déterminons les équipements critiques. Enfin on va pouvoir choisir la politique de la maintenance relative pour chaque équipement.

1. Flow-chart Process :⁵

1.1 Présentation :

Le flow-chart (schéma de description des opérations) présente graphiquement un processus de travail en se centrant sur l'information qui circule entre les intervenants. Il permet de :

- Représenter chronologiquement les traitements effectués dans le processus.
- Faciliter l'analyse critique.
- Décrire un processus cible et notamment de positionner les contrôles.

Les flow-chart sont utilisés dans la conception et la documentation des processus ou de programmes complexes. Comme d'autres types de diagrammes, ils permettent de visualiser ce qui se passe et ainsi aider les gens à comprendre un processus, et à trouver des failles, des goulets d'étranglement, et d'autres caractéristiques moins évidentes en son sein.

1.2 Comment faire :

- Réaliser l'analyse
 - Identifier les différents acteurs concernés ;
 - Identifier les différents supports d'information échangés, en différenciant les supports d'information permanents (utilisables plusieurs fois) et les supports d'information non permanents (utilisables une fois) ;
 - Identifier les différents traitements réalisés en différenciant ceux effectués par une personne, par une machine ou par une personne à l'aide d'une machine ;
 - Faire figurer ces informations dans un tableau présentant les canaux de circulation des informations.
- Critiquer
 - S'interroger sur la capacité du processus à répondre à ses finalités (fonctions principales, secondaires, d'estime et de contraintes) ;
 - Evaluer les performances économiques du processus (valeur des traitements : transformation, contrôle, déplacement, recherche, classement et attentes) ;
 - Evaluer les performances sociales du processus (intérêt du travail, degrés d'autonomie et de responsabilisation des personnes concernées, ...) ;

⁵ Henri-Pierre Maders, Etienne Clet, *Pratiquer la conduite de projet*. Editions d'Organisations.

- Evaluer la sécurisation du processus (séparation des fonctions d'autorisation, de réalisation et de validation, exhaustivité des traitements, réalité des informations, enregistrements des entrées et des sorties, mémorisation des pièces, comptabilisation des opérations et de leur contrepartie comptable...).

1.3 Forme du flow-chart processus de fabrication :

Avant d'obtenir un transformateur opérationnel, la société TRANSFIX MAROC reçoit les parties actives envoyées depuis TRANSFIX TOULON, puis il passe par divers étapes : montage, étuvage, mise en cuve, remplissage, sous pression, contrôle d'étanchéité et finalement la plateforme des essais.

Le Flow-chart processus est en annexe 1.

2. Diagnostic de l'état actuel :

Pour avoir un programme efficace de la gestion de la maintenance, il faut connaître d'abord les processus de maintenance déjà existants, les priorités accordées aux équipements, machines de production et leur criticité. Pour ce faire nous procédons à un diagnostic qui consiste à analyser à travers un questionnaire, l'état actuel de la fonction maintenance.

2.1 Présentation de la méthode de diagnostic :⁶

Développée par Yves LAVINA, cette méthode consiste à détecter les éventuels écarts entre la situation actuelle et une situation de référence visée : « la norme », elle se base sur l'analyse de fonctionnement de la maintenance selon une dizaine de chapitres :

- 1) **Organisation générale** : Couvre les procédures générales d'organisation du service et les éléments de sa politique.
- 2) **Méthodes de travail** : Assure une préparation du travail avec, en particulier, les estimations de temps, les méthodes d'intervention.
- 3) **Suivi technique des équipements** : Regroupe toutes les actions d'analyse, et de traitement des informations concernant les installations.
- 4) **Gestion de portefeuille des travaux** : Couvre le traitement des demandes de travaux et des plans de maintenance, programmation, ordonnancement, lancement.
- 5) **Tenue de stocks de pièces de rechange** : Comment sont tenus les stocks ? Comment les pièces sont-elles stockées ? Quels modes de gestion sont-t-ils adoptés ?

⁶ Yves LAVINA – *Audit de la maintenance*. Edition d'organisation, Paris, 1992.

6) **Achats et approvisionnements de pièces et matières** : Vérifier si les procédures permettent-elles de s'approvisionner (commandes, contrats et marchés) dans de bonnes conditions, auprès des fournisseurs les plus appropriés.

7) **Organisation matérielle atelier maintenance** : De nombreuses tâches sont à réaliser en atelier : il doit y avoir des postes de travail bien équipés, des conditions et un espace de travail convenables.

8) **Outils** : Les métiers de la maintenance demandent à être de mieux en mieux outillés et doivent disposer de nombreux moyens de manutention. Cela demande une organisation et une gestion sérieuses.

9) **Documentation technique** : Il faut avoir une documentation complète, avec un accès facilité par un classement irréprochable et bénéficiant d'une mise à jour systématique.

10) **Personnel et formation** : Evaluer les compétences du personnel ainsi que le climat de travail.

11) **Contrôle de l'activité** : Tableau de bord, système d'informations comptes rendus d'activité et d'élaboration du budget.

12) **Sous-traitance** : A-t-on de bons contrats ? Evalue-t-on les sous-traitants ? Comment assurer les suivis sur site ?

2.2 Principe d'utilisation de la méthode :

Pour mener à bien ce diagnostic, les questionnaires de LAVINA sont remplis en collaboration avec les responsables du service technique et maintenance. Les réponses possibles sont :

- « **oui** » : la fonction, l'action ou le moyen sont opérationnels et donnent satisfaction et sont contrôlés par des indicateurs d'efficacité.
- « **plutôt oui** » : la fonction, l'action ou le moyen sont opérationnels donnent apparemment satisfaction mais ne sont pas évalués.
- « **ni oui ni non** » : la fonction, l'action ou le moyen sont opérationnels mais ne donnent pas encore satisfaction.
- « **plutôt non** » : la fonction et l'action sont remplies en partie où sont en phase de mise en place. Le moyen vient d'être acquis et est en phase de mise en service.
- « **non** » : la fonction et l'action ne sont pas remplies ou le moyen n'existe pas.

La méthode de remplissage du diagnostic consiste à colorer le nombre indiqué dans la colonne se rapprochant le plus de l'appréciation portée pour la question posée. Donc, une note correspondante sera attribuée pour chaque réponse, qui varie en fonction de l'importance de la question, les critères

de cotation sont détaillés dans le tableau 4. Ensuite un sous-total est calculé pour chacune des rubriques.

Cotation en %	Critères
0	La fonction et l'action ne sont pas remplies ou le moyen n'existe pas.
25	La fonction et l'action sont presque remplies ou sont en phase de mise en place, le moyen vient d'être acquis.
50	La fonction, l'action, le moyen sont opérationnels mais ne donnent pas encore satisfaction.
75	La fonction, l'action, le moyen sont opérationnels et donnent, apparemment, de satisfaction mais ils ne sont pas évalués.
100	La fonction, l'action, le moyen sont opérationnels et donnent de satisfaction et sont évalués par des indicateurs d'efficacité.

Tableau 4 : Cotation de la méthode LAVINA

2.3 Résultat du diagnostic :

L'ensemble des résultats qu'on a pu tirer sont présentés suivant le score obtenu, le score maximum possible, et le pourcentage de satisfaction. Ceci est bien résumé dans le tableau suivant :

Domaines d'analyse	Score obtenu	Score maximal	Pourcentage de satisfaction
Organisation générale	18	55	33%
Méthodes de travail	17	55	31%
Suivi technique des équipements	16	50	32%
Gestion portefeuille des travaux	16	55	29%
Tenue de stocks de pièce de rechange	15	40	38%
Achats et approvisionnements de pièces et matières	35	40	88%
Organisation matérielle atelier maintenance	34	45	76%
Outillages	28	45	62%
Documentation technique	14	40	35%
Personnel et formation	38	70	54%
Sous-traitance	32	50	64%
Contrôle de l'activité	12	45	27%
SCORE TOTAL	275	590	47%

Tableau 5 : Résultats du diagnostic par la méthode LAVINA

➤ Le niveau de satisfaction est de **47%**.

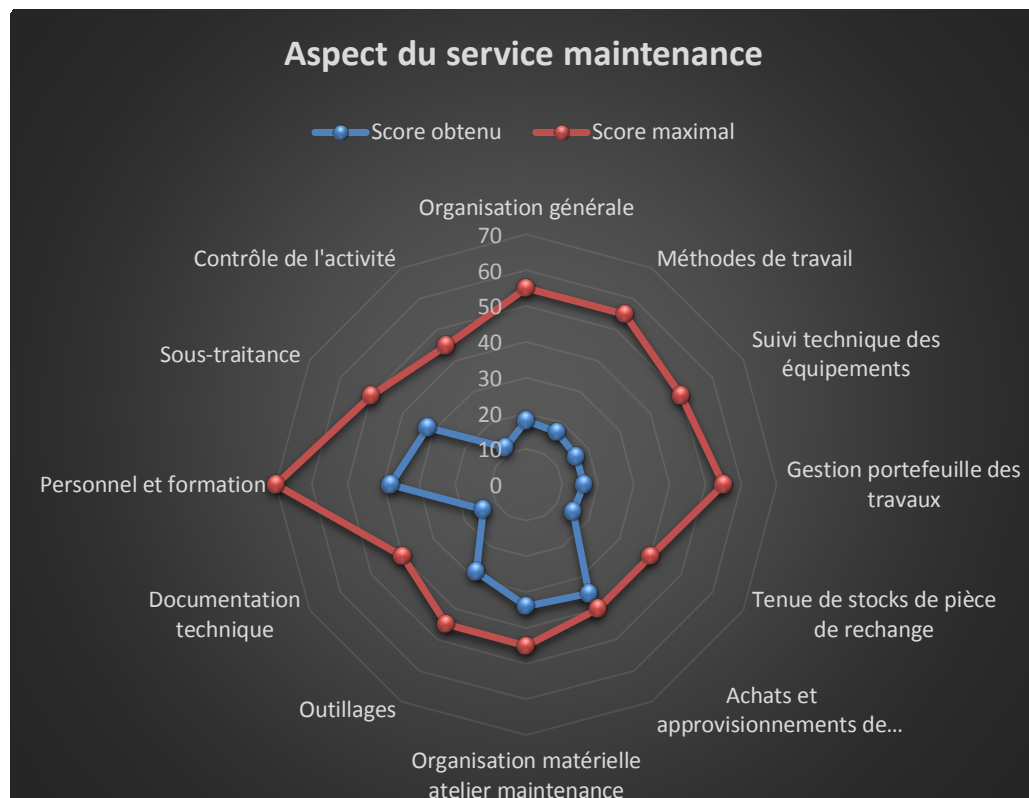


Figure 2 : Profil de la fonction maintenance en graphe radar

2.4 Interprétation des résultats :

La comparaison entre les modules et le niveau de satisfaction nous a permis d'identifier les rubriques présentant les faiblesses ou dont l'action est prioritaire. Ce sont sept rubriques dont le pourcentage de satisfaction est inférieur au niveau de satisfaction. Ces domaines sont :

- Organisation générale
- Méthodes de travail
- Suivi technique des équipements
- Gestion portefeuille des travaux
- Tenue de stocks des pièces de rechange
- Documentation technique
- Contrôle de l'activité

3. Inventaire et codification du parc matériel

Pour mettre en place une politique de maintenance d'une grande efficacité, il importe de comprendre les phénomènes de défaillances ou de dégradations ainsi que le mécanisme de fonctionnement des équipements.

Nous allons commencer, en premier lieu par élaborer un inventaire des différents systèmes fonctionnels ainsi qu'une codification du parc matériel. Nous allons ensuite établir une grille de criticité afin de déterminer les équipements critiques. Enfin nous allons réaliser une étude AMDEC pour les équipements critiques.

3.1 Inventaire :

L'inventaire complet du parc d'équipement est nécessaire à la mise en place d'un plan de maintenance. Comment peut-on maintenir ce que l'on ne connaît pas ? L'inventaire d'un équipement comprend plusieurs informations cruciales pour l'exploitation de cet équipement.

3.1.1 Classification du matériel

La connaissance du matériel nécessite d'abord sa classification. On distingue deux types de matériel :

Le matériel de production : Il contient toutes les machines et équipements qui permettent la fabrication des différents produits.

Le matériel périphérique : Il englobe des équipements satellites pour toute installation industrielle à savoir : les pompes d'alimentation, appareils de levage et de manutention, et auxquels s'ajoutent des aménagements tels que : canalisations de fluides, lignes électriques, chemins de câbles, éclairage,...etc.

Dans notre cas on a procédé la classification par zone de production.

Zone	Equipement	Type de matériel
Montage de la partie active	Décapeuse	production
	Ratio mètre	production
	Transpalette manuelle	périphérique
	Visseuse pneumatique	production
	Pont roulant	production
	chariots	périphérique
Étuvage	Four pour étuvage	production

Zone	Equipement	Type de matériel
Remplissage sous vide	Caisson de remplissage sous vide	production
Traitement d'huile	Testeur d'huile	production
	Appareil de traitement d'huile	production
	Pompe d'alimentation	périphérique
	Pompe retour huile usée	périphérique
	Pompe fosse	périphérique
test d'étanchéité	Table élévatrice	périphérique
	Pompe d'évacuation	périphérique
	Manomètre	périphérique
Plateforme de test	Plateforme	production

Tableau 6 : Type de classification du matériel

Chacun des équipements inventoriés sera par la suite codifié pour permettre la gestion des dossiers d'entretien (fiche technique, fiche historique, fiche de maintenance préventive).

3.2 Codification des équipements :

La codification est une nomenclature permettant d'identifier l'inventaire du parc à maintenir. Généralement, elle est établie suivant une logique de mise en famille arborescente. Elle permet la gestion technique et économique du service par la possibilité d'imputation des défaillances et des coûts à des secteurs, à des types de machines.

L'AFNOR propose la structure suivante, qu'il faut évidemment adapter au contexte.

Ensemble ? Service ? Localisation ? Type (famille) ? Machine ? Groupe fonctionnel ?

Ensemble	Service	Type	Machine	Groupe Fonctionnel	Module	Pièce
----------	---------	------	---------	-----------------------	--------	-------

Après avoir établi un inventaire des différents équipements, notre groupe de travail (Responsable maintenance, ingénieur maintenance stagiaire, responsable atelier production, et responsable plate-forme) s'est réuni afin de proposer une structure de codification adaptée à notre parc matériel.

Le problème rencontré est celui de vouloir codifier en utilisant la localisation ou la zone où se trouve chaque équipement. Cette codification s'avère moins flexible, du coup nous avons décidé de codifier les pièces de rechange et le parc matériel de la façon suivante :

Codification parc matériel

Atelier	Équipement	Ensemble	Sous-ensemble	Type d'organe	Organe
---------	------------	----------	---------------	---------------	--------

3.2.1 Code atelier

À l'usine CAHORS on distingue deux grandes sociétés de fabrication qui sont gérées par le même département maintenance. La première c'est OGE qui est spécialisé dans la fabrication des coffrets de comptage, qui n'est pas concernée par cette étude, et TRANSFIX qui est concernée par cette étude.

Le choix du T8 est justifié par le fait de garder une cohérence dans la codification sur la GMAO vu que le groupe travaille par le code 8 pour OGE.

Atelier	code
OGE	8
TRANSFIX	T8

Tableau 7 : Codification des ateliers

3.2.2 Code équipement

Concernant la codification des équipements qui composent notre parc matériel nous allons nous intéresser juste aux équipements de production.

Équipement	Code
Décapeuse	D
Visseuse pneumatique	VP
Pont roulant	PR
Four pour étuvage	F
Caisson de remplissage sous vide	C
Testeur d'huile	TS
Appareil de traitement d'huile	T
Plate-forme	PF

Tableau 8 : Codification des équipements de production

3.2.3 Ensemble

C'est la décomposition fonctionnelle de l'équipement.

Sous ensemble : dans la même logique que celle de l'ensemble ;

Type d'organe : désigne la nature de l'organe.

type d'organe	désignation
électrique	0
électronique	1
mécanique	2
hydraulique	3
pneumatique	4
électropneumatique	5
divers	6

Tableau 9 : Codification selon type d'organe

Organe : c'est le dernier élément de la décomposition fonctionnelle de l'équipement

Exemples : La codification T8-T-AR-P0000 = Sectionneur.

La codification T8-T-AR-P0001 = Transformateur.

AR : Armoire électrique ; P : Partie Puissance. (Voir décomposition fonctionnelle)

Atelier									
Equipement									
Ensemble									
Sous ensemble									
Type d'organe									
Organe									
codification						désignation			
T8	T	AR	P	0	000	sectionneur			
T8	T	AR	P	0	001	transformateur			

La codification du parc matériel est présentée dans l'annexe 9.

4. Détermination des équipements critiques :

Pour le bon fonctionnement d'un service maintenance, il est nécessaire de définir les équipements critiques. La notion de criticité revêt un caractère fondamental en maintenance. En effet, une attention particulière devrait être accordée aux équipements critiques en vue d'améliorer leur fiabilité, leur disponibilité et le rendement global de l'entreprise.

Une classification des équipements a été faite pour en tirer les plus névralgiques.

4.1 Classification des équipements :

Cette étape a pour but de classer les équipements de production par ordre de priorité et qui seront sujet d'une analyse AMDEC.

4.1.1 Méthodologie

La classification consiste à noter 7 critères liés au fonctionnement de l'équipement et à son impact sur le produit et sur le personnel (tableau 10). Il s'agit de l'état de l'équipement, son impact sur la production, la sécurité, et la qualité ainsi que la maîtrise de l'équipement par les techniciens et aussi la disponibilité d'une bonne logistique de maintenance et enfin son impact sur l'environnement.

La criticité de l'équipement est ainsi définie en fonction de la valeur de chacun des critères d'évaluation.

Les critères d'évaluation sont définis ainsi :

- **Etat de l'équipement** : il reflète l'état actuel de l'équipement.
- **Impact sur la production** : il reflète l'influence de la panne de l'équipement sur la productivité de l'unité.
- **Impact sur la sécurité** : Il reflète les degrés d'effets négatifs sur la sécurité.
- **Impact sur la qualité** : il reflète l'influence de la panne de l'équipement sur la qualité du produit.
- **Maîtrise du process** : Il est lié au niveau et à la diversité de la technicité ainsi que la connaissance des techniciens de la technologie.
- **Logistique de maintenance** : Il reflète la dépendance du service maintenance à l'extérieur.
- **Impact sur l'environnement** : il reflète l'impact des équipements ainsi que les produits sur l'environnement.

<i>Critères</i> / <i>note</i>	1	3	5	7
Etat de l'équipement	Neuf et / ou sous garantie	Bon état	Mauvais état	À rénover
Impact sur la production	Arrêt sous risque notable sur la production	Arrêt entraînant une perte de production d'une journée	Arrêt entraînant une perte de production de 2 jours	Arrêt entraînant une perte de production au-delà de 2 jours
Impact sur la sécurité	Nul	Faible	Moyen	Grave
Impact sur la qualité	Problème mineur	Problème du rejet ou modification possible	Problème difficile à détecter et/ou équipement à calibrer	Problème non détectable / retour client
Maîtrise du process	Personnel maintenance maîtrise parfaitement le process	Dépendance externe faible, conseils parfois nécessaire	Dépendance externe moyenne / fréquente	Dépendance externe élevée
Logistique de maintenance	documentation technique et pièces en stock sont suffisantes	documentation technique n'est pas à jour et pièces de rechange disponible localement	Manque de documentation et pièces de rechange disponible au niveau international	Pas de documentation et pièces de rechange ne sont plus fabriquées
Impact sur l'environnement	Nul	Faible	Moyen	Grave

Tableau 10 : Grille de criticité

Après avoir noté chaque équipement, nous avons établi un seuil à partir duquel nous avons considéré que chaque équipement qui a eu une notation supérieure au seuil est considéré par la suite un équipement critique. Chaque équipement critique sera soumis à une analyse AMDEC afin d'évaluer la criticité de ces éléments et de leur impact sur la disponibilité de l'équipement. Le seuil a été fixé à 25, le résultat de l'évaluation des équipements critiques est donné au tableau suivant :

Equipements	Critères de criticité							C
	E	P	S	Q	MP	LM	EV	
Four	3	7	7	7	5	7	7	43
Plate-forme des essais	3	7	7	7	3	5	5	37
Ratio-mètre	3	7	3	7	7	5	1	33

Equipements	Critères de criticité							C
	E	P	S	Q	MP	LM	EV	
caisson de remplissage	3	7	7	5	5	5	1	33
traitement d'huile (global)	3	7	5	5	3	5	5	33
Support pont roulant	3	7	7	1	7	5	1	31
Testeur d'huile	3	5	1	5	7	7	1	29
décapeuse	3	3	1	1	7	5	1	21
aspirateur	3	3	1	5	1	7	1	21
Nettoyeur à vapeur	7	1	1	1	7	3	1	21
chariots	5	1	7	1	1	3	1	19
fer à souder	3	1	1	3	7	3	1	19
Table élévatrice	3	1	7	1	1	5	1	19
pompe évacuation huile usée	7	1	1	1	3	3	1	17
transpalette manuelle	7	1	1	1	1	3	1	15
support	3	1	7	1	1	1	1	15
pompe alimentation traitement	3	3	1	1	3	3	1	15
pompe sous pression	3	1	1	1	3	3	1	13
Pompe retour huile bonne	3	1	1	1	3	3	1	13
pompe retour huile usée	3	1	1	1	3	3	1	13
pompe fosse	3	1	1	1	3	3	1	13
pompe réception	3	1	1	1	3	3	1	13

Tableau 11 : Résultats de l'évaluation de la criticité des équipements

5. Choix de la politique de la maintenance :

Après avoir tiré les équipements critiques, il était nécessaire de choisir la politique de la maintenance la plus convenable et adaptée pour les différents équipements de l'usine, à partir des exigences de la réglementation, du retour d'expériences, et d'un outil de l'abaque de Noiret.

5.1 Abaque de NOIRET :⁷

Afin d'aider au choix de la forme de maintenance à mettre en œuvre, des outils « d'aide à la décision » existent, parmi ces outils l'abaque de Noiret, qui permet d'opter pour une stratégie préventive ou corrective à appliquer à un équipement. C'est un outil de calcul scientifique qui permet d'orienter le choix de la politique de maintenance en fonction :

- des caractéristiques de l'équipement.
- de son utilisation.

Elle est basée sur les critères suivants :

- a) L'âge de l'équipement.
- b) Son interdépendance : dans quelle mesure est-il vital pour la production.
- c) Son coût.
- d) Sa complexité et son accessibilité.
- e) Sa robustesse et sa précision.
- f) Son origine : National ou étranger.
- g) Son utilisation dans le temps.
- h) Les conséquences de ses défaillances sur les produits.
- i) Les délais de production qui lui sont liés.

Dans cet outil, 9 facteurs de choix adaptés à un environnement industriel. Chaque critère se décline en plusieurs options qui chacune correspond à un certain nombre de points. Les points ainsi obtenus sont additionnés, et le choix de la maintenance se fait suivant ce tableau :

Domaine	Recommandation
160 à 340	Maintenance corrective obligatoire
340 à 515	Maintenance corrective souhaitable
515 à 565	Zone incertaine avec maintenance préventive possible
565 à 740	Maintenance préventive souhaitable
740 à 915	Maintenance préventive obligatoire

Tableau 12 : Cotation pour l'abaque de Noiret

⁷ <http://crrta.fr/wp-content/uploads/2013/07/59-Maintenance-labaque-de-Noiret.pdf>.

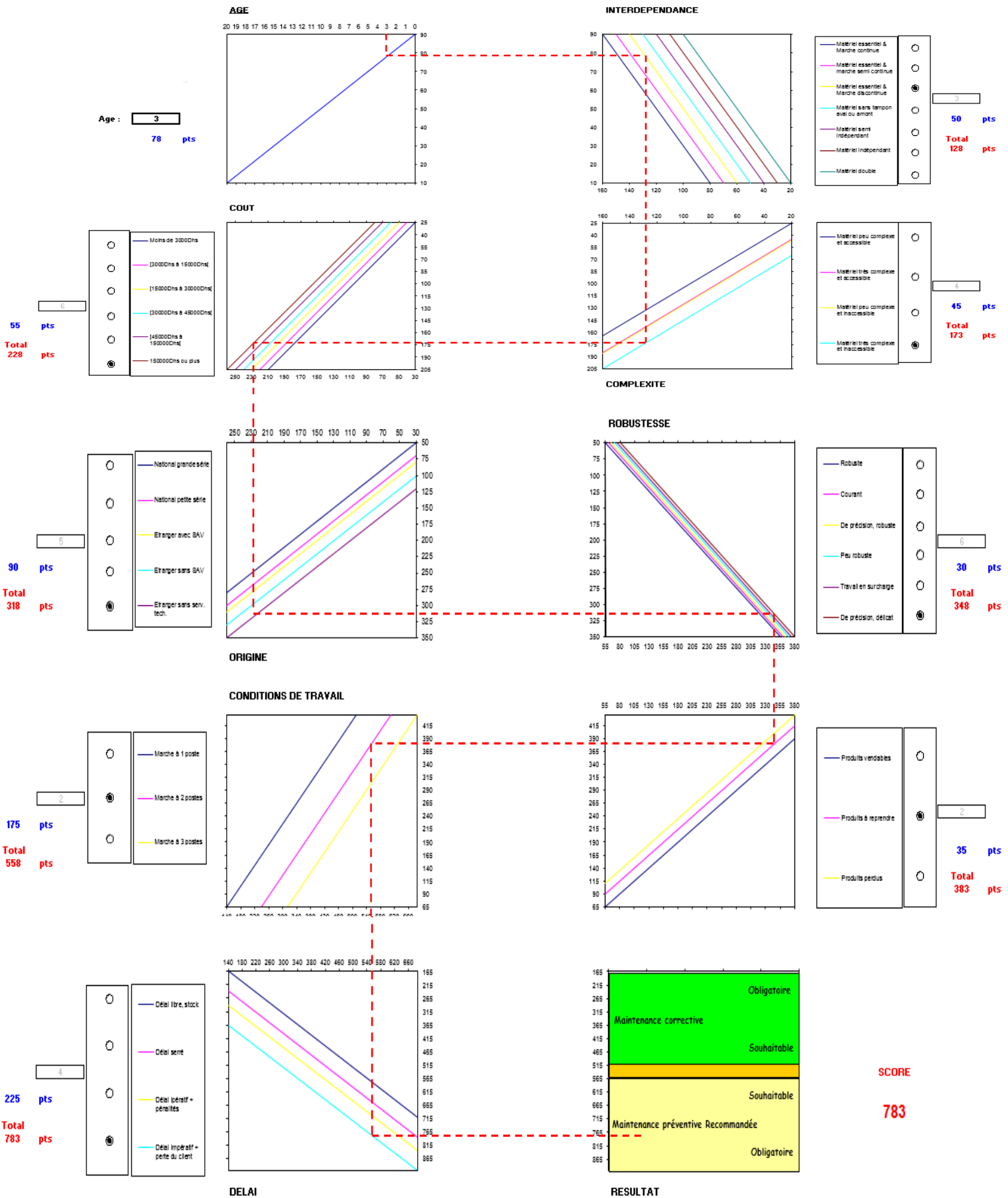


Figure 3 : Abaque de Noiret appliquée au four

5.2 Exploitation des résultats :

Lors d'une réunion de l'équipe de travail du projet, et à l'aide de l'outil d'aide à la décision (Annexe7) et le retour d'expériences, nous avons conclu que 3 équipements doivent être sous-traités auprès d'un organisme agréé, et 4 équipements nécessitent une maintenance préventive, mais aussi avec un plan d'action de la maintenance corrective et améliorative quoi doit être mis en œuvre.

Équipements	Score	Choix du mode de maintenance
Four	783	Maintenance préventive souhaitable
Plate-forme des essais	793	Maintenance préventive souhaitable
Ratio-mètre	-	Maintenance sous-traitée
Caisson de remplissage sous vide	698	Maintenance préventive souhaitable
Station de traitement d'huile	763	Maintenance préventive obligatoire
Pont roulant	-	Maintenance sous-traitée
Testeur d'huile	-	Maintenance sous-traitée

Tableau 13 : Résultat d'application de l'abaque du Noiret sur les équipements critiques

Par la suite, et pour s'approfondir et mieux élaborer le plan d'action de la maintenance corrective et améliorative, ainsi que les plans de maintenance préventive, on aura recours à l'analyse AMDEC moyen de production.

CHAPITRE III

Mise en place des plans de maintenance préventive et logistique de la maintenance

Dans ce chapitre, on va présenter les analyses AMDEC moyen de production et les plans de maintenance préventive pour les équipements névralgiques, ainsi que la politique de gestion de la logistique de la maintenance en vue d'obtenir vers la fin un budget global de la maintenance.

1. Analyse AMDEC Moyen de production :⁸

1.1 Définition :

L'AMDEC - Moyen de production, plus souvent appelée AMDEC-Moyen, permet de réaliser l'étude du moyen de production lors de sa conception ou pendant sa phase d'exploitation.

Pour un moyen de production en cours d'exploitation, la réalisation d'une AMDEC permet l'analyse des causes réelles de défaillance ayant pour conséquence l'altération de la performance du dispositif de production. Cette altération de performance se mesure par une disponibilité faible du moyen de production.

Dans ce cas de figure, l'analyse est conduite sur le site, avec des récapitulatifs des pannes, les plans, les schémas, etc.

L'objectif est généralement ici de :

- Connaître l'existant ;
- Améliorer ;
- Optimiser la maintenance (gamme, procédures, etc.) ;
- Optimiser la conduite (procédures, modes dégradés, etc.).

1.2 Méthodologie :

1.2.1 Initialisation

Il s'agit d'une étape préliminaire qui est menée par le responsable de l'étude avec l'aide de l'animateur, puis précisée avec le groupe de travail. Elle consiste aussi à poser clairement le problème, définir le contenu et les limites de l'étude à mener et à réunir tous les documents et informations nécessaires à son bon déroulement.

1.2.2 Décomposition fonctionnelle

Etape indispensable pour analyser ensuite les risques de dysfonctionnement. Elle facilite l'étape ultérieure d'analyse des défaillances. Elle comprend un découpage du moyen de production en sous-systèmes jusqu'au niveau de décomposition souhaité (composant élémentaire ou module dont on peut faire l'échange standard).

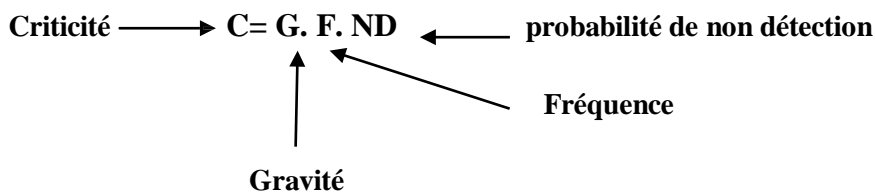
⁸ Michel RIDOUX, AMDEC-Moyen, AG 4 220, Techniques de l'Ingénieur, traité L'entreprise industrielle.

1.2.3 Analyse AMDEC

La maintenance d'un équipement critique pour une manufacture doit être rigoureuse. Il est donc souhaitable de contrôler au lieu de subir les pannes imprévues. Ces pannes peuvent amener une augmentation des coûts de maintenance, des dangers pour les travailleurs ou un arrêt de production.

Afin de faire une bonne maintenance, il faut bien connaître notre équipement ainsi que les différents modes de défaillances. Il est possible par la suite de déterminer les causes probables et d'en évaluer l'impact sur l'environnement. La méthode utilisée pour faire cette tâche laborieuse est la méthode AMDEC.

L'analyse AMDEC proprement dite consiste à identifier les dysfonctionnements potentiels ou déjà constatés d'une machine, à mettre en évidence les points critiques et à proposer des actions correctives pour y remédier. En pratique, on procède souvent à une estimation approximative qui se traduit par une note attribuée pour le groupe AMDEC, ils s'agit donc d'une échelle de notation.



Ensemble	Four										
sous-ensemble	système de chauffage										
Equipement	Organe	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	Détection	criticité				Actions apportées
							F	G	ND	C	Actions

Figure 4 : Grille AMDEC utilisée

↳ Barème de cotation des indices F, G et ND

L'évaluation des risques potentiels se traduit par le calcul de la criticité. Cela consiste à affecter au mécanisme de défaillance un niveau de criticité élaborée à partir de trois indices indépendants qui sont la fréquence, la gravité, et la probabilité de non-détection, dont les barèmes sont respectivement donnés par les tableaux suivants.

Valeur de F	Fréquence d'apparition de la défaillance
1	Défaillance pratiquement inexistante Fréquence du défaut est supérieure à un an
2	Défaillance rarement apparue sur un matériel Fréquence du défaut est comprise entre 6 mois et 1 an
3	Défaillance occasionnellement apparue sur le matériel Fréquence du défaut est comprise entre 1 mois et 6 mois
4	Défaillance fréquemment apparue sur un composant ou sur le matériel Fréquence du défaut est inférieure à 1 mois

Tableau 14 : Grille de cotation des fréquences de défaillances pour AMDEC

Valeur de G	Gravité de la défaillance : TI, Sécurité
1	Défaillance mineure aucune dégradation notable du matériel Temps d'intervention $TI \leq 1h$
2	Défaillance moyenne nécessitant une remise en courte durée Temps d'intervention $1h < TI \leq 4h$
3	Défaillance majeure nécessitant une intervention de longue durée Temps d'intervention $4h < TI \leq 8h$
4	Défaillance catastrophique très critique nécessitant une grande intervention Temps d'intervention $TI > 8h$
5	Accident pouvant provoquer des problèmes de sécurité des personnes

Tableau 15 : Grille de cotation des gravités de défaillances pour AMDEC

Valeur de ND	Détection de la défaillance
1	Détection totale de la cause initiale ou du mode de défaillance assuré par des dispositions permettant ainsi d'éviter l'effet le plus grave provoqué par la défaillance.
2	Il existe un signe avant-coureur de la défaillance mais il y a risque que ce signe ne soit pas perçu par l'opérateur. La détection est exploitable.
3	La cause et/ou le mode de défaillance sont difficilement décelables ou les éléments de détection sont peu exploitables. La détection est faible.
4	Rien ne permet de détecter la défaillance avant que l'effet ne se produise : il s'agit du cas sans détection.

Tableau 16 : Grille de cotation des non détections de défaillances pour AMDEC

↳ Grille de cotation :

L'évaluation qualitative des défaillances a été menée avec un groupe de travail qui permet d'identifier les défauts, leurs causes et leurs effets, ce qui a permis de remplir les grilles d'AMDEC.

↳ Synthèse :

Échelle de criticité	
$C < 16$	Ne pas tenir compte
$16 < C \leq 32$	Mise sous préventif à fréquence faible
$32 < C \leq 36$	Mise sous préventif à fréquence élevée
$36 < C \leq 48$	Recherche d'amélioration
$48 < C \leq 64$	Fréquence de préventif très élevée
$C > 64$	A rénover

Selon le degré de la criticité, nous avons défini la périodicité du plan de maintenance préventive.

1.3 Analyse AMDEC du four d'étuvage :

1.3.1 Analyse fonctionnelle du four

Le four permet d'assurer le séchage des parties actives à 125 °C afin d'éliminer l'humidité qui pourra causer un claquage au niveau des essais .la fabrication du four a été assurée par la filiale TRANSFIX France.



Figure 5 : Photo du four installé à l'usine

Le four se compose :

- Des résistances : qui assure le chauffage du four pour atteindre les 125°C
- Des ventilateurs : ils permettent d'assurer un flux d'air et une bonne répartition de la chaleur à l'intérieur du four
- 2 convoyeurs : ils permettent de transporter les parties actives à l'intérieur du four

Le four peut supporter jusqu'à 10 parties actives. Il est automatisé et la commande se fait par un automate programmable Siemens.

Diagramme FAST

Selon la norme NF EN 12973 le diagramme FAST est une méthode usuelle d'analyse fonctionnelle ; il permet de reconstituer les principaux composants d'un système pour ainsi avoir une bonne connaissance du produit étudié.

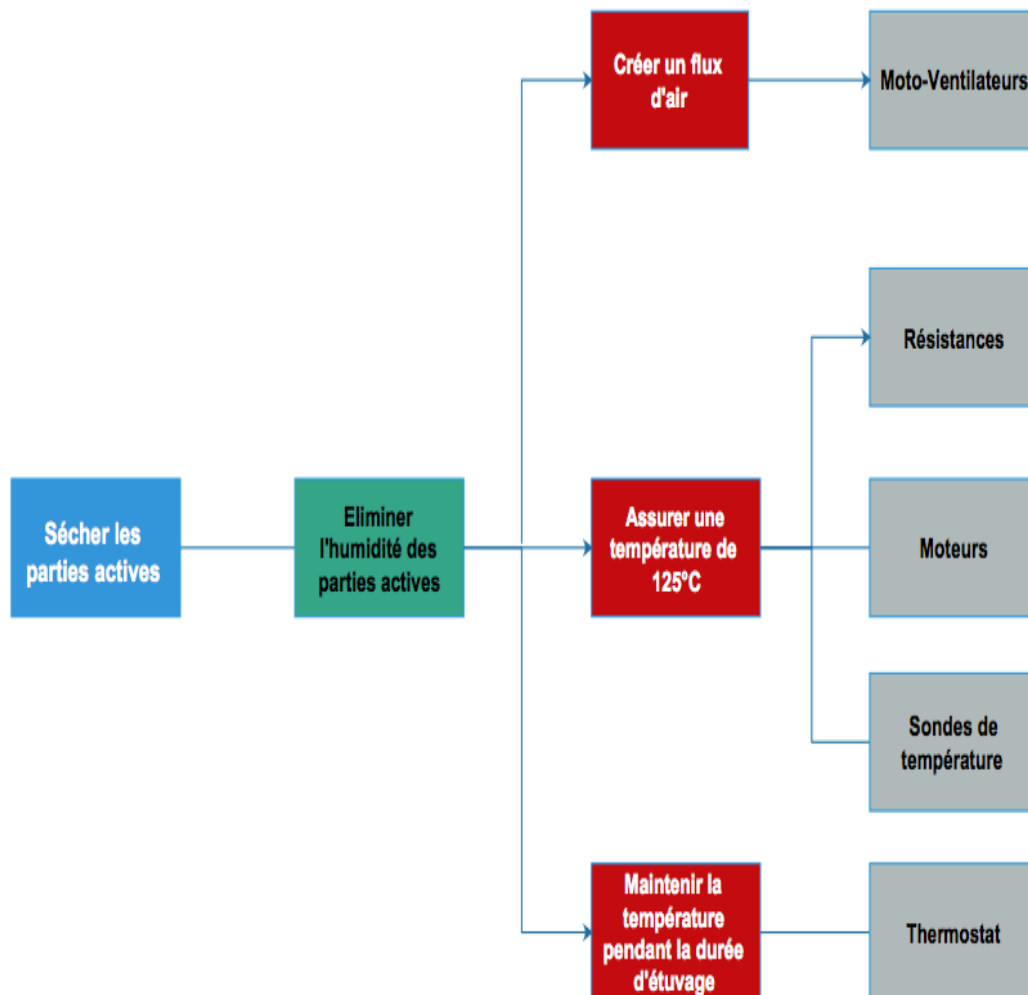


Figure 6 : Diagramme FAST du four

1.3.2 Décomposition matérielle

Avant de réaliser l'étude AMDEC Moyen de production, il faut effectuer une décomposition fonctionnelle de l'équipement pour faciliter et mieux réaliser l'étude.

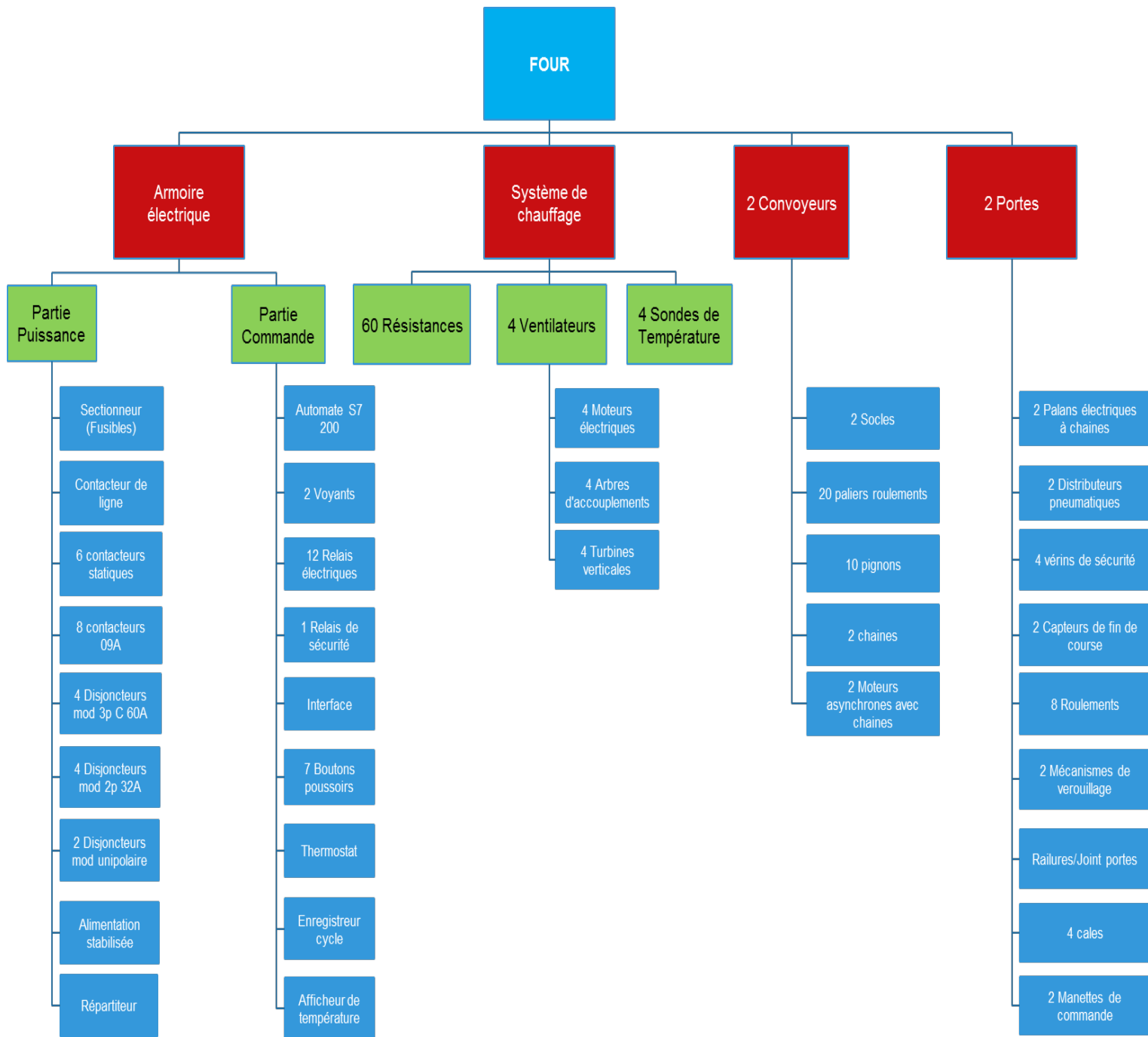


Figure 7 : Décomposition fonctionnelle du four

1.3.3 Synthèse d'analyse AMDEC

D'après les résultats triés des grilles AMDEC (voir Annexes 3, 4, 5, 6), On a choisi la valeur 16 comme seuil de criticité. Les éléments dont la criticité dépasse 16 pour le four sont montrés dans le tableau suivant :

Ensemble	Four										
Equipement	Organe	Fonction	de de défaillan	Causes	Effets	Détection	criticité				Actions apportées
							F	G	ND	C	Actions
Bloc de résistances	Résistance	Assurer une température 125 C dans le FOUR	Grillée	surtension	perte de performance	Visuel	3	3	3	27	MP : contrôle la tension en amont
				court-circuit	Arrêt de système	odeur / visuel	2	3	3	18	PR : résistance
porte	palan électrique à chaîne	soulever la porte du four	Arrêt	Pas d'alimentation	Arrêt du sys	Visuel	2	5	3	30	investissement : groupe électrogène
				pas de commande	Arrêt du sys	Visuel	2	5	4	40	MP : contrôle périodique des E/S de l'automate
				coincement du tiroir	Arrêt du sys	sans	3	5	4	60	PR : distributeur électropneumatique
	vérin de sécurité	freiner la porte en état d'ouverture	coincement	déformation de la tige	Arrêt du système	Visuel	2	5	2	20	MP: Vérifier l'état de la tige Action corrective : dressage
				Fuite d'air	joints usés	Plus de mouvement	Bruit	2	5	2	20
	capteur de fin de course	délivre un signal à l'automate pour faire sortir le vérin	usure	déréglage	Arret système	Visuel	2	5	2	20	MP : contrôle périodique du capteur de fin de course
Dérive de caractéristique				corrosion des lames de contact	Arret système	Visuel	2	5	4	40	PR : capteur de fin de course
Partie Puissance	Alimentation stabilisée	Assurer une alimentation stabilisée continu de 24V à partir du 220V	24VDC non stabilisée	régulateur défectueux	Perte de performance	Visuel	1	4	4	16	PR : alimentation stabilisée
	Répartiteur	Faire la répartition pour tirer les	sertissage cables non assuré	tarudage défectueux	Perte de performance	Visuel	2	5	2	20	PR : répartiteur en stock
Partie commande	Relais thermique	protéger les moteurs ventilateurs et moteurs convoyeurs contre les sc	Reste fermé	mauvais réglage du courant nominal	Perte de performance	visuel	1	4	4	16	PR : relais thermique en stock
				Bilames restent ouvertes	Perte de performance	Visualiseur de déclenchement	2	3	3	18	
	Thermostat	Maintenir la température du four	Arrêt	Commande défectueuse (sonde de T)	Arret système	Sans	1	4	4	16	MP: Contrôle périodique de la thermostat PR: Thermostat en stock
				dispositif mécanique défectueux	Arret système		1	4	4	16	
Problème de régulation	organe de détection défectueux	perte de performance	4	4	4		64	MP: Etalonner le thermostat			

Tableau 17 : AMDEC pour les organes critiques du four

1.4 Analyse AMDEC du Caisson de remplissage sous vide :

1.4.1 Analyse fonctionnelle du caisson de remplissage sous vide

Le caisson de remplissage est une structure métallique étanche qui permet d'assurer le vide au moment du remplissage du transformateur, à l'aide d'un groupe de 4 pompes à vide. Il est composé de plusieurs électrovannes qui assurent le remplissage du transformateur à partir de l'appareil de traitement d'huile qui est à son tour connecté à une bache. Le système est automatisé, l'automate assure la commande des pompes à vide ainsi que le remplissage.



Figure 9 : Photo du caisson de remplissage sous vide

a) Diagramme pieuvre :

L'outil diagramme pieuvre est utilisé pour analyser les besoins et identifier les fonctions contraintes du caisson de remplissage sous vide.

Il met en évidence les relations entre les différents éléments du milieu environnant et le caisson de remplissage sous vide

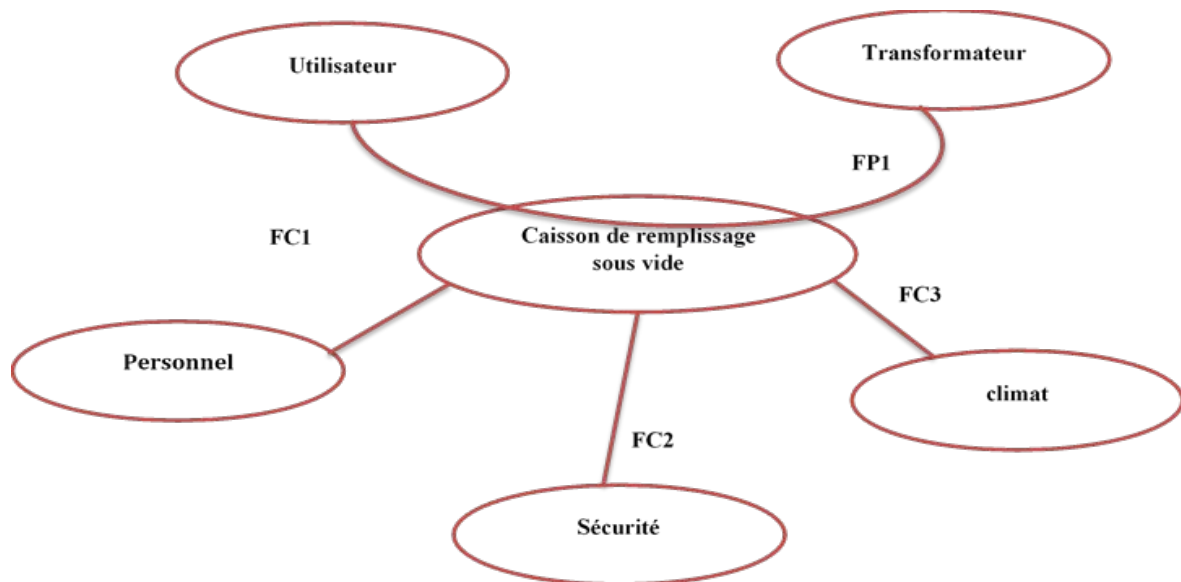


Figure 9 : Diagramme pieuvre du caisson

FP1 : Assurer le remplissage sous vide du transformateur par l'huile diélectrique.

FC1 : Remplir le transformateur en cycle normal ou cycle lent.

FC2 : Respecter les normes de sécurité pendant le remplissage.

FC3 : Garder le vide au climat intérieur pendant le remplissage.

1.4.2 Décomposition matérielle du caisson de remplissage sous vide

Avant de réaliser l'étude AMDEC Moyen de production, il faut effectuer une décomposition fonctionnelle de l'équipement pour faciliter et mieux réaliser l'étude.

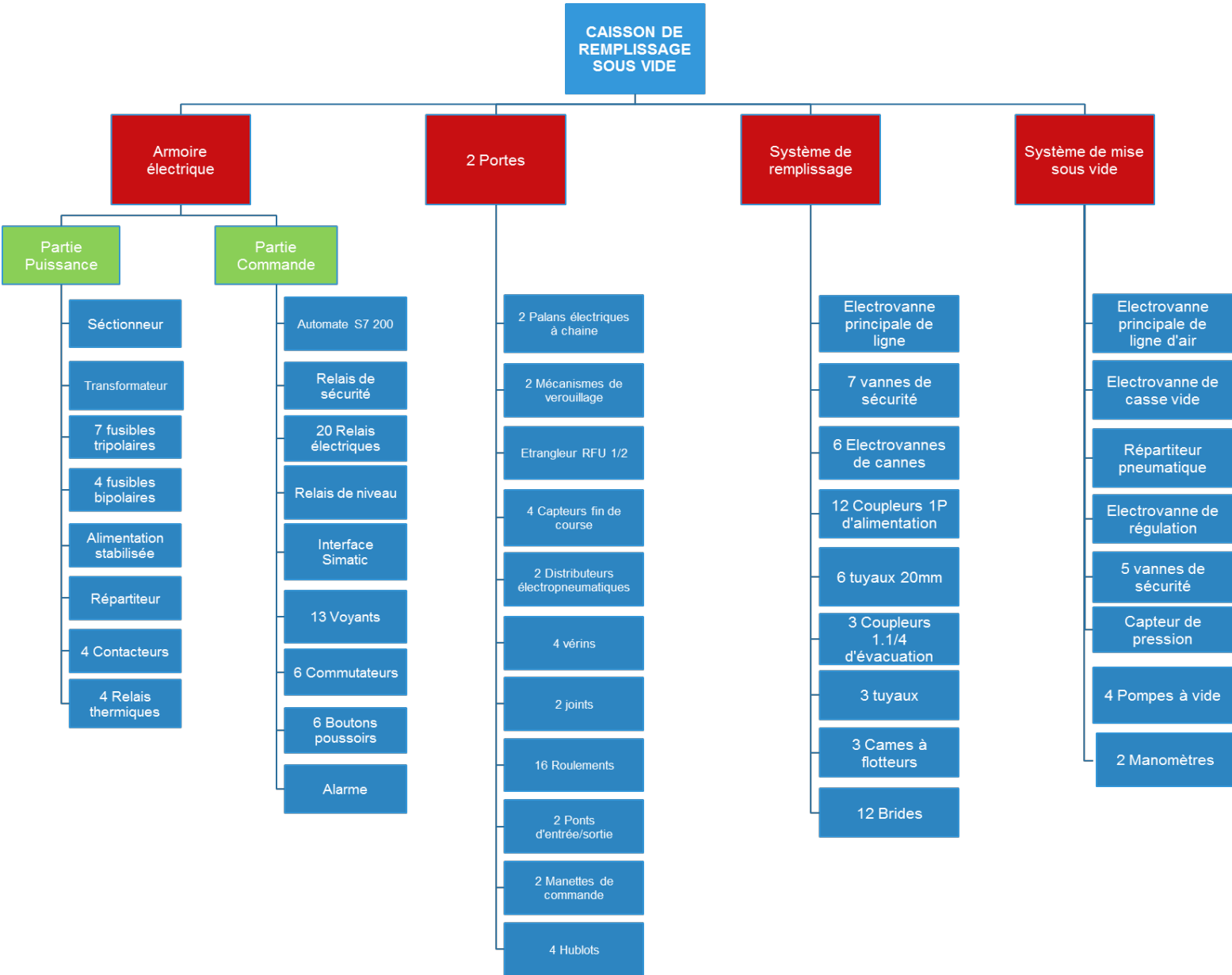


Figure 10 : Décomposition fonctionnelle du caisson

1.4.3 Synthèse d'analyse AMDEC

D'après les résultats triés des grilles AMDEC (voir Annexes), nous avons choisi la valeur 16 comme seuil de criticité. Les éléments dont la criticité dépasse 16 pour le four sont présentés dans le tableau suivant :

Ensemble	CAISSON DE REMPLISSAGE SOUS VIDE									
Sous-ensemble	2 Portes									
Equipement	Organe	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	Détection	Criticité			
							F	G	ND	C
Porte	palan électrique à chaîne	soulever la porte du caisson	Arrêt	Pas d'alimentation	Arrêt du système	Visuel	2	5	3	30
				Contrôle de température du palan en option activé	Arrêt du système	Capteur	1	5	4	20
	Mécanisme de verouillage	Assurer le verouillage de la porte	ressort defectueux	usure	ouverture porte impossible	Visuel	2	5	3	30
				Raideur	mauvaise ouverture/fermeture porte	Visuel	2	5	3	30
	Etrangleur RFU 1/2	Limiter la vitesse de sortie/entrée des cales	Arrêt	Clapet anti retour défectueux	retour d'air	Visuel	2	5	4	40
				Limiteur de débit défectueux	Mauvaise entrée/sortie vérin	Visuel	2	5	2	20
	Capteur de fin de course	délivre un signal à l'automate pour faire sortir le vérin	usure	déréglage	risque opérateur	Visuel	2	5	2	20
			Dérive de mesure	corrosion des lames de contact	risque opérateur	Visuel	2	5	4	40
	Distributeur électropneumatique	Distribuer les fluides pour les chambres du vérin	Arrêt	pas de commande	Arrêt du sys	Visuel	2	5	4	40
				coincement du tiroir	Arrêt du sys	sans	3	5	4	60
	vérin de sécurité	créer un mouvement mécanique	coincement	déformation de la tige	Plus de mouvement	Visuel	2	5	2	20
			Fuite d'air	joint de tige usé	Plus de mouvement	Bruit	2	5	2	20
Electrovanne de ligne	Electrovanne	Agir sur le débit d'huile dans le circuit de remplissage	Arrêt	Ressorts défectueux	mauvaise manœuvre	Sans	2	3	3	18
Electrovanne de casse vide	Electrovanne	Agir sur le débit d'huile dans le circuit de remplissage	Arrêt	Ressorts défectueux	mauvaise manœuvre	Sans	2	3	3	18
Electrovanne de régulation	Electrovanne de régulation	Agir sur le débit d'air évacué du caisson lors de dépassement du 5 mbar	Ne s'ouvre pas	Ressort défectueux	Pas de régulation	Visuel/Ouïe	3	3	3	27
Partie puissance	Alimentation stabilisée	Assurer une alimentation stabilisée continu de 24V à partir du 220V	24VDC non stabilisée	régulateur	commande non fiable	Visuel (multimètre)	1	4	4	16
	Répartiteur	Faire la répartition pour tirer les jonctions	sertissage cables non assuré	tarudage défectueux	mauvais contact	Visuel (multimètre)	2	5	2	20
	Relais thermique	Protéger les pompes à vides contre les surcharges et les coupures de courant	Reste fermé	Bilames restent ouvertes	Perte de performance	Visuel	2	3	3	18

Tableau 18 : AMDEC pour les organes critiques du caisson

1.5 Analyse AMDEC de la station de traitement d'huile :

1.5.1 Analyse fonctionnelle de la station de traitement d'huile

Les fluides diélectriques employés dans les transformateurs sont généralement utilisés pour protéger les parties actives. Il s'agit traditionnellement d'huile minérale hautement raffinée.

L'huile est un bon conducteur thermique, et sa circulation au travers de radiateurs permet d'évacuer la chaleur produite par les bobines et le circuit magnétique du transformateur.

Elle permet aussi l'isolation diélectrique des enroulements entre eux. De ce fait, elle doit posséder un haut niveau d'isolation diélectrique et un haut point d'éclair pour permettre une exploitation en toute sécurité.



Figure 11 : Photo de la station de traitement d'huile

Avant le remplissage d'huile, celle-ci est soumise à un traitement par l'appareil de traitement d'huile ARRAS MAXEI. Afin d'avoir une rigidité diélectrique supérieur ou égale à 65 KV et une teneur en eau supérieur ou égale à 5 ppm.

a) Bête à corne :

La figure suivante représente le besoin d'un équipement de traitement d'huile

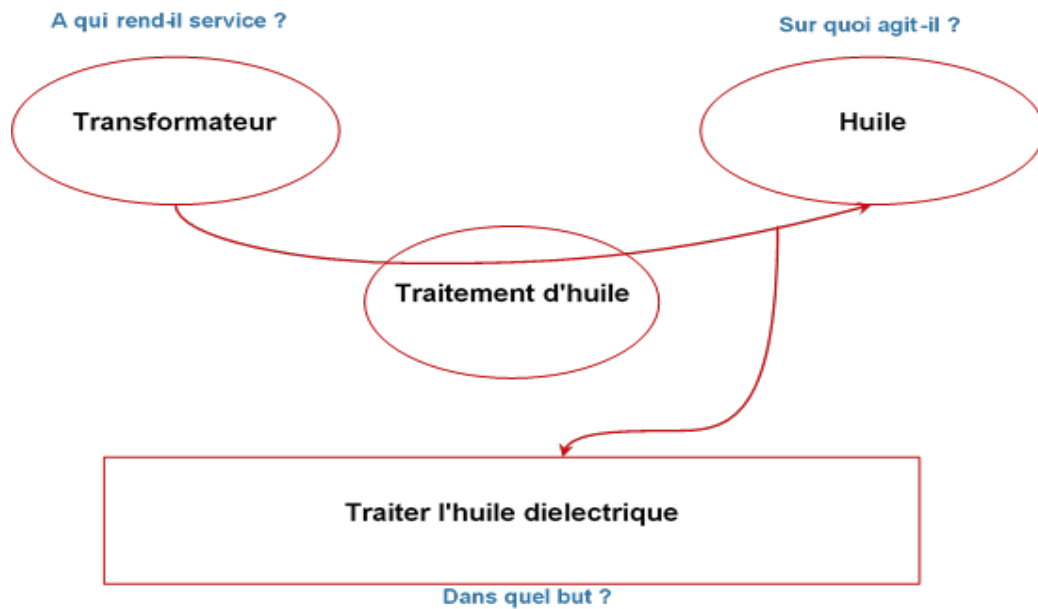


Figure 12 : Bête à cornes de l'appareil de traitement d'huile

b) Diagramme FAST :

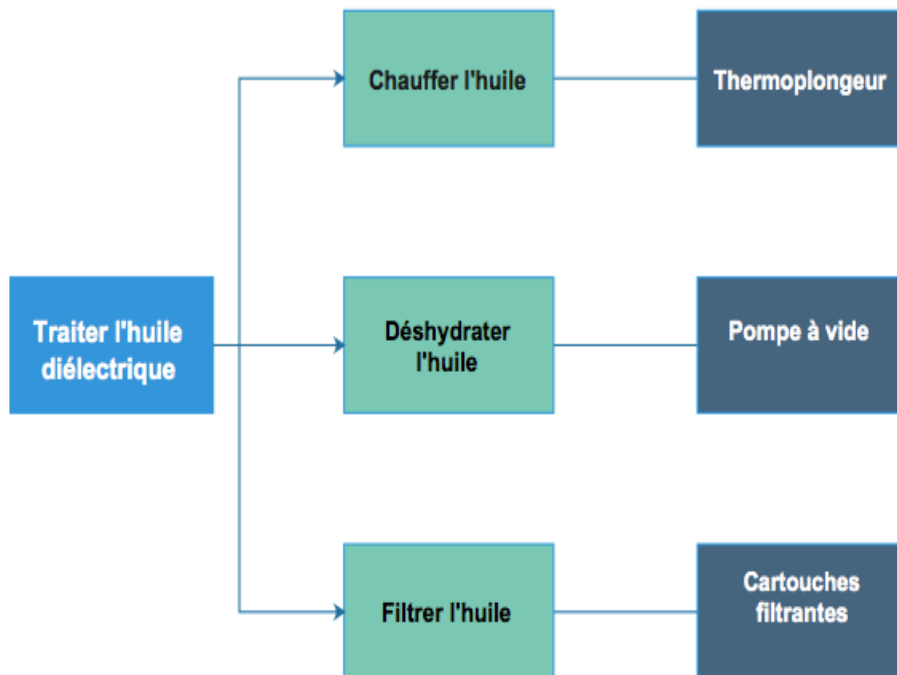


Figure 13 : Diagramme FAST de l'appareil de traitement d'huile

1.5.2 Décomposition matérielle de la station de traitement d'huile

Avant de réaliser l'étude AMDEC Moyen de production, il faut effectuer une décomposition fonctionnelle de l'équipement pour faciliter et mieux réaliser l'étude.

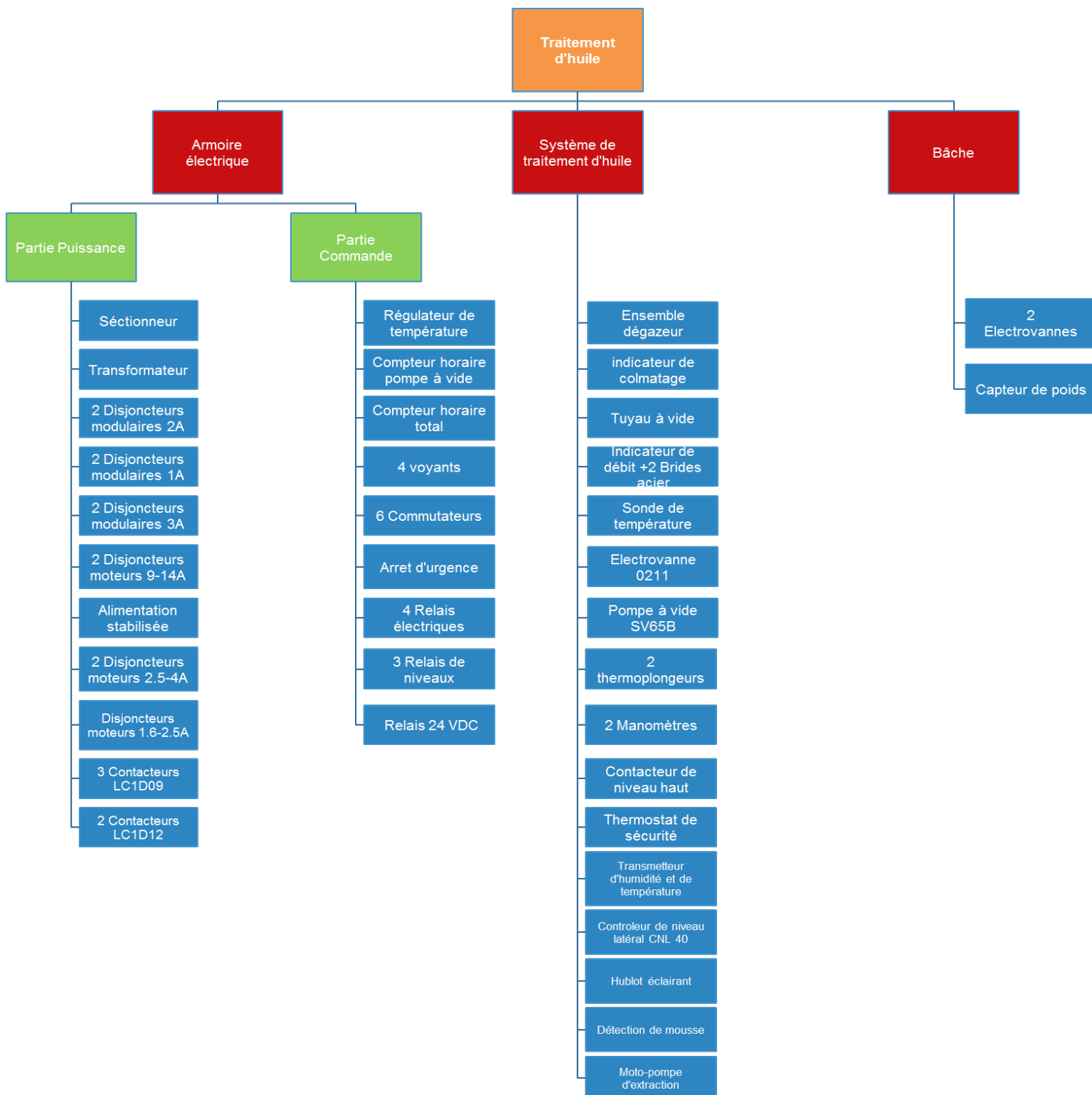


Figure 14 : Décomposition fonctionnelle de l'appareil de traitement d'huile

1.5.3 Synthèse d'analyse AMDEC

Les organes dont la criticité au-delà de 16 seront considérés critiques, et qui se présentent dans le tableau suivant :

TRAITEMENT D'HUILE									
ORGANE	FONCTION	MODE DE DÉFAILLANCE	CAUSES	EFFETS	DÉTECTION	CRITICITÉ			
						F	G	ND	C
Alimentation stabilisée	Assurer une alimentation stabilisée continu de 24V à partir du 220V	24VDC non stabilisée	régulateur	commande non fiable	Visuel (multimètre)	1	4	4	16
Pompe à vide SV 65 B	Établir un vide primaire	La pompe ne démarre pas	Moteur en panne	Arrêt de système	Visuel	2	4	2	16
			Température d'huile < à 12°C	Arrêt de système	Visuel	1	4	4	16
			Filtre d'échappement ou conduite d'échappement obstrué	Arrêt de système	Visuel	3	3	2	18
		La pompe n'atteint pas la pression limite	Clapet anti-retour défectueux	Perte de performance	Visuel	2	3	3	18
		La pompe chauffe anormalement	Filtre d'échappement ou conduite d'échappement obstrué	Perte de performance	bruit	2	2	4	16
Transmetteur d'humidité et de température (VAISALA)	mesurer le taux d'humidité et la température à l'intérieur du Dégazeur	Dérive de mesure	Mauvais étalonnage	Perte de performance	Visuel	1	4	4	16
Electrovanne BURKERT 00141324	s'ouvrir en cas d'augmentation de niveau de mousse	Ne fonctionne pas	Détecteur de mousse défaillant	Arrêt de système	Visuel + OUIE	2	3	4	24
Electrovanne BURKERT 00061284	Rétablir la pression atmosphérique dans la tuyauterie quand la pompe à vide est arrêtée	Ne fonctionne pas	Ressort défectueux	surpression au niveau des tuyauteries	Visuel + OUIE	2	3	4	24
		Ne fonctionne pas	Joint usé	surpression au niveau des tuyauteries	Visuel + OUIE	2	2	4	16

Tableau 19 : AMDEC pour les organes critiques du traitement d'huile

1.6 Analyse AMDEC de la plate-forme des essais :

1.6.1 Analyse fonctionnelle de la plate-forme des essais

La plate-forme des essais se compose de deux locaux :

- Local test : où se déroulent les différents tests.
- Local électrique : où se trouvent les équipements qui assure l'alimentation du pupitre de commande.

Diagramme FAST :

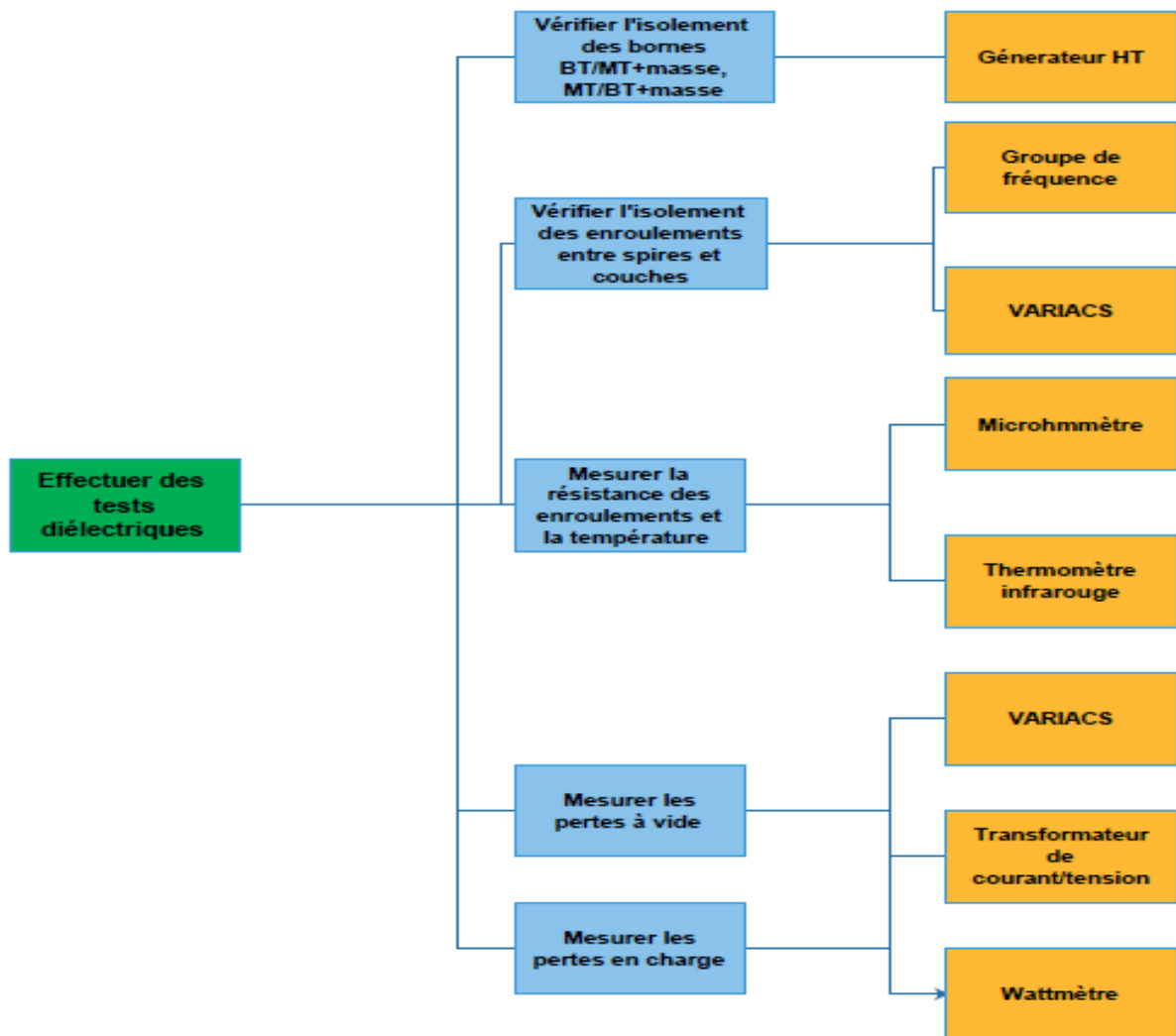


Figure 15 : Diagramme FAST de la plate-forme des essais

1.6.2 Décomposition matérielle de la plate-forme

Avant de réaliser l'étude AMDEC Moyen de production, il faut effectuer une décomposition fonctionnelle de l'équipement pour faciliter et mieux réaliser l'étude.

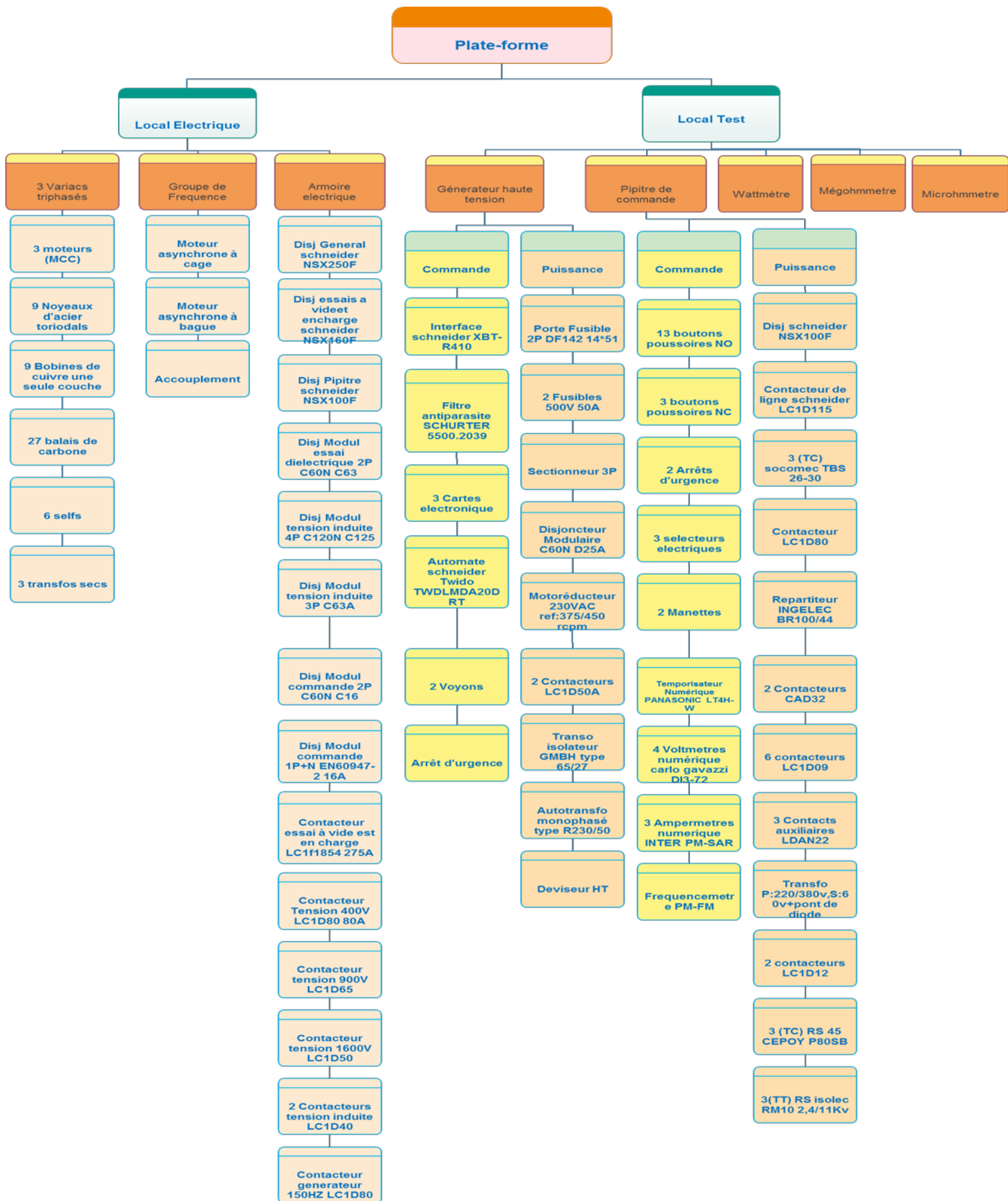


Figure 16 : Décomposition fonctionnelle de la plate-forme des essais

1.6.3 Synthèse d'analyse AMDEC

La grille AMDEC pour la plate-forme est en annexe, il en résulte les organes critiques suivants :

Equipement	Organe	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	Détection	Criticité			
							F	G	D	C
Variac	3 Noyaux d'acier toridals	canaliser le flux produit par les enroulements	pertes fère importantes	il ya d'entrefers dans le montage	perte de performance	bruit	1	4	4	16
				Des jeux aux niveau des tôles			1	4	4	16
	3Bobines de cuivre à une seule couche	tarnformer la tension avec un rapport M	court-circuit	mauvais isolement entre spires	Arrêt du système	visuel	2	4	4	32
				courant nominale dépassé	Arrêt du système	visuel	1	4	4	16
	2 selfs	protéger les enroulements lors d'un déséquilibre de tension	court-circuit	courant nominale dépassé	Arrêt du système	visuel	2	3	4	24
	Transformateur sec	transformer la tension depuis le variac	arrêt	transfo grillé	Arrêt du système	Visuel (multimètre)	2	4	3	24
pertes fère importantes				il ya des entrefers dans le montage	perte de performance	Bruit /Visuel (multimètre)	1	4	4	16
				présence de jeux entre les tôles du circuit magnétique	perte de performance	Bruit /Visuel (multimètre)	1	4	4	16
Armoire électrique	Disjoncteur NSX250F	assurer la protection général de l'armoire	Ne s'ouvre pas	bilame thermique défectueuse	perte de performance	Visuel (multimètre)	2	4	3	24
	Disjoncteur NSX160F	assurer la protection du système essais à vide et en charge	Ne s'ouvre pas	bilame thermique défectueuse	perte de performance	Visuel (multimètre)	2	4	3	24
	Disjoncteur NSX100F	assurer la protection du pupitre de commande	Ne s'ouvre pas	bilame thermique défectueuse	perte de performance	Visuel (multimètre)	2	4	3	24
	Contacteur LC1F1854 275A	Etablir/imterrompre le passage du courant pour le système essais à vide et en charge	Ne se ferme pas	bobine grillée	Pas d'alimentation	Visuel (multimètre)	2	4	2	16
	Contacteur LC1D65	Etablir/imterrompre le passage du courant pour le système tesion 400V	Ne se ferme pas	bobine grillée	Pas d'alimentation	Visuel (multimètre)	2	4	2	16
	Contacteur LC1D50	Etablir/imterrompre le passage du courant pour le systeme tesion 1600V	Ne se ferme pas	bobine grillée	Pas d'alimentation	Visuel (multimètre)	2	4	2	16
	2 Contacteurs LC1D40	Etablir/imterrompre le passage du courant pour le systeme tesion induite	Ne se ferme pas	bobine grillée	Pas d'alimentation	Visuel (multimètre)	2	4	2	16
	Contacteur LC1D80	Etablir/imterrompre le passage du courant pour le générateur de fréquence 150HZ	Ne se ferme pas	bobine grillée	Pas d'alimentation	Visuel (multimètre)	2	4	2	16
Générateur HT	Transformateur isolateur GMBH Type 65/27	Sépare l'autotransformateur des autres composants	Arrêt	transformateur grillé	pas d'alimentation	Visuel (multimètre)	1	4	4	16
			pertes fère importantes	il ya des entrefers dans le montage	perte de performance	Bruit /Visuel (multimètre)	1	4	4	16
				présence de jeux entre les tôles du circuit magnétique	perte de performance	Bruit /Visuel (multimètre)	1	4	4	16
	Autotransformateur monophasé type R230/50	augmente la tension du 0 à 100kV	pertes fère importantes	il ya d'entrefers dans le montage	perte de performance	bruit	1	4	4	16
				Des jeux aux niveau des tôles			1	4	4	16
				il ya des entrefers dans le montage	alimentation insuffisante	Bruit /Visuel (multimètre)	1	4	4	16
			présence de jeux entre les tôles du circuit magnétique	alimentation insuffisante	Bruit /Visuel (multimètre)	1	4	4	16	
Partie commande du pupitre	Filtre antiparasitage 5500,2040	eliminer les parasites qu signal envers les cartes electronique de commande	Arrêt	condansateur/bobine grillé(e)	Arrêt système	Visuel (multimètre)	1	4	4	16
			faible présence de parasites	vieillesement	perte de performance	Visuel	1	4	4	16
	3 cartes électroniques	assurer l'alimentation et le filtrage du signal	Arrêt de fonctionnement	composants défectueux	Arrêt système	Visuel (multimètre)	1	4	4	16
Partie puissance du pupitre	Disjoncteur NSX100F	assurer la protection du pupitre	Ne s'ouvre pas	bilame thermique défectueuse	perte de performance	Visuel (multimètre)	2	4	3	24
	Repartiteur BR100/44	Faire la répartition pour tirer les jonctions	sertissage cables non assuré	taradauge défectueux	mauvais contact	Visuel	2	5	2	20
	Transformateur + pont de diodes	assurer l'alimentation des moteur DC qui entrainent les balais au tour des enroulements des variacs	arrêt	transfo grillé	Arrêt du système	Visuel (multimètre)	2	4	3	24
			pertes fère importantes	il ya des entrefers dans le montage	perte de performance	Bruit /Visuel (multimètre)	1	4	4	16
				présence de jeux entre les tôles du circuit magnétique	perte de performance	Bruit /Visuel (multimètre)	1	4	4	16

Tableau 20 : AMDEC pour les organes critiques de la plate-forme des essais

L'étape suivante était d'apporter des actions correctives afin de diminuer la criticité. Un plan d'action a été mis en place, et par la suite on a réévalué la criticité par une analyse AMDEC 2 en vue de mettre en place les plans de maintenance préventive.

2. Plan d'action de maintenance corrective et améliorative :

Le plan d'action de maintenance corrective et améliorative s'étale sur une durée planifiée de 2 mois à partir de 01 juin 2015, il comprend les opérations amélioratives et correctives sur les équipements critiques, sur quelques équipements de périphérie, et sur le local Transfix.

Par exemple si on prend l'activité numéro 7 (Séparer les prises d'alimentation CPAM) ; elle est planifiée pour le 7eme jour, pour une durée planifiée d'un jour, alors qu'elle ne sera exécutée qu'à partir du 9eme jour, et pour une durée réelle de 2 jours.

Le plan d'action est présenté dans le tableau suivant :

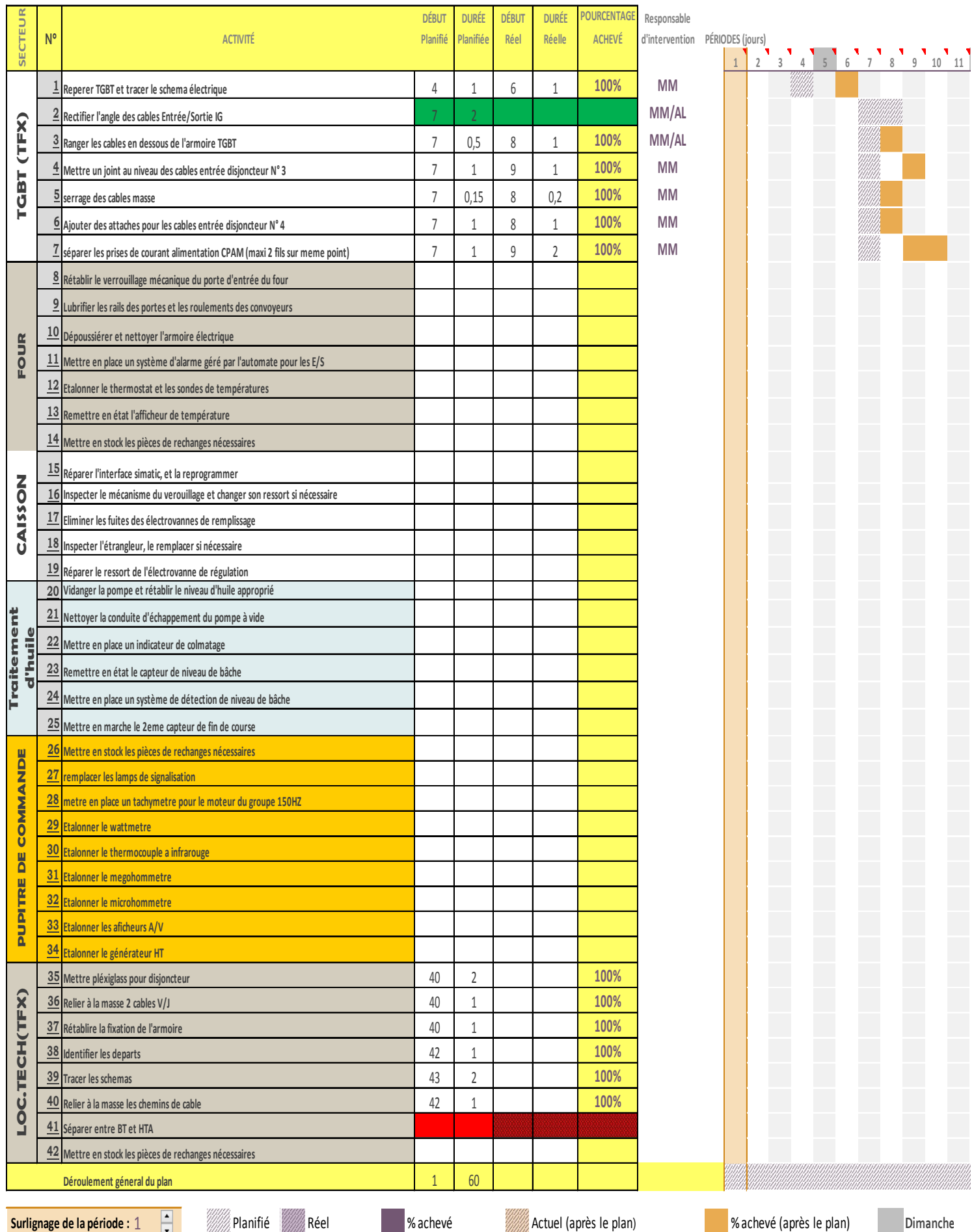


Tableau 21 : plan d'action de maintenance corrective

3. Synthèse de réévaluation d'AMDEC 2 :

Le but ici est de tirer les différentes actions apportées pour élaborer les plans de maintenance préventive en se basant sur la réévaluation de l'AMDEC 2.

Ensemble	Four														
sous-ensemble	système de chauffage														
Equipement	Organe	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	Détection	criticité				Actions apportées	criticité			
							F	G	ND	C		Actions	F'	G'	ND'
Bloc de résistances	Résistance	Assurer une température 125 C dans le FOUR	Grillée	surtension	perte de performance	Visuel	3	3	3	27	MP : contrôle la tension en amont	2	3	2	12
				court-circuit	Arrêt de système	odeur / visuel	2	3	3	18	PR : résistance	2	2	3	12
porte	palan électrique à chaîne	soulever la porte du four	Arrêt	Pas d'alimentation	Arrêt du sys	Visuel	2	5	3	30	investissement : groupe électrogène	2	2	3	12
				pas de commande	Arrêt du sys	Visuel	2	5	4	40	MP : contrôle périodique des E/S de l'automate	2	3	2	12
				coincement du tiroir	Arrêt du sys	sans	3	5	4	60	PR : distributeur électropneumatique	2	2	4	16
	vérin de sécurité	freiner la porte en état d'ouverture	coincement	déformation de la tige	Arrêt du système	Visuel	2	5	2	20	MP: Vérifier l'état de la tige Action corrective : dressage	2	2	2	8
				Fuite d'air	joints usés	Plus de mouvement	Bruit	2	5	2	20	MP : contrôle périodique PR : joint	2	2	2
	capteur de fin de course	délivre un signal à l'automate pour faire sortir le vérin	usure	déréglage	Arret système	Visuel	2	5	2	20	MP : contrôle périodique du capteur de fin de course	2	3	2	12
Dérive de caractéristique				corrosion des lames de contact	Arret système	Visuel	2	5	4	40	PR : capteur de fin de course	2	2	4	16
Partie Puissance	Alimentation stabilisée	Assurer une alimentation stabilisée continu de 24V à partir du 220V	24VDC non stabilisée	régulateur défectueux	Perte de performance	Visuel	1	4	4	16	PR : alimentation stabilisée	1	2	4	8
	Répartiteur	Faire la répartition pour tirer les	sertissage cables non assuré	taraudage défectueux	Perte de performance	Visuel	2	5	2	20	PR : répartiteur en stock	2	2	2	8
Partie commande	Relais thermique	protéger les moteurs ventilateurs et moteurs convoyeurs contre les sc	Reste fermé	mauvais réglage du courant nominal	Perte de performance	visuel	1	4	4	16	PR : relais thermique en stock	4	3	1	12
				Bilames restent ouvertes	Perte de performance	Visualiseur de déclenchement	2	3	3	18		2	2	3	12
	Thermostat	Maintenir la température du four	Arrêt	Commande défectueuse (sonde de T)	Arret système	Sans	1	4	4	16	MP: Contrôle périodique de la thermostat PR: Thermostat en stock	1	2	4	8
				dispositif mécanique défectueux	Arret système		1	4	4	16		1	2	4	8
				Problème de régulation	organe de détection défectueux		perte de performance	4	4	4		64	MP: Etalonner le thermostat	4	2

Tableau 22 : AMDEC 2 du four

Ensemble	CAISSON DE REMPLISSAGE SOUS VIDE														
Sous-ensemble	2 Portes														
Equipement	Organe	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	Détection	Criticité				Actions apportées	criticité			
							F	G	ND	C	Actions	F'	G'	D'	C'
Porte	palan électrique à chaîne	soulever la porte du caisson	Arrêt	Pas d'alimentation	Arrêt du système	Visuel	2	5	3	30	Investissement: Groupe électrogène	2	1	3	6
				Contrôle de température du palan en option activé	Arrêt du système	Capteur	1	5	4	20	MC: Mettre en place une lampe de signalisation du défaut	1	3	1	3
	Mécanisme de verouillage	Assurer le verouillage de la porte	ressort défectueux	usure	ouverture porte impossible	Visuel	2	5	3	30	MC: Changement en cas d'endommagement	2	2	3	12
										PR: Mettre un ressort en stock	2	2	3	12	
				Raideur	mauvaise ouverture/fermeture porte	Visuel	2	5	3	30	PR: Mettre un ressort en stock	2	2	3	12
										MC: Changement en cas d'endommagement	2	2	3	12	
	Etrangleur RFU 1/2	Limiter la vitesse de sortie/entrée des cales	Arrêt	Clapet anti retour défectueux	retour d'air	Visuel	2	5	4	40	PR: Mettre en stock un étrangleur	2	2	4	16
				Limiteur de débit défectueux	Mauvaise entrée/sortie vérin	Visuel	2	5	2	20	PR: Mettre en stock un étrangleur	2	2	2	8
	Capteur de fin de course	délivre un signal à l'automate pour faire sortir le vérin	usure	déréglage	risque opérateur	Visuel	2	5	2	20	MC: Mettre en marche le 2eme capteur fin de course du porte PR: Mettre en stock un capteur fin de course	2	2	2	8
			Dérive de mesure	corrosion des lames de contact	risque opérateur	Visuel	2	5	4	40	MP: Inspection régulière	2	5	1	10
	Distributeur électropneumatique	Distribuer les fluides pour les chambres du vérin	Arrêt	pas de commande	Arrêt du sys	Visuel	2	5	4	40	MP: Inspecter régulièrement les E/S de l'automate MC: Mettre en place un système d'alarme défaut	2	3	2	12
										MC: Mettre en place un système d'alarme défaut	2	3	1	6	
				coincement du tiroir	Arrêt du sys	sans	3	5	4	60	PR: Mettre en stok un distributeur électropneumatique	3	2	1	6
	vérin de sécurité	créer un mouvement mécanique	coincement	déformation de la tige	Plus de mouvement	Visuel	2	5	2	20	MP: Inspection régulière MC: Dresser la tige	2	5	1	10
									MC: Dresser la tige	2	5	2	20		
Fuite d'air			joint de tige usé	Plus de mouvement	Bruit	2	5	2	20	MP: Inspection régulière				0	
										PR: Joints MP :Changer les joints systématiquement				0	
Electrovanne de ligne	Electrovanne	Agir sur le débit d'huile dans le circuit de remplissage	Arrêt	Ressorts défectueux	mauvaise manoeuvre	Sans	2	3	3	18	MP: Inspection périodique PR: Mettre une electrovanne en stock	2	2	3	12
Electrovanne de casse vide	Electrovanne	Agir sur le débit d'huile dans le circuit de remplissage	Arrêt	Ressorts défectueux	mauvaise manoeuvre	Sans	2	3	3	18	MP: Inspection périodique PR: Mettre une electrovanne en stock	2	2	3	12
Electrovanne de régulation	Electrovanne de régulation	Agir sur le débit d'air évacué du caisson lors de dépassement du 5 mbar	Ne s'ouvre pas	Ressort défectueux	Pas de régulation	Visuel/Quie	3	3	3	27	MC: Réparer le ressort en cas d'endommagement MP: Contrôle périodique	3	2	2	12
Partie puissance	Alimentation stabilisée	Assurer une alimentation stabilisée continu de 24V à partir du 220V	24VDC non stabilisée	régulateur	commande non fiable	Visuel (multimètre)	1	4	4	16	PR : alimentation stabilisée	1	2	4	8
	Répartiteur	Faire la répartition pour tirer les jonctions	sertissage cables non assuré	taraudage défectueux	mauvais contact	Visuel (multimètre)	2	5	2	20	MC: Resserer les câbles MP: Inspection périodique PR: Mettre un répartiteur en stock	2	3	2	12
	Relais thermique	Protéger les pompes à vides contre les surcharges et les coupures de courant	Reste fermé	Bilames restent ouvertes	Perte de performance	Visuel	2	3	3	18	PR: Relais thermique en stock	2	2	3	12

Tableau 23 : AMDEC 2 du caisson

TRAITEMENT D'HUILE														
ORGANE	FONCTION	MODE DE DÉFAILLANCE	CAUSES	EFFETS	DÉTECTION	CRITICITÉ				Actions apportées	criticité			
						F	G	ND	C	Actions	F'	G'	D'	C'
Alimentation stabilisée	Assurer une alimentation stabilisée continu de	24VDC non stabilisée	régulateur	commande non fiable	Visuel (multimètre)	1	4	4	16	PR : alimentation stabilisée	1	2	4	8
Pompe à vide SV 65 B	Établir un vide primaire	La pompe ne démarre pas	Moteur en panne	Arrêt de système	Visuel	2	4	2	16	MP: Inspection périodique	2	3	1	6
			Température d'huile < à	Arrêt de système	Visuel	1	4	4	16	MP: Inspection périodique	1	3	3	9
			Filtre d'échappement ou conduite d'échappement obstrué	Arrêt de système	Visuel	3	3	2	18	MC: Nettoyer la conduite d'échappement MP: Inspection périodique PR: Filtre	3	2	1	6
		La pompe n'atteint pas la pression limite	Clapet anti-retour défectueux	Perte de performance	Visuel	2	3	3	18	MC: Remettre en état le clapet PR: clapet anti retour	2	2	3	12
		La pompe chauffe anormalement	Filtre d'échappement ou conduite d'échappement obstrué	Perte de performance	bruit	2	2	4	16	MC: Nettoyer la conduite d'échappement MP: Inspection périodique PR: Filtre	2	2	3	12
Transmetteur d'humidité et de température (VAISALA)	mesurer le taux d'humidité et la température à l'intérieur du Dégazeur	Dérive de mesure	Mauvais étalonnage	Perte de performance	Visuel	1	4	4	16	MC: Etalonner l'équipement MP: Inspection périodique des durées d'étalonnage	1	4	3	12
Electrovanne BURKERT 00141324	s'ouvrir en cas d'augmentation de niveau de mousse	Ne fonctionne pas	détecteur de mousse défaillant	Arrêt de système	Visuel + OUIE	2	3	4	24	MP: Inspection périodique de détecteur de mousse MP: Inspection périodique d'électrovanne	2	2	3	12
Electrovanne BURKERT 00061284	Rétablir la pression atmosphérique dans la tuyauterie quand la pompe à vide est arrêtée	Ne fonctionne pas	Ressort défectueux	suppression au niveau des tuyauteries	Visuel + OUIE	2	3	4	24	MC: Changement en cas d'endommagement MP: Inspection périodique PR: Electrovanne	2	2	3	12
		Ne fonctionne pas	Joint usé	suppression au niveau des tuyauteries	Visuel + OUIE	2	2	4	16	MC: Changement en cas d'endommagement MP: Inspection périodique PR: Electrovanne	2	2	3	12

Tableau 24 : AMDEC 2 de la station de traitement d'huile

Equipement	Organe	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	Détection	Criticité				Actions apportées	Criticité			
							F	G	D	C		F	G	D	C
Variac	3 Noyeaux d'acier toroidals	canaliser le flux produit par les enroulements	pertes fère importantes	il ya d'entrefers dans le montage	perte de performance	bruit	1	4	4	16	MP:Contrôle périodique d'absence d'endommagement mécanique sur le circuit magné.. MC: Reparer le circuit magnétique en	1	3	4	12
				Des jeux aux niveau des tôles			1	4	4	16		1	3	4	12
	3Bobines de cuivre à une seule couche	tansformer la tension avec un rapport M	court-circuit	mauvais isolement entre spires	Arrêt du système	visuel	2	4	4	32	MP: -Contrôle de branchement électrique, MP: Inspection périodique	2	2	3	12
				courant nominale dépassé	Arrêt du système	visuel	1	4	4	16	1	2	3	6	
	2 selfs	protéger les enroulements lors d'un déséquilibre de tension	court-circuit	courant nominale dépassé	Arrêt du système	visuel	2	3	4	24	PR: Redondance passive	1	1	4	4
	Transformateur sec	transformer la tension depuis le variac	arrêt	transfo grillé	Arrêt du système	Visuel (multimètre)	2	4	3	24	MP: contrôle périodique par multimètre	2	3	2	12
				il y a des entrefers dans le montage	perte de performance	Bruit /Visuel (multimètre)	1	4	4	16	MP: Contrôle périodique d'absence d'endommagement mécanique sur le circuit magné.. MC: Reparer rapidement le circuit magnétique en cas de panne	1	3	3	9
			pertes fère importantes	présence de jeux entre les tôles du circuit magnétique	perte de performance	Bruit /Visuel (multimètre)	1	4	4	16		1	3	3	9
Armoire électrique	Disjoncteur NSX250F	assurer la protection général de l'armoire	Ne s'ouvre pas	bilame thermique défectueuse	perte de performance	Visuel (multimètre)	2	4	3	24	PR: redondance passive	2	1	3	6
	Disjoncteur NSX160F	assurer la protection du système essais à vide et en charge	Ne s'ouvre pas	bilame thermique défectueuse	perte de performance	Visuel (multimètre)	2	4	3	24	PR: redondance passive	2	1	3	6
	Disjoncteur NSX100F	assurer la protection du pupitre de commande	Ne s'ouvre pas	bilame thermique défectueuse	perte de performance	Visuel (multimètre)	2	4	3	24	PR: redondance passive	2	1	3	6
	Contacteur LC1F1854 275A	Etablir/interrompre le passage du courant pour le système essais à vide et en charge	Ne se ferme pas	bobine grillée	Pas d'alimentation	Visuel (multimètre)	2	4	2	16	PR: redondance passive	2	1	2	4
	Contacteur LC1D65	Etablir/interrompre le passage du courant pour le système tesion 400V	Ne se ferme pas	bobine grillée	Pas d'alimentation	Visuel (multimètre)	2	4	2	16	PR: redondance passive	2	1	2	4
	Contacteur LC1D50	Etablir/interrompre le passage du courant pour le système tesion 1600V	Ne se ferme pas	bobine grillée	Pas d'alimentation	Visuel (multimètre)	2	4	2	16	PR: redondance passive	2	1	2	4
	2 Contacteurs LC1D40	Etablir/interrompre le passage du courant pour le système tesion induite	Ne se ferme pas	bobine grillée	Pas d'alimentation	Visuel (multimètre)	2	4	2	16	PR: redondance passive	2	1	2	4
	Contacteur LC1D80	Etablir/interrompre le passage du courant pour le générateur de fréquence 150HZ	Ne se ferme pas	bobine grillée	Pas d'alimentation	Visuel (multimètre)	2	4	2	16	PR: redondance passive	2	1	2	4
Générateur HT	Transformateur isolateur GMBH Type 65/27	Sépare l'autotransformateur des autres composants	Arrêt	transformateur grillé	pas d'alimentation	Visuel (multimètre)	1	4	4	16	PR: redondance passive	1	1	4	4
			pertes fère importantes	il y a des entrefers dans le montage	perte de performance	Bruit /Visuel (multimètre)	1	4	4	16	MP: Contrôle d'absence d'endommagement mécanique sur le circuit magné.. MC: remplacer le transformateur rapidement en cas de panne	1	3	4	12
				présence de jeux entre les tôles du circuit magnétique	perte de performance	Bruit /Visuel (multimètre)	1	4	4	16		1	3	4	12
	Autotransformateur monophasé type R230/50	augmente la tension du 0 à 100kV	pertes fère importantes	il ya d'entrefers dans le montage	perte de performance	bruit	1	4	4	16	MP: Contrôle d'absence d'endommagement mécanique sur le circuit magné.. MC: remplacer le transformateur rapidement en cas de panne	1	3	4	12
				Des jeux aux niveau des tôles	perte de performance	bruit	1	4	4	16		1	3	4	12
il y a des entrefers dans le montage	alimentation insuffisante	Bruit /Visuel (multimètre)	1	4	4	16	1	3	4	12					
présence de jeux entre les tôles du circuit magnétique	alimentation insuffisante	Bruit /Visuel (multimètre)	1	4	4	16	1	3	4	12					
Partie commande du pupitre	Filter antiparasitage 5500,2040	eliminer les parasites qu signal envers les cartes electronique de commande	Arrêt	condansateur/bobine grillé(e)	Arrêt système	Visuel (multimètre)	1	4	4	16	PR: redondance passive	1	1	4	4
	3 cartes électroniques	assurer l'alimentation et le filtrage du signal	faible présence de parasites	vieillesement	perte de performance	Visuel	1	4	4	16		1	1	4	4
Partie puissance du pupitre	Disjoncteur NSX100F	assurer la protection du pupitre	Ne s'ouvre pas	bilame thermique défectueuse	perte de performance	Visuel (multimètre)	2	4	3	24	PR: redondance passive	2	1	3	6
	Repartiteur BR100/44	Faire la répartition pour tirer les jonctions	sertissage cables non assuré	taradage défectueux	mauvais contact	Visuel	2	5	2	20	PR: redondance passive	2	2	2	8
	Transformateur + pont de diodes	assurer l'alimentation des moteur DC qui entraînent les balais au tour des enroulements des variacs	arrêt	transfo grillé	Arrêt du système	Visuel (multimètre)	2	4	3	24	PR: redondance passive	2	1	3	6
			pertes fère importantes	il y a des entrefers dans le montage	perte de performance	Bruit /Visuel (multimètre)	1	4	4	16	MP: Contrôle d'absence d'endommagement mécanique sur le circuit magné.. MC: remplacer le transformateur rapidement en cas de panne	1	3	4	12
				présence de jeux entre les tôles du circuit magnétique	perte de performance	Bruit /Visuel (multimètre)	1	4	4	16		1	3	4	12

Tableau 25 : AMDEC 2 de la plate-forme

4. Plan de maintenance préventive :

Après avoir réévalué l'AMDEC 2 aux différents équipements de production du site TMSA, on va leurs élaborer les plans de maintenance préventive.

Le plan de maintenance préventive est la liste de toutes les interventions nécessaires à effectuer sur un équipement ou une installation en terme de nettoyage technique, contrôle périodique réglementaire, visite, inspection, remplacement systématique, pour la maintenir en un état de bon fonctionnement. Il permet une vision globale de toutes les actions à apporter à l'équipement.

Le PMP est donc le document standard de base pour la gestion du préventif.

4.1 Objectifs du PMP :

L'établissement du plan de maintenance pour un équipement présente plusieurs avantages.

Pour être concis, on peut dire que c'est un outil pour atteindre les objectifs suivants :

- Garantir la continuité de service ;
- Garantir un niveau de disponibilité connu à un coût global maîtrisé ;
- Maintenir une qualité de service contractuelle ;
- Prévenir les risques.

4.2 Actions de maintenance à prévoir dans le PMP :

Suite au travail d'analyse effectué en amont (AMDEC Moyen), la démarche utilisée pour définir les actions de maintenance à entreprendre sur les différents organes et équipement est décrite ci-dessous dans la figure 17.

Le logigramme du choix des actions de maintenance (figure 17) permet de déterminer les types de maintenance à effectuer sur chaque organe et pour chaque type de défaillance. L'étape suivante est de déterminer la fréquence d'apparition des défaillances afin de déterminer la périodicité de réalisation des actions de maintenance préventive sur les différents équipements.

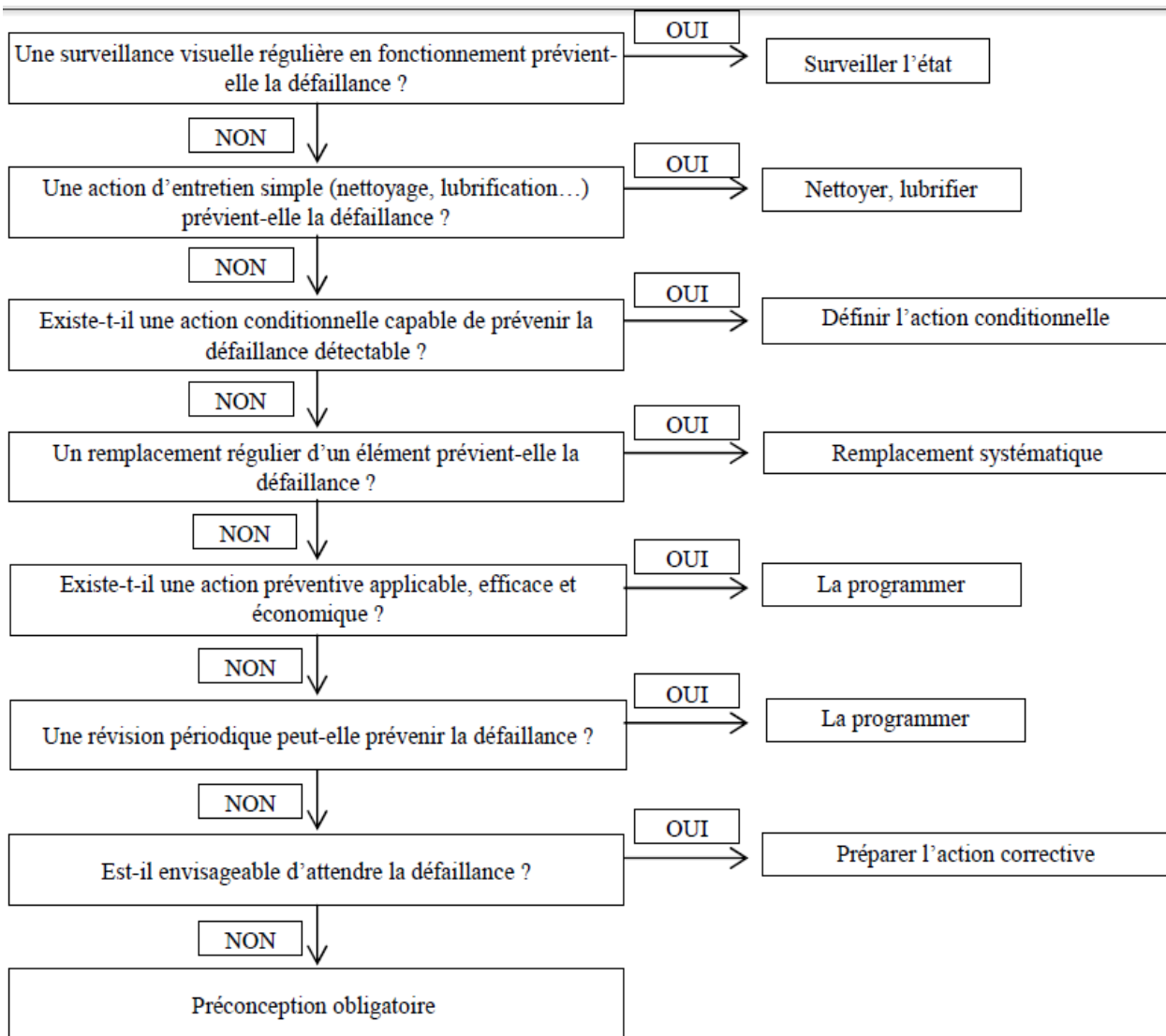


Figure 17 : Logigramme du choix d'action de la maintenance

4.3 Périodicité des interventions de maintenance préventive :

Les périodicités d'intervention se déterminent à partir :

- Des préconisations du constructeur.
- De l'expérience acquise lors d'un fonctionnement en maintenance corrective.
- De résultats fournis par les visites préventives initiales.
- D'une analyse de type AMDEC.

Au premier lieu, la périodicité n'est pas fixée, elle va pouvoir par la suite évaluée et optimiser, et cela peut se faire lors d'une révision générale après un cycle de maintenance ou un plan de maintenance préventive.

La périodicité a été déterminée en tenant compte de la criticité de l'action, afin que l'action sur la cause élimine la probabilité de défaillances, autant que possible, en fonction des niveaux de maintenance requis :

- ↳ Une maintenance, journalière, hebdomadaire, ou encore mensuelle, qui ne sera constituée que de maintenance de premier ou deuxième niveau facile et rapide à mettre en œuvre : cette maintenance ne nécessite aucun démontage de l'équipement.

- ↳ Les autres niveaux supérieurs de maintenance seront effectués lors de la maintenance semestrielle ou annuelle, selon les recommandations des constructeurs et l'expérience acquise lors du fonctionnement en maintenance corrective.

Par la suite les périodicités pourront être modifiées et optimisées lors de la révision générale du plan de maintenance préventive en fonction du retour d'expérience, et de la comparaison des historiques liés au préventif et au correctif.

4.4 PMP des équipements névralgiques :


4.4.1 PMP du four

CAHORS	Plan de maintenance préventive										
	Equipement : FOUR					Exécutant					Observations
	Niveau de maintenance	Exécuter en Marche/Arrêt	Périodicité			Exécutant					
Opération exécutable en fonctionnement											
Opérations											
Résistances :											
-Vérifier l'état des bornes de connexions, les raccords de fixations, et les ailettes.											
-Vérifier la puissance/valeur des résistances par bloc, mes remplacer si nécessaire.											
Distributeurs électropneumatiques :											
-Vérifier les états des Entrées/Sorties.											
-Vérifier la présence de l'alimentation pneumatique.											
-Contrôler les fuites et les états des joints extérieurs, les changer si nécessaire.											
Vérins :											
-Contrôler l'usure, les fuites, et les traces de chocs sur les tiges.											
-Vérifier le bon alignement des tiges.											
-Inspecter si présence de corrosion, lubrifier si nécessaire.											
Portes :											
-Essayer et contrôler l'état du capteur de fin de course.											
-Contrôler et lubrifier si nécessaire les rails.											
Palan électrique à chaîne :											
-Essayer le fonctionnement et contrôler le régulateur, le limiteur, et le frein.											
-Régler le frein, le limiteur, et le régulateur.											
-Lubrifier les engrenages.											
-Contrôler l'état de la chaîne et du moufle, les lubrifier si nécessaire.											
Armoire électrique :											
-Nettoyer et dépolluier l'armoire.											
-Contrôler les lampes de signalisation, les remplacer si nécessaire.											
-Contrôler l'arrêt d'urgence, les boutons poussoirs, et les commutateurs.											
Alimentation stabilisée/ Répartiteur/ Relais thermique :											
-Vérifier la présence du 24VDC.											
-Contrôler l'état du sertissage des câbles.											
-Vérifier la valeur du courant de réglage/nominal.											
Thermostat :											
-Contrôler l'état du switch (dispositif mécanique).											
-Comparer la valeur assignée au thermostat à celle du système.											

4.4.2 PMP du caisson de remplissage sous vide

CAHORS		Plan de maintenance préventive							
		Equipement : CAISSON			Exécutant				
Opération exécutable en fonctionnement		Niveau de maintenance	Exécuter en Marche/Arrêt	Périodicité				Observations	
Opérations				J	H	M	T		S
Distributeurs électropneumatiques :		1	M/A	*				Technicien	
-Vérifier les états des Entrées/Sorties.		1	A	*				Opérateur	
-Vérifier la présence de l'alimentation pneumatique.		1	A		*			Opérateur	PR : joint extérieur
-Contrôler les fuites et les états des joints extérieurs, les changer si nécessaire.									
Vérins :		1	A			*		Technicien	
-Contrôler l'usure, les fuites, et les traces de chocs sur les tiges.		1	A			*		Technicien	
-Vérifier le bon alignement des tiges.		1	A			*		Technicien	
-Inspecter si présence de corrosion, lubrifier si nécessaire. Changer le vérin si nécessaire.		2	A			*		Technicien	PR : Vérin
Portes :		1	A			*		Technicien	PR : Capteur de fin de course
-Essayer et contrôler l'état du capteur de fin de course. Changer si nécessaire.		1	M/A		*			Opérateur	
-Contrôler et lubrifier si nécessaire les rails.									
Palan électrique à chaîne :		2	A					Technicien	
-Essayer le fonctionnement et contrôler le régulateur, le limiteur, et le frein.		2	A					Technicien	Serrage des vis du frein
-Régler le frein, le limiteur, et le régulateur.		1	A					Technicien	
-Lubrifier les engrenages.		1	A					Technicien	
-Contrôler l'état de la chaîne et du moufle, les lubrifier si nécessaire.		1	A				*	Opérateur	Propreté et huilage, mesure de
Armoire électrique :		2	A					Technicien	
-Nettoyer et dépoussiérer l'armoire.		2	M					Technicien	PR : Voyant rond
-Contrôler les lampes de signalisation, les remplacer si nécessaire.		2	M					Technicien	
-Contrôler l'arrêt d'urgence, les boutons poussoirs, et les commutateurs.		2	M					Technicien	
Alimentation stabilisée/ Répartiteur/ Relais thermique :		2	A					Technicien	
-Vérifier la présence du 24VDC.		2	M/A					Technicien	Resserrer les câbles
-Contrôler l'état du sertissage des câbles.		2	A					Technicien	PR : Relais thermique
-Vérifier la valeur du courant de réglage/nominal.		2	A					Technicien	
Electrovannes :		2	M					Technicien	
-Vérifier le bon fonctionnement.		2	M/A	*				Technicien	
-S'assurer de la pression d'alimentation en air.		1	A			*		Technicien	
-Vérifier si les orifices d'échappement ne sont pas encrassés ou bouchés.		2	A			*		Technicien	PR : Electrovanne
-Vérifier si l'électrovanne n'est pas sale, corrodée ou trop humide, existence des fuites, la nettoyer si nécessaire, la changer si nécessaire.									

4.4.3 PMP de la station du traitement d'huile

		Plan de maintenance préventive								
		Equipement : TRAITEMENT D'HUILE								
		Opération exécutable en fonctionnement	Niveau de maintenance	Exécuter en Marche/Arrêt	Périodicité				Exécutant	Observations
J	H				M	T	S	A		
Pompe à vide :										
Vérifier le niveau d'huile		1	M/A	*					Opérateur	PR: Cartouche filtrante/ huile
Vidanger la pompe à vide		2	A	*					Technicien	
Nettoyage du tamis d'aspiration		2	A			*			Technicien	
Nettoyage du capot ventilateur		1	A	*					Opérateur	
Contrôle visuel du moteur		2	M/A			*			Technicien	
Clapet de sécurité										
Vidanger le clapet de sécurité à l'aide de la vanne 11		2	A			*			Technicien	à l'aide de l'air comprimé
Filtres-crêpine										
Nettoyer le filtre à l'entrée de la pompe extraction et introduction CR1 et CR2.		2	A			*			Technicien	
Changer le filtre d'échappement de la pompe à vide.		2	A			*			Technicien	PR: Filtre
Les thermoplongeurs										
Vérifier la valeur et l'isolement des résistances du réchauffeur (à chaud)		3	M			*			Technicien qualifié	
L'armoire électrique										
Vérifier les serrages de connexions de l'armoire électrique et des moteurs		2	A			*			Technicien	

4.4.4 PMP de la plate-forme des essais

Opération exécutable en fonctionnement	Niveau de maintenance	Exécuter en Marche/ Arrêt	Périodicité							Exécutant	Observations
			J	H	M	T	S	A			
GROUPE VARIACS											
contrôler visuellement l'état des circuits magnétiques transfo secs	2	A							Opérateur		
nettoyer et dépoussiérer les armoires	1	A							Opérateur	Popreté	
serrer les les branchements électriques des variacs/transfos secs	3	A							Technicien		
contrôler visuellement l'état des circuits magnétiques variacs	2	A							Opérateur		
contrôler les branchements électriques variac/transfo secs	3	A							Technicien		
AMOIRE ELECTRIQUE											
nettoyer et dépoussiérer l'armoire	1	A							Opérateur	Popreté et élimination du vibration contacteurs	
souffler avec de l'air les contacteurs et les disjoncteurs	1	M/A							Opérateur		
serrer les vis de connexion des contacteurs et des disjoncteurs	3	M/A							Technicien		
contrôler avec un multimètre les contacteurs et les disjoncteurs en amont et en aval	3	M							Technicien		
vérifier l'état des câbles + les borniers	2	A							Opérateur	Coupure câble/devisage des borniers	
GROUPE 150HZ											
contrôler visuellement l'état de l'accouplement entre les deux moteurs	2	A							Opérateur		
serrer les tetons de l'accouplement	2	A							Opérateur		
serrer les vis de fixation du groupe	2	A							Opérateur		
serrer les branchements électriques câbles/moteur	3	A							Technicien		
GENERATEUR HT											
vérifier l'état des câbles + les borniers	2	A							Opérateur	Coupure câble/devisage des borniers	
nettoyer et dépoussiérer l'armoire	1	A							Opérateur	Popreté	
nettoyer et dépoussiérer le déviseur	1	A							Opérateur	popreté et élimination des points d'amorçage	
contrôler avec un multimètre l'état du transformateur + valeurs Up/Us	3	M							Technicien		
PUPITRE DE COMMANDE											
nettoyer et dépoussiérer l'armoire	1	A							Opérateur	Popreté	
vérifier l'état des câbles + les borniers	2	A							Technicien	Coupure câble/devisage des borniers	
contrôler avec un multimètre l'état du transformateur + valeurs Up/Us	3	M							Technicien		
serrer les vis de connexion des contacteurs et des disjoncteurs	3	M/A							Technicien		
souffler avec de l'air les contacteurs et les disjoncteurs	1	M/A							Opérateur	Popreté et élimination du vibration contacteurs	
Contrôler les lampes de signalisation, les remplacer si nécessaire	1	M/A							Opérateur	PR: Voyant rond	
Contrôler les arrêts d'urgence, les boutons poussoirs, les manettes et les sélecteurs	2	M/A							Opérateur		
étalonner les afficheurs A/V + instruments de mesure	5	M							Technicien spécialisé	laboratoire de métrologie	

4.5 Planning de la maintenance préventive :

Le planning de maintenance préventive est élaboré afin de se préparer aux arrêts programmés pour chaque périodicité de plan de maintenance préventive, soit au niveau de pièces de rechanges ou au niveau des ressources humaines et matérielles nécessaires et aussi pour informer en avance le service production des dates des arrêts. (Voir annexe 8).


		 Calendrier de maintenance préventive												Code interne : ER-SPR.01					
														Edition : 01					
														Trimestre : 2 ^e /2015					
		AVRIL				MAI				JUN				Nbre	Nbre	Taux	Consommables		
		S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	Prévu	réalisé	de réalisation	/PR	
Résistances	H														0	0			
	M														0	0			
	T														0	0			
	S									0.5	1				1	1	100,00%	Résistance	
	A									0.2	1				1	1	100,00%	Résistance	
Distributeurs électropneumatiques Four	H	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	1	0.3	1	0.3	1	0.3	13	3	23,08%
	M				0.3					0.3	1				0.3		3	1	33,33%
	T									0.5	1						0	1	
	S																0	0	
	A																0	0	
Vérins Four	H														0	0			
	M														0	0			
	T														0	0			
	S									0.7	1				1	1	100,00%	Vérin	
	A														0	0			
Portes Four	H														0	0			
	M				0.5					0.5	1				0.5		3	1	33,33%
	T																0	0	
	S									0.3	1						1	1	100,00%
	A																0	0	
Thermostat Caisson	H	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	13	3	23,08%	Thermostat	
	M														0	0			
	T														0	0			
	S														0	0			
	A														0	0			
Manomètres traitement d'huile	H														0	0			
	M														0	0			
	T														0	0			
	S									0	1				1	1	100,00%		
	A														0	0			
Groupe VARIACS	H														0	0			
	M				0.3					0.3	1				0.3		3	1	33,33%
	T														0	0			
	S									1	1				1	1	100,00%		
	A														0	0			
Armoire électrique Plate-forme	H														0	0			
	M				0.4					0.4	1				0.4		3	1	33,33%
	T									0.3	1				1	1	100,00%	Voyant rond	
	S									1	1				1	1	100,00%		
	A														0	0			
Groupe 150Hz	H														0	0			
	M														0	0			
	T														0	0			
	S									0.5	1				1	1	100,00%		
	A									0.3	1				1	1	100,00%		
Générateur HT	H														0	0			
	M				0.5					0.5	1				0.5		3	1	33,33%
	T									0.3	1				1	1	100,00%		
	S									0.5	1				1	1	100,00%		
	A														0	0			
Pupitre de commande	H														0	0			
	M				0.4					0.4	1				0.4		3	1	33,33%
	T									0.5	1				1	1	100,00%		
	S									0.8	1				1	1	100,00%		
	A									0.5	1				1	1	100,00%		
Moyens de mesure	H														0	0			
	M														0	0			
	T														0	0			
	S														0	0			
	A									0	1				1	1	100,00%		
2A									0	1				1	0	0,00%			
TOTAL 2^e TRIMESTRE															131	62	47,33%		
		x.xx Durée d'Entretien programmé en (heures)												1 Entretien réalisé					
		x.xx Total des heures d'entretien programmées																	

Tableau 26 : Planning de maintenance préventive

Pour les ressources humaines, le total des heures d'entretien par semaine est de 29 heures, soit 4.83 heures par jour pendant cette semaine, ce qui fait un seul agent de maintenance suffit pour l'exécution des opérations de la maintenance.

Dans tous les cas, la périodicité n'est pas fixée « une fois pour toute » ; elle doit, en effet, évoluer en fonction du retour de l'expérience et de l'évolution de l'équipement. L'optimisation des périodicités d'intervention se fait lors de la révision générale du plan de maintenance préventive soit après chaque trimestre soit après un semestre ou une année.

5. Indicateurs de suivi de la maintenance :

5.1 Indicateur organisationnel : Taux de réalisation de la maintenance préventive

Il s'agit d'un graphe qui permet le suivi du taux de réalisation de la maintenance préventive, ce graphe compare les tâches de maintenance préventive réalisées à celle programmées.

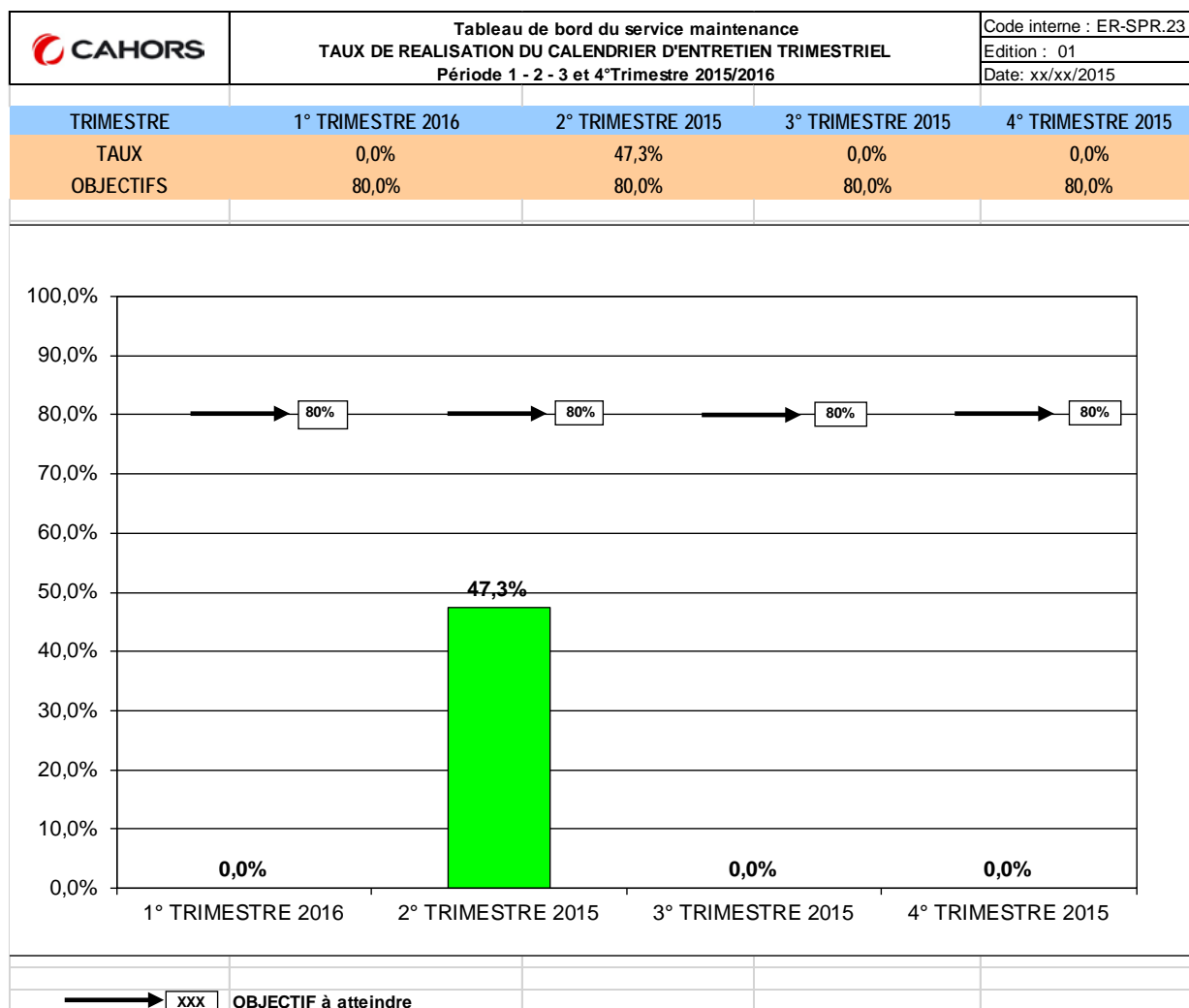


Figure 18 : Taux de réalisation de la maintenance préventive

L'objectif que nous avons fixé avec l'équipe du travail est d'atteindre 80% des travaux de maintenance, le graphe montre l'avancement de la réalisation des opérations de la maintenance préventive par trimestre, l'application du plan de maintenance a été commencé à partir du mois de juin.

5.2 Indicateur financier : Les coûts de maintenance :

Pour maintenir en état de fonctionnement un système complexe, il va falloir un ensemble de dépenses qui sont les coûts de maintenance. Ils sont en relation parfois avec les exigences de fonctionnement en termes de sécurité, fiabilité, ou disponibilité.

Les coûts de maintenance peuvent être décomposés comme montre la figure suivante :

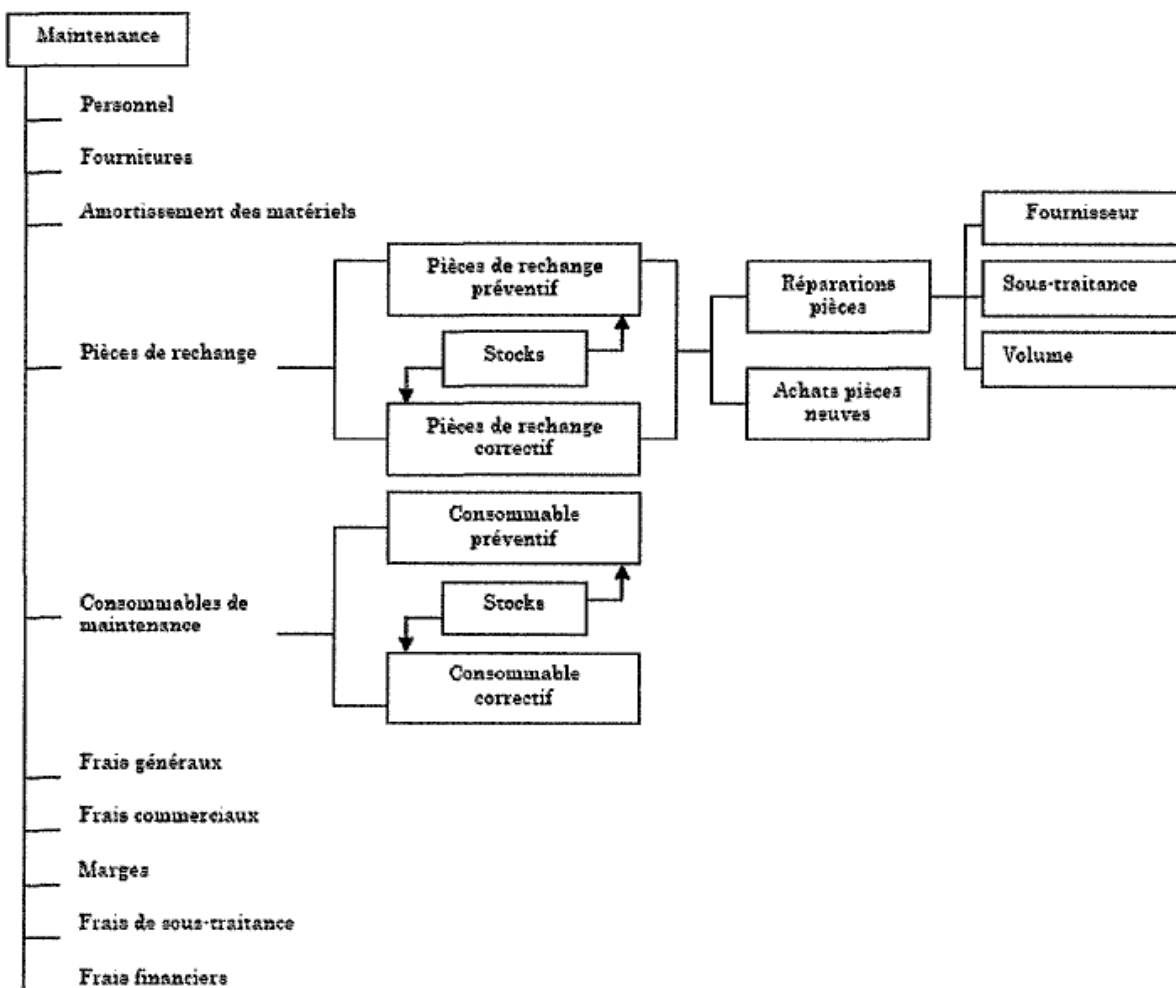


Figure 19 : Décomposition des coûts de maintenance

L'analyse de ces coûts va permettre d'effectuer les choix principaux à propos :

- L'établissement d'un budget prévisionnel annuel.
- Le suivi des dépenses et respect du budget.
- Le niveau de maintenance préventive à mettre en œuvre.

- La vérification de l'efficacité des actions de maintenance.

Ainsi on peut distinguer deux catégories de dépenses relatives à la maintenance : les coûts indirects, et les coûts directs, nous allons nous intéresser juste aux coûts directs.

5.2.1 Les coûts directs de maintenance

Ces coûts peuvent se rapporter à une intervention corrective, préventive ou externalisée, il est possible de les regrouper en 4 rubriques :

↳ Coûts de main d'œuvre (Cmo) :

Les coûts de main d'œuvre correspondent au produit « temps passés x taux horaire de maintenance ».

Le taux horaire de maintenance est exprimé en Dh / heure. Il est fonction de la qualification de l'intervenant, mais également de la politique sociale de l'entreprise. Ceci explique pourquoi ce taux varie pour un même technicien employé dans des structures différentes.

↳ Frais généraux du service maintenance (Cf) :

Ce sont les frais fixes du service, estimés à l'année et ramenés à l'heure d'activité. Ils sont parfois estimés en pourcentage du budget du service ou intégrés au taux horaire.

↳ Coûts des consommables et pièces de rechanges (Cc) :

L'exécution des tâches de maintenance exige de nombreuses fournitures et pièces de rechanges dont le coût est connu grâce aux factures rédigées par les fournisseurs.

↳ Coûts de maintenance externalisée (Ce) :

La maintenance de certains matériels spécifiques est parfois externalisée (sous-traitée). Le montant du contrat de maintenance est généralement négocié à l'année. Les coûts des travaux sous-traités sont connus par les factures des prestataires de service.

Donc les coûts directs de maintenance peuvent être exprimés comme montre la relation suivante :

$$\mathbf{Cm = Cmo + Cf + Cc + Ce}$$

Après avoir achevé la tâche de codification du magasin de pièces de rechanges et des consommables, cela va aider à mieux utiliser la GMAO par la suite, nous avons déterminé la liste avec prix des pièces de rechanges et consommables nécessaires pour les différents travaux de

maintenance préventive ou corrective, à partir des devis des fournisseurs, ou des factures anciennes déjà prises par l'atelier OGE.

5.2.2 Les coûts des consommables et pièces de rechanges

Le coût des consommables et pièces de rechanges est de l'ordre de 15 205 DHS par an, et ils sont regroupés dans le tableau suivant :

Code pièce	Désignation	Prix	unité
T829100	Résistance à ailette 3KW (50x855)mm 380V suivant plan) pour four d'étuvage	1700	U
T831000	Distributeur électropneumatique monostable T2 5/2, 220V (JELPC 4V310)	400	U
T853100	Joint portes caoutchouc	150	m/l
T823400	fin de course Ø 50 réglable MAC-I MAP3T52Z11	300	U
T829200	Alimentation stabilisée 24VDC 5A, 120W CARLO GAVAZZI SPD120W	1500	U
T828600	Répartiteur étagé(2) Schneider 13507 In=125A ; Ui=500V	150	U
T828601	Répartiteur étagé(4) Schneider 13514 In=125A; Ui=500V	300	U
T822000	Relais thermique Schneider LRD10 Ie:4-6A	400	U
T822001	Relais thermique Schneider LRD12 Ie:5,5-8A	400	U
T828200	Thermostat 0à300°C 220V Temp MATIC ZA300C-353-12R	300	U
T854000	Ressort pour portes		
T831080	Etrangleur (limiteur de pression) RFU 1/2	100	U
T830020	Electrovanne à Bobine 0-16bar ; orifice: 14,5mm T 1/2 TORQ T-GZ 103	450	U
T830021	Electrovanne Type METRIC, spring 4/4 Pmax=10bar; Tru Torq MECA-inox TSR55F12 4/4 STD-C	1500	U
T830080	Filtre à huile pour pompe à vide réf commerciale SV40B/SV65B	1000	U
T830120	Cartouche anti aérosol pour pompe à vide AFE SV65 B(I)/SV100 / 120 B	1200	U
T830110	Cartouche filtrante station traitement d'huile CCTY2-50-1µ	3000	U
T850100	Joint de corps filtrant CT 101 et 102 VITON	100	U
T831070	Manomètre 50-0 mbar EDWARDS CG16	200	U
T829300	Thermoplongeur station traitement d'huile 380 V Vulcanic 380V; 7,8kW	1500	U
T823500	Sonde Pt 100 Iq.65	250	U
T826100	Voyant rond Schneider Ø22 XB4BV3X	100	U
T862000	Graisse multi usage 25Kg	45	kg
T860000	Huile pour pompe à vide LEYBONOL (Bidon de 5l)	160	l
		Total	15205 Dhs

Tableau 27 : liste avec prix des consommables et pièces de rechange

Le projet de codification des pièces de rechange et consommable est en annexe 10.

Le budget de maintenance sera évalué à partir du coût de la main d'œuvre, la durée d'intervention ainsi que le coût des pièces de rechange nécessaire pour chaque opération.

Nous avons commencé tout d'abord par établir le budget de maintenance de chaque équipement critique.

5.2.3 Le budget de maintenance du four

Le coût de la maintenance préventive du four s'élève à 10054,48 Dhs par an.

Programme maintenance préventive systématique														
Opérations	Fréquence (Mois)	Type	PR				Main d'œuvre			Total PR+MO (int) (DH)	Fréquence annuelle	Total annuel (DH)	Total annuel (h)	Coût MO
			DS	Qt	Ref Com	Ref TMSA	Taux d'horaire	Temps (h)	Total (DH)					
						Prix uni.	TOTAL	1 ^{er} Technic	2 ^{ème} Techn					
Vérifier l'état des bornes de connexions, les raccords de fixations, et les ailettes.	6	Inspection	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,5	0	15,00 DH	1	30,00 DH	30,00 DH
Vérifier la puissance/valeur des résistances par bloc, et contrôler la tension en amont	12	Inspection	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,15	0	4,50 DH	0,15	4,50 DH	4,50 DH
Vérifier les états des Entrées/Sorties de l'automate	0,25	Inspection	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,25	0	7,50 DH	48	360,00 DH	360,00 DH
Vérifier la présence de l'alimentation pneumatique	0,04	Inspection	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,15	0	4,50 DH	300	1 350,00 DH	1 350,00 DH
Contrôler les fuites et les états des joints extérieurs	1	Inspection	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,25	0	7,50 DH	12	90,00 DH	90,00 DH
Contrôler l'usure, les fuites, et les traces de chocs sur les tiges	6	Inspection	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,25	0	7,50 DH	2	15,00 DH	15,00 DH
Vérifier le bon alignement des tiges	6	Inspection	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,15	0	4,50 DH	2	9,00 DH	9,00 DH
Inspecter si présence de corrosion, et lubrifier les tiges des vérins	6	Normal	Graisse multi usage	0,25	Fut de 25kg Afrique	26,93	-	30,00 DH	0,25	0	7,50 DH	2	28,47 DH	15,00 DH
Essayer et contrôler l'état du capteur de fin de course	6	Inspection	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,25	0	7,50 DH	2	15,00 DH	15,00 DH
Contrôler et lubrifier les rails.	1	Normal	Graisse multi usage	0,5	Fut de 25kg Afrique	26,93	-	30,00 DH	0,5	0,5	30,00 DH	12	521,58 DH	360,00 DH
Essayer le fonctionnement et contrôler le régulateur, le limiteur, et le frein.	12	Inspection	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,15	0	4,50 DH	1	4,50 DH	4,50 DH
Régler le frein, le limiteur, et le régulateur.	12	Normal	-	-	-	-	-	30,00 DH	1	0	30,00 DH	1	30,00 DH	30,00 DH
Lubrifier les engrenages.	12	Normal	Graisse multi usage	0,25	Fut de 25kg Afrique	26,93	-	30,00 DH	0,25	0	7,50 DH	1	14,23 DH	7,50 DH
Contrôler l'état de la chaîne et du moufle, les lubrifier si nécessaire.	6	Normal	-	-	-	-	-	30,00 DH	1	0	30,00 DH	2	60,00 DH	60,00 DH
Vérification réglementaire du bureau VERITAS	12	Externe	-	-	-	-	-	30,00 DH	0	0	- DH	1	800,00 DH	0,00 DH
Nettoyer et dépolluer l'armoire.	6	Nettoyage	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,25	0	7,50 DH	2	15,00 DH	15,00 DH
Contrôler les lampes de signalisation, les remplacer si nécessaire.	6	Inspection	Voyant rond Ø22	1	X848V3X	15	-	30,00 DH	0,25	0	7,50 DH	2	46,00 DH	15,00 DH
Contrôler l'arrêt d'urgence, les boutons poussoirs, et les commutateurs.	6	Inspection	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,15	0	4,50 DH	2	9,00 DH	9,00 DH
Vérifier la présence du ZVDC.	6	Inspection	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,08	0	2,40 DH	2	4,80 DH	4,80 DH
Contrôler l'état du serrissage des câbles, les resserrer si nécessaire	6	Inspection	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,15	0	4,50 DH	2	9,00 DH	9,00 DH
Vérifier la valeur du courant de réglage/nominal du relais thermique	6	Inspection	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,15	0	4,50 DH	2	9,00 DH	9,00 DH
Contrôler l'état du switch (dispositif mécanique)	0,25	Inspection	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,08	0	2,40 DH	48	115,20 DH	115,20 DH
Comparer la valeur assignée au thermostat à celle du système.	0,25	Normal	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,08	0	2,40 DH	48	115,20 DH	115,20 DH
Étalonner les sondes de la température	6	Externe	-	4	800	3 200,00 DH	-	30,00 DH	0	0	- DH	2	6 400,00 DH	0,00 DH
											TOTAL FOUR/AN		10054,48 DH	2 642,70 DH

5.2.4 Le budget de maintenance du caisson de remplissage sous vide :

Le coût de la maintenance du caisson de remplissage sous vide est 4740,58 Dhs/an.

Programme maintenance préventive systématique																
Opérations	Fréquence (Mois)	Type	DS	Qt	Réf Com	Réf TMSA	Prix uni.	TOTAL	Taux d'horaire	Main d'œuvre		Total PR+MO (int)	Fréquence annuelle	Total (annuel)	Total annuel (h)	Total MO
										1 ^{er} Technicien	2 ^{ème} Technicien					
										Temps (h)	Total (DH)					
Vérifier les états des Entrées/Sorties de l'automate	0,25	Inspection	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,25	0	7,50 DH	48	360,00 DH	12	360,00 DH
Vérifier la présence de l'alimentation pneumatique	0,04	Inspection	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,15	0	4,50 DH	300	1 350,00 DH	45	1 350,00 DH
Contrôler les fuites et les états des joints extérieurs	1	Inspection	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,25	0	7,50 DH	12	90,00 DH	3	90,00 DH
Contrôler l'usure, les fuites, et les traces de chocs sur les tiges	6	Inspection	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,25	0	7,50 DH	2	15,00 DH	0,5	15,00 DH
Vérifier le bon alignement des tiges	6	Inspection	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,15	0	4,50 DH	2	9,00 DH	0,3	9,00 DH
Inspection si présence de corrosion, et lubrifier les tiges des vérins	6	Normal	Graisse multi usage	0,25	Fut de 25kg Afrique	T862000	26,93	6,73 DH	30,00 DH	0,25	0	7,50 DH	2	28,47 DH	0,5	15,00 DH
Essayer et contrôler l'état du capteur de fin de course	6	Inspection	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,25	0	7,50 DH	2	15,00 DH	0,5	15,00 DH
Contrôler et lubrifier les rails.	1	Normal	Graisse multi usage	0,5	Fut de 25kg Afrique	T8620000	26,93	13,47 DH	30,00 DH	0,5	0,5	30,00 DH	12	521,58 DH	12	360,00 DH
Essayer le fonctionnement et contrôler le régulateur, le limiteur, et le frein.	12	Inspection	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,15	0	4,50 DH	1	4,50 DH	0,15	4,50 DH
Régler le frein, le limiteur, et le régulateur.	12	Normal	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	1	0	30,00 DH	1	30,00 DH	1	30,00 DH
Lubrifier les engrenages.	12	Normal	Graisse multi	0,25	Fut de 25kg Afrique	T8620000	26,93	6,73 DH	30,00 DH	0,25	0	7,50 DH	1	14,23 DH	0,25	7,50 DH
Contrôler l'état de la chaîne et du moufle, les lubrifier si nécessaire.	6	Normal	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	1	0	30,00 DH	2	60,00 DH	2	60,00 DH
Vérification réglementaire du bureau VERITAS	12	Externe	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	0	0	- DH	1	800,00 DH	-	- DH
Nettoyer et dépolluer l'armoire.	6	Nettoyage	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,25	0	7,50 DH	2	15,00 DH	0,5	15,00 DH
Contrôler les lampes de signalisation, les remplacer si nécessaire.	6	Inspection	Voyant rond Ø22	1	XB4BV3X	T826100	15	15,00 DH	30,00 DH	0,25	0	7,50 DH	2	45,00 DH	0,5	15,00 DH
Contrôler l'arrêt d'urgence, les boutons poussoirs, et les commutateurs.	6	Inspection	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,15	0	4,50 DH	2	9,00 DH	0,3	9,00 DH
Vérifier la présence du 24VDC.	6	Inspection	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,08	0	2,40 DH	2	4,80 DH	0,16	4,80 DH
Contrôler l'état du sertissage des câbles, les resserrer si nécessaire	6	Inspection	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,15	0	4,50 DH	2	9,00 DH	0,3	9,00 DH
Vérifier la valeur du courant de réglage/nominal du relais thermique	6	Inspection	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,15	0	4,50 DH	2	9,00 DH	0,3	9,00 DH
Vérifier le bon fonctionnement.	6	Inspection	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,15	0	4,50 DH	2	9,00 DH	0,3	9,00 DH
S'assurer de la pression d'alimentation en air	0,25	Normal	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,25	0	7,50 DH	2	15,00 DH	0,5	15,00 DH
Vérifier si les orifices d'échappement ne sont pas encrassés ou bouchés.	3	Inspection	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,15	0	4,50 DH	48	216,00 DH	7,2	216,00 DH
Vérifier si l'électrovanne n'est pas sale, corrodée ou trop humide, existence des fuites, la nettoyer si nécessaire.	3	Nettoyage	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,25	0	7,50 DH	4	30,00 DH	1	30,00 DH
Etalonner les manomètres	6	Externe	EDWARDS WAAREE	2	POG4893/14 POG4892/14	AE012TX AE013TX	250	500,00 DH	30,00 DH	0,75	0	22,50 DH	4	90,00 DH	3	90,00 DH
									30,00 DH	0	0	- DH		1 000,00 DH	0	- DH
														4 740,58 DH		2 728,80 DH
														TOTAL MO/AN		TOTAL MO/AN
														TOTAL FOUR/AN		TOTAL FOUR/AN

5.2.5 Le budget de maintenance de l'appareil de traitement d'huile

Le coût de la maintenance préventive pour l'appareil de traitement d'huile est de l'ordre de 6611,47 Dhs/an.

Programme maintenance préventive systématique														Total annuel (h)	Coût MO
Opérations	Fréquence (Mois)	Type	DS	Qt	Réf Com	Réf TMSA	Prix uni.	TOTAL	Taux d'horaire	Main d'œuvre		Total PR+MO (int)	Fréquence annuelle		
										1 ^{er} Technicien	2 ^{ème} Technicien			Total (DH)	
Vérifier le niveau d'huile	0,25	Inspection	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,08	0	2,40 DH	48	115,20 DH	115,20 DH
Vidanger la pompe à vide	6	Normal	LEVONOL LVO 130	2	L13005	T860000	156,618	313,24 DH	30,00 DH	1	0	30,00 DH	2	686,47 DH	60,00 DH
Changer le filtre à huile de la pompe à vide	6	Normal	FILTRE A HUILE SV40B/SV65B	1	71420980	T8300080	310,75	310,75 DH	30,00 DH	0,5	0	15,00 DH	2	651,50 DH	30,00 DH
Changer le cartouche anti aérosol de la pompe à vide	6	Normal	Cartouche anti aérosol AFE SV65 B(I)/SV100 / 120 B	1	71417300	T8301110	807,95	807,95 DH	30,00 DH	0,25	0	7,50 DH	2	1 630,90 DH	15,00 DH
Nettoyage du tamis d'aspiration	6	Nettoyage	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,5	0	15,00 DH	2	30,00 DH	30,00 DH
Nettoyage du capot ventilateur	1	Nettoyage	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,25	0	7,50 DH	12	90,00 DH	90,00 DH
Contrôler visuellement le moteur	3	Inspection	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,15	0	4,50 DH	4	18,00 DH	18,00 DH
Vidanger le clapet de sécurité à l'aide de la vanne 11	3	Normal	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,08	0	2,40 DH	4	9,60 DH	9,60 DH
Nettoyer le filtre à l'entrée de la pompe d'extraction et d'introduction CR1 et CR2	3	Nettoyage	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,5	0	15,00 DH	4	60,00 DH	60,00 DH
Changer la cartouche filtrante d'échappement	6	Normal	Cartouche filtrante CCTY-2 50-1µ	1	445070103	T8301110	692,34	692,34 DH	30,00 DH	1	0	30,00 DH	2	1 444,68 DH	60,00 DH
Changer le joint filtre d'échappement	6	Normal	Joint filtre 101 et 102 VITON	1	430360057	T851400	108,46	108,46 DH	30,00 DH	0,15	0	4,50 DH	2	225,92 DH	9,00 DH
Vérifier la valeur et l'isolement des résistances du réchauffeur à chaud	6	Inspection	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	1	0	30,00 DH	2	60,00 DH	60,00 DH
Nettoyer et dépolluer l'armoire	6	Nettoyage	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,25	0	7,50 DH	2	15,00 DH	15,00 DH
Vérifier les serrages de connexions de l'armoire électrique	6	Inspection	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,15	0	4,50 DH	2	9,00 DH	9,00 DH
Vérifier la présence du 24VDC	6	Inspection	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,08	0	2,40 DH	2	4,80 DH	4,80 DH
nettoyer la sonde MTT330	12	Nettoyage	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	1	0	30,00 DH	1	30,00 DH	30,00 DH
Etalonner le transmetteur d'humidité	12	Externe	VAISALA	1	TTR2047/14	AE0011TX	800	800,00 DH	30,00 DH	0	0	-	1	800,00 DH	0,00 DH
Inspecter le bon fonctionnement du détecteur de mousse	0,25	Inspection	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,08	0	2,40 DH	48	115,20 DH	115,20 DH
Contrôler l'état d'électrovanne de dévidage	0,25	Normal	-	-	-	-	-	-	30,00 DH	0,08	0	2,40 DH	48	115,20 DH	115,20 DH
Etalonner les manomètres	6	Externe	EDWARDS	1	POG4892/14	AE016TX	250	250,00 DH	30,00 DH	0	0	-	2	500,00 DH	0,00 DH
													TOTAL FOUR/AN	6 611,47 DH	846,00 DH
													TOTAL MO/AN		

5.2.6 Le budget de maintenance de la plate-forme des essais

Le coût de la maintenance préventive de la plate-forme est : 8594,50 Dhs/an.

Programme maintenance préventive systématique												
Opérations	Fréquence (Mois)	Type	PR			Main d'œuvre		Total PR+MO (int)	Fréquence annuelle	Total (annuel)	Total annuel (h)	Coût MO
			DS	Qt	Ref Com	Ref TMSA	Prix uni.					
Groupe VARIACS	0,04	Inspection	-	-	-	-	-	DH	-	DH	24	720,00 DH
	1	Nettoyage	-	-	-	-	-	DH	2,40 DH	2,40 DH	3	90,00 DH
	6	Normal	-	-	-	-	-	DH	7,50 DH	7,50 DH	0,5	15,00 DH
	6	Inspection	-	-	-	-	-	DH	7,50 DH	7,50 DH	2	15,00 DH
	6	Inspection	-	-	-	-	-	DH	15,00 DH	15,00 DH	1	30,00 DH
	6	Nettoyage	-	-	-	-	-	DH	30,00 DH	30,00 DH	3	90,00 DH
Armoire électrique	1	Normal	-	-	-	-	-	DH	4,50 DH	4,50 DH	1,8	54,00 DH
	6	Normal	-	-	-	-	-	DH	15,00 DH	15,00 DH	1	30,00 DH
	6	Inspection	-	-	-	-	-	DH	15,00 DH	15,00 DH	2	30,00 DH
	3	Inspection	-	-	-	-	-	DH	7,50 DH	7,50 DH	4	30,00 DH
	0,04	Inspection	-	-	-	-	-	DH	2,40 DH	2,40 DH	24	720,00 DH
	6	Normal	-	-	-	-	-	DH	7,50 DH	7,50 DH	2	15,00 DH
Groupe 150HZ	6	Normal	-	-	-	-	-	DH	7,50 DH	7,50 DH	0,5	15,00 DH
	12	Normal	-	-	-	-	-	DH	7,50 DH	7,50 DH	0,25	7,50 DH
	3	Inspection	-	-	-	-	-	DH	7,50 DH	7,50 DH	4	30,00 DH
	1	Nettoyage	-	-	-	-	-	DH	7,50 DH	7,50 DH	1	30,00 DH
	1	Nettoyage	-	-	-	-	-	DH	7,50 DH	7,50 DH	12	90,00 DH
	1	Nettoyage	-	-	-	-	-	DH	7,50 DH	7,50 DH	12	90,00 DH
Générateur HT	6	Inspection	-	-	-	-	-	DH	15,00 DH	15,00 DH	1	30,00 DH
	1	Nettoyage	-	-	-	-	-	DH	7,50 DH	7,50 DH	3	90,00 DH
	6	Inspection	-	-	-	-	-	DH	15,00 DH	15,00 DH	2	30,00 DH
	1	Nettoyage	-	-	-	-	-	DH	7,50 DH	7,50 DH	1	30,00 DH
	3	Inspection	-	-	-	-	-	DH	7,50 DH	7,50 DH	4	30,00 DH
	12	Inspection	-	-	-	-	-	DH	15,00 DH	15,00 DH	1	30,00 DH
Pupitre de commande	6	Normal	-	-	-	-	-	DH	15,00 DH	15,00 DH	2	30,00 DH
	1	Nettoyage	-	-	-	-	-	DH	4,50 DH	4,50 DH	1,8	54,00 DH
	6	Inspection	-	-	-	-	-	DH	4,50 DH	4,50 DH	2	9,00 DH
	3	Inspection	-	-	-	-	-	DH	7,50 DH	7,50 DH	4	30,00 DH
	12	Inspection	-	-	-	-	-	DH	15,00 DH	15,00 DH	0,5	15,00 DH
	6	Normal	-	-	-	-	-	DH	30,00 DH	30,00 DH	1	30,00 DH
Moyens de mesure	12	Externe	INTER	3	ETM4080/14	AE009TX	1000	AE007TX	AE008TX	3000,00 DH	1	3000,00 DH
	12	Externe	Chauvin arnou	1	MP002TX	300	300,00 DH	300,00 DH	300,00 DH	300,00 DH	1	300,00 DH
	12	Externe	POWERTEK	1	EOG1973/14	800	800,00 DH	800,00 DH	800,00 DH	800,00 DH	1	800,00 DH
	12	Externe	Chauvin arnou	1	ETM6891/13	700	700,00 DH	700,00 DH	700,00 DH	700,00 DH	1	700,00 DH
	12	Externe	Chauvin arnou	1	TOG5410/12	300	300,00 DH	300,00 DH	300,00 DH	300,00 DH	1	300,00 DH
	24	Externe	Chauvin arnou	1	ETM6890/13	700	700,00 DH	700,00 DH	700,00 DH	700,00 DH	0,5	350,00 DH
TOTAL FOUR/AN									8 594,50 DH	78,65	2 359,50 DH	

5.2.7 Les coûts fixes de la maintenance

Les coûts fixes de la maintenance pour l'atelier TMSA sont de l'ordre de 12000 Dhs/an selon l'entretien annuel de l'année 2014, le tableau ci-dessous montre ces coûts :

TMSA		Réalisé 2014	Budget 2015	Janvier		Février		Mars		Avril		Mai		Juin	
				2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
61220	Consommables			1 517,50	7 485,00	1 517,50	7 485,00	1 517,50		1 517,50		4 923,10		4 923,10	
61254	Fournitures d'entretien			50,27		50,27		50,27		50,27		-16 616,40		-16 616,40	
61255	Petit outil. & equip. entr					510,00		510,00		510,00		510,00		510,00	
61330	Entr. & Rép. Construction														
61331	Entret. & Répar. Mat. Transp					7 840,72		7 840,72		7 840,72		7 840,72		7 840,72	
61332	Entret. Répar. Mat.														
61333	Entret. Répar. Mat. Inform.														
61334	Entret. & Répar. Mob. Bureau														
61335	Entret. & Rép. Inst. Génér.														
61336	Entret. & Rép. Moules														
61337	Maintenances Générale							2 900,00		2 900,00		2 900,00		2 900,00	
61338	Maintenances Informatique														
	Total	0,00	0,00	1 567,77	7 485,00	9 918,49	7 485,00	12 818,49	0,00	12 818,49	0,00	-442,58	0,00	-442,58	0,00

TMSA		Réalisé 2014	Budget 2015	Juillet		Août		Septembre		Octobre		Novembre		Décembre	
				2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
61220	Consommables			5 303,10		5 663,10		6 563,10		8 003,10		8 003,10		8 003,10	
61254	Fournitures d'entretien			-16 616,40		-16 616,40		-16 616,40		-13 398,64		-13 398,64		-13 398,64	
61255	Petit outil. & equip. entr			510,00		510,00		510,00		510,00		510,00		2 130,00	
61330	Entr. & Rép. Construction														
61331	Entret. & Répar. Mat. Transp			7 840,72		7 840,72		7 840,72		7 840,72		7 840,72		10 341,36	
61332	Entret. Répar. Mat.														
61333	Entret. Répar. Mat. Inform.														
61334	Entret. & Répar. Mob. Bureau														
61335	Entret. & Rép. Inst. Génér.					2 400,00		2 400,00		2 400,00		2 400,00		2 400,00	
61336	Entret. & Rép. Moules														
61337	Maintenances Générale			2 900,00		2 900,00		2 900,00		2 900,00		2 900,00		2 900,00	
61338	Maintenances Informatique														
	Total	12 378,82	0,00	-62,58	0,00	2 697,42	0,00	3 597,42	0,00	8 255,18	0,00	8 255,18	0,00	12 375,82	0,00

Tableau 28 : Charges fixes de la maintenance

5.2.8 Les coûts de la maintenance sous-traitée

Les coûts de la maintenance sous-traitée se divisent en deux :

- Les coûts des opérations d'étalonnage auprès d'un organisme agréé qui sont chiffrés lors des budgets de maintenance des quatre équipements critiques dont on dispose.
- Le coût de la maintenance sous-traitée d'autres équipements critiques du fait du manque des qualifications techniques en matière de la main d'œuvre :
 - a) Coût de la sous-traitance du pont roulant qui s'élève à 15 000 Dhs/an cela est justifié dans le contrat avec le sous-traitant qui est national.
 - b) Coût de la sous-traitance du Ratio-mètre qui est de l'ordre de 30 000 Dhs annuelle, justifié par le fait que la sous-traitance se fait par le service après-vente du constructeur.
 - c) Coût de la sous-traitance du testeur d'huile, qui est 40 000 Dhs/an, justifié par le fait que le sous-traitant n'est pas national, qui est le service technique du constructeur (BAUR)

Donc le coût de la maintenance est :

Cm=142 582.12 Dhs/an

Conclusion

D'abord il fallait bien s'intégrer et comprendre le fonctionnement de la société et ses différents services afin de pouvoir bénéficier de la collaboration de ses différents membres et de leurs conseils.

Ensuite, j'ai commencé mon étude par un Flow-chart processus de fabrication puis, par une analyse de l'existant pour bien comprendre le fonctionnement des équipements, ceci est fait à l'aide d'un diagnostic par la méthode d'YVES LAVINA, j'ai fait un inventaire codifié de tous les équipements de l'usine Suivi de la détermination des équipements les plus nécessaires en maintenance. Cette étude a été faite via une méthode basée sur la grille de criticité qui nous a permis d'évaluer chaque équipement en se basant sur différents critères.

Concernant l'élaboration des plans de maintenance préventive des équipements névralgiques, j'ai commencé par l'analyse des défaillances des fonctions techniques de chaque équipement (Analyse AMDEC), l'évaluation de leur criticité afin de trouver des actions correctives à mettre en œuvre et les actions préventives qui s'imposent. Ceci, en utilisant l'abaque de NOIRET qui permet d'aider à la décision de la politique de maintenance la plus adéquate pour chaque équipement jugé critique.

Enfin j'ai élaboré un budget de maintenance afin de pouvoir chiffrer chaque plan de maintenance préventive.

Comme perspectives, et dans le cadre de ce projet, il reste à aborder les problèmes suivants :

- ✓ Penser à intégrer les plans de maintenances et l'indicateur de suivi, qui ne sont pas définitifs au niveau du logiciel GMAO.
- ✓ Planifier et mettre en place le plan d'action correctif et amélioratif.
- ✓ Etudier la gestion des stocks des pièces de rechanges et consommables par la GMAO.
- ✓ Régler le problème des ressources humaines en maintenance pour l'atelier TMSA.

Bibliographie

- RAPPORT INTERNE – CAHORS MAROC
- Distribution Electrique MT, édition 2013 – 2014.
- Henri-Pierre Maders, Etienne Clet, Pratiquer la conduite de projet. Editions d'Organisations.
- Yves LAVINA – Audit de la maintenance. Edition d'organisation, Paris, 1992.
- <http://cрта.fr/wp-content/uploads/2013/07/59-Maintenance-labaque-de-Noiret.pdf>.
- Michel RIDOUX, AMDEC-Moyen, AG 4 220, Techniques de l'Ingénieur, traité L'entreprise industrielle.

Résumé

Ce projet de fin d'études entre dans le cadre de l'élaboration et la mise en place d'une politique de maintenance pour les équipements de l'usine Transfix Maroc.

On était amené au premier lieu à évaluer la fonction maintenance à travers un diagnostic par la méthode LAVINA, et déterminer les équipements critiques pour pouvoir choisir la politique de la maintenance à l'aide de l'outil d'abaque de Noiret.

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

Finalement on a mis en place un plan d'action de maintenance corrective et des plans de maintenance préventive (PMP), ainsi que les indicateurs de suivi techniques et financiers.

Mots clés : Méthode LAVINA, Abaque de Noiret, Analyse fonctionnelle, AMDEC, PMP, indicateurs de suivi.

Abstract

This end-of-studies project is concerned with the development and implementation of a maintenance policy for the plant Transfix Morocco.

Begin by evaluating the maintenance function through a diagnostic method of LAVINA, and identify critical equipments to choose the maintenance policy using the abacus Noiret tool.

Then, in order to develop a reliable maintenance plan, we made functional analyzes and Analysis of Failure Modes and Effects and Criticality Analysis (FMEA) for critical equipments.

Finally we implemented a corrective maintenance action plan and a preventive maintenance plans (PMP), and technical and financial monitoring indicators.

Keywords : LAVINA Method, Abacus of Noiret, Functional analysis, FMEA, PMP, Monitoring indicators.