



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا للتكنولوجيا

Ecole national supérieur de technologie

Département : Génie Industriel Et Maintenance

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme

D'Ingénieur d'état

-Filière : Génie Industriel-

-Spécialité : Management et Ingénierie de la Maintenance Industrielle -
& Génie industriel

- Thème –

Proposition d'un Modèle Pour la Gestion des Stocks et l'Optimisation des Ressources de la Maintenance

Réalisé par :

MOUSSAOUI Mohamed & LAKHDARI Lydia

Les membres de Jury :

Mr MESLOUB Mohammed	Président	MCB ENSTA
Mme SALHI Nedjma	Promotrice	MCB ENSTA
Mr REZGUI Wail	Examineur	MCB ENSTA

Alger, le 01/07/2024

Années universitaire : 2023 / 2024

Dédicace

"نبدأ بقول الله تعالى: "وما توفيقي إلا بالله، عليه توكلت وإليه أنيب.

مرحلة طويلة بدأناها منذ الصغر على بركة الله، عشنا فيها الحلو والمر، وبفضل الله أولاً ثم كل الذين ساعدونا،
تمكنا من إنهاؤها بخير، فله الحمد على كل شيء

بودي أن أقدم جزيل الشكر والامتنان إلى :

والديّ الأعراف الذين تعبوا وسهروا لتربيتنا وتعليمنا، والذين ضحوا براحتهم لضمان راحتنا.

أخواتي اللاتي لهن فضل كبير فيما أنا عليه وكل أفراد عائلتي الكبيرة.

أصدقائي حسان، محمد، هشام، وكل من كان سنداً لي في هذه الحياة.

زملائي وزميلاتي في الدراسة من الابتدائي إلى الجامعة.

شكراً لأساتذتي الذين سعوا لتعليمنا، والذين كان هدفهم أن نصبح أشخاصاً ناجحين في دراستنا، عملنا حياتنا.

لن أنسى فضل كل من ساعدني ووقف بجانبني، فلکم مني كل التقدير والامتنان. أنتم من صنعتم الفارق في حياتي،
وبفضل دعمكم وتشجيعكم استطعت أن أصل إلى ما أنا عليه اليوم

في الختام، أسأل الله أن يوفقني ويوفق الجميع إلى كل خير، وأن يجعل النجاح حليفنا في كل خطوة نخطوها
وأتمنى من الله أن أكون عند حسن ظن كل من وثق بي وساهم في دعمي.

الحمد لله دائماً وأبداً

والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته

Mohammed

Dédicace

A celui qui m'a tout et tant donné dans ce bas monde, celui que j'observe depuis petite lever les mains au ciel dans les nuits sombres et prie pour mon meilleur destin, celui qui m'a si bien élevé et que je n'ai jamais manqué de rien à ces côtés, Papa, cette réussite est avant tout la tienne ...

A ma mère, toi même tu le sais, je ne cesserai de t'obéir, le paradis est sous tes pieds

A Mina, ma grande sœur, ma seconde mère, pour son amour et ses encouragements, son époux Chemseddine, et leur adorable Assil

A mes autres sœurs, Maria, Cirine, et Wissal pour qui je souhaite réussite et bonheur

A mes amies, les meilleures de tous les temps : Hafsa, Hassiba Yousra et Leila, Maroua et Dihia, Ryma et Lyna, Katia Sophie et Lyly, Roukaia Hadjer et Bouthaina, Pour les fous rires, le soutien moral ... Merci pour les moments mémorables

A ceux, qui, par leur générosité et savoir, ont offert une nouvelle date de naissance 15/04/2024, que depuis j'ai décidé d'investir ma santé dans l'accomplissement des bonnes œuvres; la raison pour laquelle je suis sur terre : Dr Laledji, Dr Benafaa et Dr Niboucha, Dr Nia, Mme Houria et Mme Bounokta je ne manquerai de vous citer dans mes prières

A tous mes enseignants, très sages, qui ont permis de bâtir ce rêve, ont semé en moi cette passion pour l'apprentissage et ont inculqué le sens de travail dur et responsabilité

Pr Berroudji : « Je forme des ingénieurs, pas des incapables »

Mme Ghazi : « Les compétences, ça s'acquiert, concentrez-vous plutôt sur vos caractères »

Mr Agguini : « Est-ce que cela va m'empêcher de rentrer au Paradis ? »

A tous mes camarades de l'ENSTP et de l'ENST, qui sont là ou dans l'autre bout de la mer, je vous souhaite tout le succès

A mon binôme, Mohammed, de qui j'ai appris énormément. Merci pour le travail acharné, ton esprit d'équipe, ta compréhension et ta patience.

A tout ceux qui m'ont appris, ne serai ce qu'un mot ...

Lydia

Remerciement

Avant tout, nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude à Allah, le Tout-Puissant, pour nous avoir accordé la force, la patience et la détermination nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nos remerciements s'adressent également à Madame SALHI Nedjma, notre encadrante, pour son accompagnement, sa disponibilité et ses conseils avisés. Ses expertises dans le domaine de la maintenance et le génie industriel en général qui ne sont pas des très récents ont grandement soutenu la réalisation de ce mémoire,

Nous tenons à exprimer notre respect profond et gratitude pour votre intégrité.

Nous tenons également à remercier chaleureusement l'ensemble de l'équipe de l'entreprise ELECTRO-INDUSTRIES Azazga, où nous avons eu la chance d'effectuer notre stage. En particulier, nous remercions monsieur Hamad et monsieur Salih pour leur encadrement et toute l'équipe du bureau Méthode Maintenance pour leurs précieux conseils et leur soutien tout au long de cette expérience enrichissante.

Nous remercions également l'ensemble des professeurs qui nous ont enseigné à l'école et au long de toute notre carrière étudiante. Leurs enseignements et leurs encouragements ont été essentiels dans la réussite de ce parcours académique.

Aussi, nous exprimons notre gratitude aux membres du jury pour avoir pris le temps de lire et d'évaluer ce travail. Leur lecture attentive et leurs commentaires constructifs sont grandement appréciés.

Finalement, nous remercions tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire. Leur soutien, leurs encouragements et leur compréhension ont été d'une grande importance.

Table des matières

Chapitre 1 : Présentation des ressources de la maintenance	4
1.1 Introduction	4
1.2 Définition du terme « maintenance »	4
1.3 Situations de la Fonction Maintenance au sein de l'entreprise	4
1.4 Objectifs de la fonction maintenance.....	5
1.5 Domaine d'action du service maintenance	5
1.6 Organisation des opérations de maintenance	6
1.7 Définition des ressources de la maintenance.....	6
1.8 Classifications types des ressources	7
1.8.1 Les ressources humaines	7
1.8.2 Les Outils et équipements.....	8
1.8.3 La documentation technique	9
1.8.4 Les ressources financières (les coûts)	11
1.8.5 La pièce de rechange	13
1.9 Conclusion.....	19
Chapitre 2 : Analyse des ressources de maintenance liées à l'unité transformatrice (U.T.R) 21	
2.1 Introduction :	21
2.2 Présentation de l'entreprise ELECTRO-INDUSTRIES	21
2.3 L'unité transformatrice (U.T.R)	22
2.3.1 Les Départements de l'unité	23
2.4 La gestion de la production des transformateurs	24
2.4.1 Données statistiques sur la fabrication des transformateurs	25
2.4.2 Analyse du tableau	25
2.5 Analyse de la production avec la méthode Ishikawa.....	26
2.6 La gestion des ressources humaines de maintenance	28
2.6.1 L'équipe de maintenance	28
2.6.2 Echelons de maintenance.....	28
2.6.3 Niveaux de maintenance.....	28
2.6.4 La politique de formation	28
2.6.5 Étapes pour élaborer un plan de formation.....	29
2.6.6 Suivi et la gestion du plan de Formation	30

2.6.7	Types de formations pour le service maintenance	30
2.6.8	Les choix des organismes formateurs	30
2.6.9	Analyse des ressources humaines de service maintenance	31
2.7	Les équipements	31
2.7.1	L'analyse Pareto des machines de chaque atelier	32
2.7.2	Mise en œuvre de l'analyse de Pareto de l'atelier électrique	35
2.7.3	Mise en œuvre de l'analyse de Pareto de l'atelier mécanique	36
2.7.4	Analyse des pannes mécaniques et électriques de l'unité des transformateurs ..	38
2.7.5	Interprétation générale.....	39
2.8	Les coûts de maintenance.....	40
2.8.1	Collecte des données	40
2.8.2	Analyse des données des couts de maintenance.	41
2.8.3	Histogramme de hiérarchisation des coûts annuels	42
2.8.4	Interprétation des résultats.....	42
2.9	Les documents de maintenance	43
2.9.1	Le bon de réparation.....	43
2.9.2	Carte de machine.....	44
2.9.3	Le Plan et les numéros des points de lubrification pour une machine	44
2.9.4	Relevé des travaux de lubrification.....	45
2.9.5	Fiche historiques de machine.....	46
2.9.6	Planning de maintenance préventive d'une machine	46
2.9.7	Bon d'entrée de marchandise.....	47
2.9.8	Fiche navette.....	48
2.9.9	Demande d'approvisionnement	48
2.9.10	Analyse de la documentation.....	49
2.10	La gestion des stocks	49
2.10.1	Analyse de la gestion des Stocks de la maintenance.....	49
2.10.2	L'inventaire.....	51
2.10.3	Le Calcul des Coûts de Stocks chez ENEL.....	52
2.10.4	Interprétation.....	53
2.11	Conclusion.....	53
3.	Chapitre 3 : Propositions de solution pour la gestion des ressources de la maintenance. 56	
3.1	Introduction	56

3.2	Solution 1 : Les ressources humaines	56
3.2.1	La méthode "Bête à corne"	56
3.2.2	Formulation de la Bête à corne	57
3.2.3	La démarche d'amélioration de la Bête à corne.....	57
3.2.4	Le plan de formation interne.....	58
3.2.5	La formation externe	61
3.3	Solution 2 :Propositions de nouvelles Procédures de Maintenance	64
3.3.1	Procédure de Maintenance Corrective.....	64
3.3.2	Procédure de Maintenance Préventive	68
3.4	Solution 3 : La méthode abaque de Noiret.....	71
3.4.1	Les critères de l'abaque de Noiret.....	71
3.4.2	La mise en œuvre de la méthode.....	72
3.4.3	Méthode analytique	73
3.4.4	Interprétation.....	74
3.4.5	Autres Recommandations sur les moyens matériels	74
3.5	Solution 4 : Proposition des indicateurs pour la création d'un modèle de tableau de bord 74	
3.6	Des solutions pour faciliter la gestion des stocks.....	76
3.6.1	Arguments en faveur de la sélection du Modèle de Point de Commande	76
3.6.2	Conception du modèle point de commande par Python.....	78
	Conclusion générale.....	79
	Perspectives	82
	Annexe A : les modèles de gestion des stocks.....	80
	Annexe B : informations sur l'unité des transformateurs.....	85
	Bibliographie.....	91
	ملخص	96
	Résumé	96
	Abstract	96

La liste des tableaux

Tableau 1-1: modèles générique de gestion de stock _____	18
Tableau 2-1: la production des transformateurs annuelle et mensuelle _____	25
Tableau 2-2 : Les machines de l'U.T.R _____	32
Tableau 2-3: analyse de Pareto électrique _____	35
Tableau 2-4: l'analyse de pareto mécanique _____	36
Tableau 2-5: Nombre d'arrêts et des coûts des trois principales machines de l'atelier mécanique _____	38
Tableau 2-6: les pannes mecainques et electriques _____	38
Tableau 2-7: Hiérarchisation des couts _____	41
Tableau 2-8: Les pièces intégrées _____	50
Tableau 2-9: les couts des stock _____	53
Tableau 3-1 : Explications des étapes _____	67
Tableau 3-2 : Explications des étapes _____	70
Tableau 3-3 : Les critères de l'abaque de Noiret comprennent les divers sous-critères ainsi que le nombre de points de chacun. _____	72
Tableau 3-4: Le nombre de points de a partir des critères de chaque machine _	73
Tableau 3-5: Grille de décision _____	73
Tableau B 1 :Répartition des effectifs par Unités/Direction générale et par CSP	88
Tableau B 2 : La répartition des ouvriers au niveau de la production de l'U.T.R	89
.....	
Tableau B 3: tranche d'âge des ouvriers.....	89
Tableau B 4 :La capacité de production des transformateurs	91

La liste des figures

Figure 1-1: Place de la maintenance dans l'entreprise	5
Figure 1-2: coût de cycle de vie d'un bien	8
Figure 1-3: Structure de la documentation du service maintenance	9
Figure 1-4: Processus opérationnel de la gestion de pièces de rechange.	13
Figure 1-5: Représentation du stock maximum	17
Figure 1-6: Représentation du stock minimum	17
Figure 1-7: Représentation du stock de sécurité	18
Figure 1-8: Représentation du stock d'alerte	18
Figure 2-1: Organigramme de l'entreprise ELECTRO-INDUSTRIES AZAZGA	22
Figure 2-2: Taux réalisé par l'U.T.R par rapport au C.A global d'E-I	23
Figure 2-3: L'organigramme de l'unité transformatrice (U.T.R)	24
Figure 2-4: diagramme Ishikawa sur la gestion de production.	26
Figure 2-5: organigramme du service de maintenance	28
Figure 2-6: les étapes de la formation	29
Figure 2-7: Historiques des réparations pour le four de séchage sous vide	33
Figure 2-8: Historiques des réparations pour la cabine de peinture	34
Figure 2-9: Historiques des réparations pour la découpeuse des tôles de noyaux	34
Figure 2-10: digramme de pareto électrique	36
Figure 2-11: diagramme de pareto mécanique	37
Figure 2-12: hiérarchisation des coûts annuels	42
Figure 2-13: Bon de réparation	43
Figure 2-14: Carte de machine	44
Figure 2-15: Le plan et les numéros des points de lubrification pour une machine	45
Figure 2-16: Relevé des travaux de lubrification	45
Figure 2-17: Fiche historique de machine	46
Figure 2-18: Planning de maintenance préventive d'une machine	47
Figure 2-19: Bon d'entrée de marchandise	47
Figure 2-20: Fiche navette	48
Figure 2-21: Demande d'approvisionnement	48
Figure 3-1: l'analyse Bête à corne	57
Figure 3-2: Démarche d'amélioration par la Bête à corne	57
Figure 3-3: planification des formations avec digramme de Gantt	60
Figure 3-4: L'avancement d'ensemble de projet.	60
Figure 3-5: diagramme de Gantt de formation externe	63
Figure 3-6 : l'avancement d'ensemble de projet.	64

Figure 3-7 : Étapes de la mise en œuvre de la maintenance corrective	65
Figure 3-8 : processus de maintenance corrective	66
Figure 3-9: Étapes de la mise en œuvre de la maintenance préventive.	68
Figure 3-10: processus de maintenance préventive	69
Figure 3-11: Articles stockés	78
Figure 3-12: Signal automatique des réapprovisionnements	79
Figure 3-13: Liste des articles disponibles	79
Figure 3-14: Liste des fournisseurs	80
Figure 3-15: Les options ou les paramètres de système	80
Figure 3-16: Approvisionnement d'un nouvel achat	80
Figure 3-17: Mise à jour des niveaux des quantités	81
Figure A 1 : Présentation d'une demande constante	83
Figure A 2 : Réapprovisionnement à Date fixe et Quantité variable	85
Figure A 3 :Réapprovisionnement à Date variable et Quantité fixe	86
Figure A 4 :Réapprovisionnement à Date variable et Quantité variable	86
Figure B 1 : Pyramide d'âge de l'Effectif UTR	90
Figure B 2 La pyramide de l'ancienneté	91
Figure B 3 :La planification des transformateurs au sein de l'U.T.R	92
Figure B 4 : Modes de fabrication des transformateurs par Electro-industrie	93

La liste des abréviations

AFNOR : Association française de normalisation

BT : basse tension

Cmo : cout de la main d'œuvre

DTE : document technique de l'équipement

EFMNES : Fédération européenne des sociétés nationales de maintenance

ENEL : entreprise nationale électro-industries

FIFO : first in first out

GMAO : gestion de la maintenance assistée par ordinateur

HT : haute tension

LCC : life cycle cost

MTTR: mean time to repair

PDR : pièce de rechange

UTR : unité des transformateurs

Introduction générale

Introduction générale

La bonne gestion de maintenance C'est-à-dire, la bonne gestion des ressources de la maintenance.

La maintenance industrielle est essentielle pour assurer la continuité et l'efficacité des opérations des entreprises. Elle inclut l'ensemble des actions techniques, administratives et managériales nécessaires pour maintenir ou rétablir les équipements dans un état fonctionnel.

Les ressources de maintenance, telles que le personnel, les équipements, la documentation, les pièces de rechange et les coûts de maintenance, jouent un rôle crucial dans ce processus.

Une gestion efficace de ces ressources est indispensable pour minimiser les temps d'arrêt, prolonger la durée de vie des équipements et réduire les coûts opérationnels.

Dans ce mémoire, nous examinons les différentes stratégies pour une gestion optimale des ressources de maintenance en effectuant une étude théorique approfondie et une analyse pratique au sein de l'entreprise ELECTRO-INDUSTRIES. Nous repérerons les lacunes présentes et suggérerons des mesures concrètes afin d'améliorer l'efficacité et les résultats du service de maintenance.

On peut donc poser la question suivante : Comment optimiser la gestion des ressources de maintenance au sein d'une entreprise industrielle ?

Pour remédier à la problématique de notre travail, nous avons divisé le travail en trois chapitres séparés :

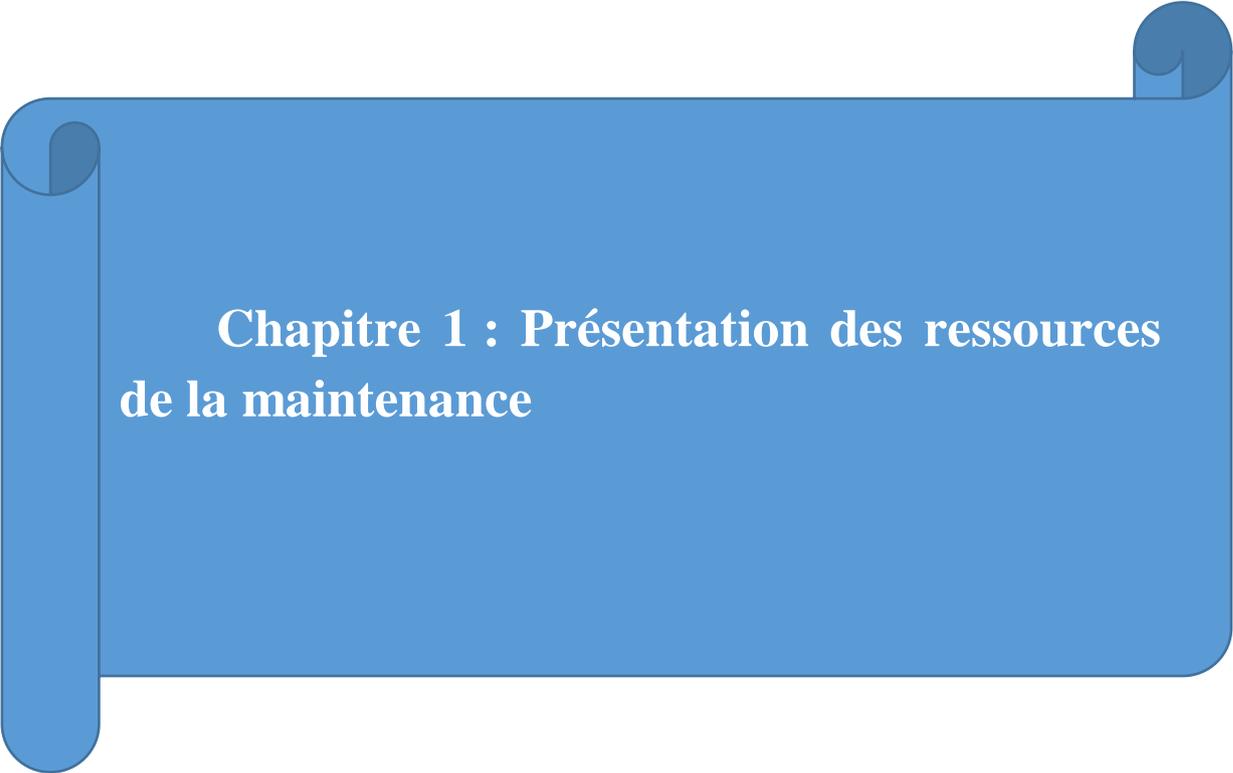
Le premier chapitre est consacré à l'aspect théorique de la maintenance industrielle, définissant ses objectifs, types et stratégies, et classifiant les ressources de maintenance (personnel, coûts, documentation, outils, équipements et gestion des stocks), en détaillant leur rôle et leur importance.

Le deuxième chapitre présente l'analyse pratique menée chez ELECTRO INDUSTRIES AZAZGA, avec un focus sur l'unité des transformateurs. Nous y réalisons une analyse approfondie des ressources de maintenance pour identifier les points faibles dans leur gestion.

Le chapitre final propose des solutions pour la gestion des ressources de maintenance. Nous évaluons les compétences des ressources humaines avec la méthode de la bête à cornes et proposons un plan de formation. Un tableau de bord des indicateurs clés de

Introduction générale

performance (KPI) est suggéré pour suivre la maintenance. Nous optimisons les processus de maintenance corrective et préventive, analysons les équipements critiques avec la méthode Abaque de Noiret, et présentons un modèle de gestion des stocks.

A blue graphic element resembling a scroll, with a vertical strip on the left and a horizontal strip on the right, both with rounded ends. The text is centered within the horizontal strip.

Chapitre 1 : Présentation des ressources de la maintenance

Chapitre 1 : Présentation des ressources de la maintenance

1.1 Introduction

Le premier chapitre s'ouvre sur une exploration des fondements de la maintenance, débutant par la définition de la maintenance, ses objectifs et ses différents types, sa stratégie ainsi que d'autres aspects pertinents pour la compréhension globale du sujet.

Ensuite, nous procéderons à une classification des ressources de la maintenance, incluant le personnel, les coûts, la documentation, les outils et les équipements et la gestion des stocks des pièces de rechange. Chaque type de ressource sera examiné en détail, mettant en lumière son rôle et son importance dans le cadre des opérations de maintenance.

1.2 Définition du terme « maintenance »

1. La première définition normative de la maintenance a été établie par l'AFNOR en 1994 (norme NFX 60-010), laquelle on la décrit comme « l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé ».
2. Depuis 2001, cette définition a été remplacée par une nouvelle norme européenne (NF EN 13306 X 60-319), qui la définit comme suit : « Ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise ».
3. La Fédération européenne des sociétés nationales de maintenance (EFNMS) propose une définition similaire : « Toutes les actions qui ont pour objectif de garder ou de remettre une chose en état de remplir la fonction qu'on exige d'elle. Ces actions regroupent toutes les actions techniques et toutes les actions d'administration, de direction et de supervision correspondantes ».

1.3 Situations de la Fonction Maintenance au sein de l'entreprise

a) Centralisation

Où toute la maintenance est assurée par un service. La Maintenance industrielle joue de plus en plus un rôle central dans l'organisation de la production, au travers des différentes activités qu'elle regroupe, tel qu'il est exprimé sur le schéma suivant. [1]

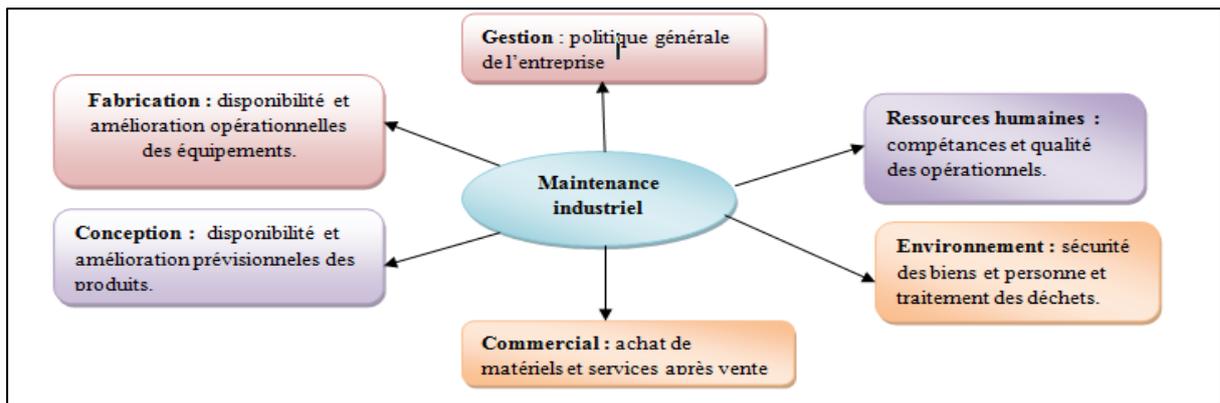


Figure 0-1: Place de la maintenance dans l'entreprise

b) Décentralisation

Où la maintenance est confiée à plusieurs services, de dimensions proportionnellement plus modeste et liées à chacun des services de l'entreprise. [4]

Dans ce cas, le service maintenance n'a pas de direction unique. Les différents pôles maintenance adjoints aux autres services de l'entreprise dépendent bien souvent hiérarchiquement de ces derniers.

1.4 Objectifs de la fonction maintenance

L'objectif essentiel de la maintenance est le maintien au meilleur niveau de performance et de service des équipements industriels, et ceci au moindre coût, Les principaux objectifs sont :

- ✓ Augmenter le volume de production.
- ✓ Réduire les dépenses de maintenance.
- ✓ Améliorer la rentabilité des capitaux employés.
- ✓ Instaurer et faire évoluer la culture de management de la maintenance.

Mais pour réaliser les objectifs précédemment cités il faut que les trois facteurs suivants soient disponibles :

❖ Facteur économique

Moindres coûts de défaillances, moindres coûts directs de prestation, économie d'énergie.....

❖ Facteur humain

Conditions de travail, sécurité, nuisances

❖ Facteur technique

Disponibilité et durabilité des machines.

1.5 Domaine d'action du service maintenance

Selon les types d'organisation adoptés, on observe deux fonctions principales au sein de la maintenance. [2]

La fonction exécution technique : à caractère opérationnel, prenant en charge l'ensemble des interventions sur les équipements :

Chapitre 01 : Présentation des ressources de la maintenance

- Mécanique.
- Electrique.
- Pneumatique,
- Hydraulique

La fonction Management

Le management de la maintenance industrielle n'est pas chose aisée et toute la mesure de sa complexité réside à la fois dans la volonté de réduire les coûts d'investissement tout en améliorant la disponibilité et la performance des équipements et dans la volonté de réduire leurs coûts de maintenance tout en accroissant leur durée de vie.

La fonction maintenance repose sur des principes d'organisation fondamentaux :

- ✓ Gestion du personnel.
- ✓ Gestion des équipements.
- ✓ Gestion des interventions (programme, ordonnancement, lancement et suivi).
- ✓ Gestion des pièces de rechanges et des approvisionnements.
- ✓ Gestion de la documentation technique.
- ✓ Gestion des couts et budgets (analyses et statistiques).
- ✓ Module GMAO.
- ✓ Etudes et méthodes, veille technologique.

1.6 Organisation des opérations de maintenance

L'organisation des opérations de maintenance se fait autour d'une planification des travaux, d'une gestion des pièces de rechange et des informations recueillies des tableaux de bord. [3]

Une bonne planification des travaux de maintenance repose sur une bonne organisation des fonctions préparation, ordonnancement, et réalisation.

A : la fonction préparation : C'est la fonction qui est chargée de prévoir, définir et réaliser les conditions optimales d'exécution d'un travail.

B. La fonction Ordonnancement : C'est la fonction qui est chargée de gérer les temps d'activités. Ainsi elle occupe une position chronologique entre la fonction Préparation et la fonction Réalisation.

C. La fonction réalisation : Elle est chargée d'effectuer les interventions suivant le planning de la fonction Ordonnancement. Elle utilise le moyen mis à sa disposition, suivant les procédures définies, pour remettre l'équipement dans l'état spécifié.

1.7 Définition des ressources de la maintenance

Les ressources de maintenance sont les moyens nécessaires pour assurer la maintenance des équipements et des infrastructures d'une entreprise. La planification des ressources est un processus majeur pour les interventions de maintenance sur les équipements. [4]

1.8 Classifications types des ressources

Les ressources de la maintenance se réfèrent aux éléments nécessaires pour assurer le bon fonctionnement, la disponibilité et la durabilité des équipements, des installations ou des systèmes. Ces ressources comprennent divers aspects tels que le personnel, les outils, les pièces de rechange, les procédures, les équipements de diagnostic, et d'autres éléments essentiels à la gestion efficace de la maintenance.

1.8.1 Les ressources humaines

Les techniciens, ingénieurs et autres professionnels qualifiés qui effectuent des tâches de maintenance préventive et corrective.

Définition de la gestion des ressources humaines

Parler des ressources humaines ne se limite pas à considérer les individus comme de simples ressources, mais plutôt à reconnaître que les personnes possèdent des compétences et des talents. L'objectif de la Gestion des Ressources Humaines (GRH) est de développer ces ressources (compétences, talents, habilités) chez tous les individus travaillant pour l'entreprise et de les mobiliser dans le cadre de ses projets. [5]

Fonctions de la GRH

La Gestion des Ressources Humaines (GRH) d'une organisation englobe l'acquisition, le développement et la conservation des ressources humaines, visant à fournir une main-d'œuvre productive et stable. Elle s'exerce quotidiennement sur quatre grands domaines d'action :

1. La GRH vise à aligner les besoins en compétences de l'entreprise avec les talents individuels, en ciblant les besoins présents et les capacités d'adaptation future des employés.
2. Englobant à la fois le service de paie et la motivation par le salaire, la GRH cherche l'équilibre entre le coût pour l'entreprise et la motivation nécessaire pour les salariés.
3. Stratégique au cœur de l'entreprise, la GRH prévoit et adapte le capital humain en fonction des besoins, assurant la performance et la réactivité dans un environnement changeant.
4. Allant au-delà de la simple prévention de l'absentéisme, la GRH vise à améliorer la productivité en tenant compte de la psychologie des employés, en considérant la motivation et le stress. [6]

1.8.2 Les Outils et équipements

Outils

Les outils sont des instruments ou dispositifs utilisés pour réaliser une tâche spécifique. Ils sont généralement portatifs et utilisés manuellement ou de manière mécanique pour accomplir des opérations précises.

Équipements

Les équipements se réfèrent à un ensemble de machines, dispositifs, ou installations utilisés pour des processus ou des opérations plus complexes.

Critères pris en compte dans la gestion des équipements

a. Taux de marche

C'est le rapport du temps de marche de la machine sur le temps théorique disponible de production. Ceci est une moyenne faite sur les données antérieures disponibles. Si le taux de marche d'un équipement est :

- élevé : l'équipement devra tendre à être prioritaire. Son entretien éventuel pourrait intervenir à des moments déterminés à l'avance (heures supplémentaires, pas de production.)
- bas : il faudra alors planifier son entretien pendant les heures creuses.

b. Coût de la maintenance

Il s'agit ici d'affecter la part des dépenses de maintenance consacrée à la machine considérée.

c. Moyenne des temps de réparation(MTTR)

C'est le rapport du temps total des réparations sur le nombre des réparations. Calcul fait à partir des données historiques. Le temps à prendre en considération est celui s'écoulant depuis que le service d'entretien est avisé de la panne jusqu'à la remise en état de la machine. [7]

d. Coût du cycle de vie d'un bien

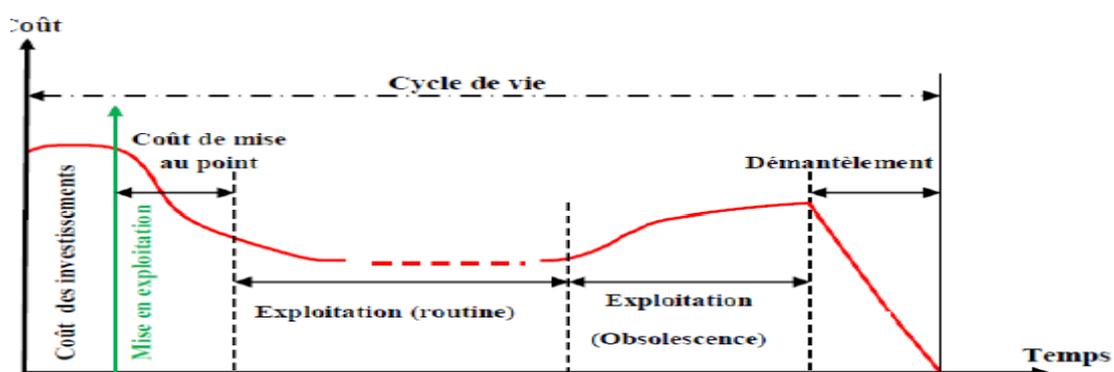


Figure 0-2: coût de cycle de vie d'un bien [8]

D'après la norme EN 13306, le coût du cycle de vie d'un bien est « l'ensemble des coûts engendrés pendant le cycle de vie du bien ». Cette définition est entièrement compatible avec le concept anglo-saxon de LCC. Pour l'utilisateur ou le propriétaire, le LCC peut inclure les coûts relatifs à l'acquisition, à l'exploitation, à la maintenance et à l'élimination du bien. Or, l'expérience prouve que le ratio « coût/performance requise » tout au long du cycle de vie n'a rien de linéaire et ne répond pas à des lois mathématiques facilement modélisables. Cela

Chapitre 01 : Présentation des ressources de la maintenance

vient du fait que les conjonctures ont une forte influence sur les exigences : les stratégies d'utilisation et/ou les méthodes employées sont fondamentalement différentes selon les périodes considérées

On distingue :

- Le coût d'investissement initial de l'équipement (frais d'études, coût d'acquisition et coût de recette),
- Le coût des mises au point, investissements supplémentaires ou dépenses d'exploitation exceptionnelles,
- Les coûts d'exploitation composés des coûts de fonctionnement (matières premières, énergie et consommables, personnel) et de maintenance.
- Le coût de démantèlement (démontage et mise au rebut).

Les coûts d'exploitation sont maîtrisés sur une période dite « de routine », qu'on espère la plus longue possible et qui est liée aux choix technologiques initiaux. Après cette période, les pertes de performances, qui sont liées à l'obsolescence et la vétusté du bien, obèrent les coûts de maintenance mais également les coûts liés à son indisponibilité.

1.8.3 La documentation technique

Les manuels d'utilisation, schémas, plans et autres documents techniques nécessaires pour la compréhension, la maintenance et la réparation des équipements.

En générale la documentation au niveau du service maintenance se compose des éléments suivants : [9].

- Dossiers techniques pour la préparation d'interventions plus efficaces et plus sûres,
- Modes opératoires pour les interventions proprement dites,
- Dossiers historiques pour la politique de maintenance à mettre en place (traçabilité des interventions et analyse du comportement des équipements),
- Catalogues constructeurs pour la gestion du stock maintenance,

La structure générale de la documentation d'un service maintenance est donnée à la figure ci-dessous. Cette documentation se décompose en deux grandes parties : la documentation générale et la documentation stratégique.

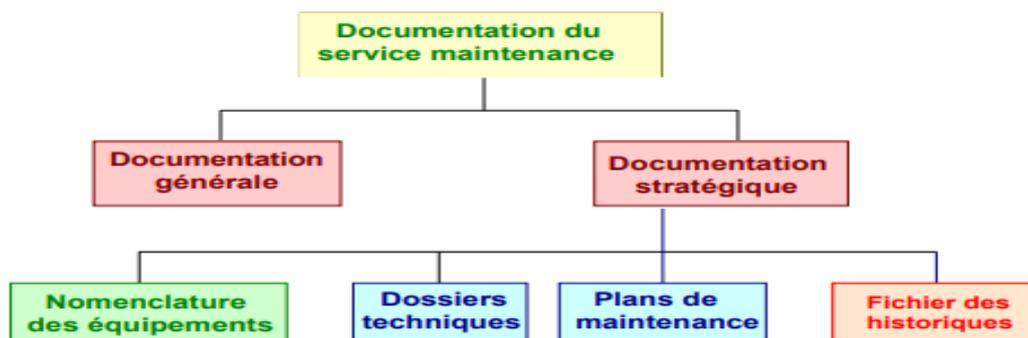


Figure 0-3: Structure de la documentation du service maintenance [9]

Documentation générale

Le service de maintenance doit être équipé d'une documentation générale constamment actualisée, comprenant des ouvrages de techniques fondamentales ainsi que des

documents spécialisés pour des études approfondies. En parallèle, il doit s'abonner à des revues techniques et aux articles de conférences pour assurer une veille technologique, accéder à toutes les normes et conventions et disposer des catalogues des fournisseurs.

Documentation stratégique : Elle se décompose en quatre grandes parties,

a. La nomenclature des équipements ou inventaire du parc matériel

Tous les matériels et biens durables de l'entreprise doivent être inventoriés, classés et codifiés afin de constituer une nomenclature. Une telle nomenclature va faciliter l'établissement des budgets de maintenance, la mise en place de plans de maintenance préventive et plus généralement des méthodes de maintenance. [9]

b. Le dossier technique des équipements (DTE)

Le Document Technique (DTE) représente la première documentation à partir de laquelle tous les autres dossiers techniques seront dérivés. Sa complétude est cruciale, et il doit être défini de manière exhaustive dans le cahier des charges d'achat de l'équipement. Cette documentation est essentielle dès l'arrivée de l'équipement dans l'entreprise pour son installation, car l'expérience démontre que récupérer cette documentation ultérieurement est souvent difficile. Étant onéreuse pour le fournisseur, il peut être réticent à la fournir intégralement. Le DTE devrait être une exigence contractuelle entre le client et le fournisseur, soulignant son importance pour les mainteniciens qui risquent le plus en cas de manque de documentation.

c. Le plan de maintenance des équipements

Il provient de la phase opérationnelle du cycle de vie, phase pendant laquelle s'effectue la maintenance. Il est donc riche en informations. Le plan de maintenance ne doit comprendre que ce qui est strictement nécessaire aux mainteniciens dans leurs activités quotidiennes. Ses objectifs sont d'adapter la documentation à la notion de risque (perte de disponibilité de l'équipement), limitation des pertes de temps lors des interventions et gestion plus efficace de l'espace documentaire [9]

d. Définitions des différents types de documentation

- **Mode opératoire (MO)** : ensemble des étapes séquentielles à suivre, afin d'exécuter une opération de maintenance, depuis les activités préparatoires, comme l'étude et les politiques de définition, jusqu'à l'analyse lorsque le travail est terminé et jusqu'à la définition des actions à entreprendre pour améliorer des cas futur similaires. [9]

- **Bon de travail (BT)** : document contenant toutes les informations relatives à une opération de maintenance et les références à d'autres documents nécessaires à l'exécution du travail de maintenance. [9]

- **Bon de mouvement (BM)** : document permettant au logisticien de suivre les mouvements d'un équipement mobile. [9]

Chapitre 01 : Présentation des ressources de la maintenance

- **Bon de sortie magasin (BSM)** : document qui permet au maintenicien de sortir un équipement ou un composant du magasin ; il permet aussi au magasinier de comptabiliser et de suivre le stock des pièces de rechange. [9]

- **Fiche d'intervention technique** : Elle sert de liaison entre le technicien de maintenance et les « méthodes maintenance ». Elle indique en particulier les opérations réalisées, les pièces de rechange et les consommables utilisés

- **Fiche de suivi d'un équipement** : elle permet de retracer tous les évènements surmenants pendant la phase opérationnelle de l'équipement. C'est la notion d'historique que nous traiterons à part. [9]

- **Liste des articles consommables** : recueil contenant la référence de tous les composants prévus pour être consommés pendant l'utilisation normale de l'équipement. Ces articles sont conçus de telle sorte qu'ils ne soient pas réparables ou qu'ils disparaissent pendant l'utilisation de l'équipement. [9]

- **Liste de pièces d'usure** : liste contenant la référence de toutes les pièces prévues pour s'user pendant l'utilisation normale de l'équipement. Ces articles peuvent être réparables ou non réparables. La connaissance des pièces d'usure permet une gestion optimisée des stocks de pièces de rechange. [9]

- **Liste des pièces de rechange** : liste contenant la référence de toutes les pièces prévues pour être échangées suite à une usure ou une détérioration pendant l'utilisation normale de l'équipement. Ces articles peuvent être réparables ou non réparables. [9]

- **Liste des articles non consommables** : recueil contenant la référence de tous les composants prévus pour la remise en état de l'équipement avant réutilisation. Ces articles sont conçus de telle sorte qu'ils soient réparables au cours du cycle de vie de l'équipement. [9]

- **Le fichier des historiques** : élément clé de la documentation de maintenance, enregistre de manière chronologique les défaillances, pannes et informations liées à la maintenance d'un bien. Comparable au "carnet de santé" des individus, il offre un aperçu complet de la vie du matériel, notant toutes les interventions de maintenance et les améliorations apportées depuis sa mise en service.

1.8.4 Les ressources financières (les coûts)

Les coûts de maintenance peuvent être divisés en deux grandes familles : les coûts directs qui conditionnent l'activité même de maintenance, ils sont quantifiables et les coûts indirects correspondants au "manques à gagner" résultant de l'indisponibilité de l'équipement de production, certains sont quantifiables et d'autre non. [10]

a. Coûts directs

Les coûts directs de maintenance, qu'il s'agisse de maintenance corrective ou préventive, englobent les dépenses directement attribuables à l'activité de maintenance. Les frais associés à l'exécution des opérations de maintenance comprennent notamment :

Chapitre 01 : Présentation des ressources de la maintenance

1- Salaires du personnel du service de maintenance, y compris les charges sociales liées à la main-d'œuvre.

$$C_{mo} = TTR \times T_{mo}$$

Avec T_{mo} = total des charges pendant la période / nombre total d'heures

2- Coût des fournitures de maintenance et consommables

On peut distinguer plusieurs éléments :

--Le coût des pièces de rechange pendant l'intervention, enregistré dans l'ordre de travail (OT). Ce coût est régulièrement mis à jour à partir des factures d'achat et ajusté en tenant compte des coûts de passation de commande, des frais de magasinage et de la dépréciation.

--Les consommables et produits utilisés au cours des opérations de maintenance, tels que la visserie, la graisse, les chiffons, etc.

*Le prix de ces fournitures est connu à partir des factures.

3-Le coût de la maintenance externalisée, il englobe :

- Le coût des contrats de maintenance, généralement négocié annuellement.
- Le coût des travaux sous-traités.

4- Les frais fixes comprennent :

- Les frais généraux du service maintenance (salaires des cadres et employés de bureau autres que ceux du service maintenance mais en relation directe avec celui-ci, les loyers et assurances des locales maintenances, les frais de chauffage et/ou climatisation, d'éclairage, de téléphone, de reprographie, etc.),

- Les coûts de possession des outillages, machines et stock du service maintenance (amortissement, pertes par dépréciation).

Ces frais fixes sont estimés à l'année puis ramenés à l'heure d'activité. Le total des coûts directs est la somme de ces coûts.

2. Coûts indirects : intègrent toutes les conséquences économiques induites par un arrêt propre d'un équipement de production. On les appelle encore coûts de pertes de production ou coûts de non maintenance. Ils prennent en compte plusieurs critères.

- Les coûts de perte de production : c'est le manque à gagner de production. Il est clair que si l'arrêt se produit en fin de ligne de production, les produits ne sont pas vendus par l'entreprise, mais sont vendus par la concurrence.
- Les coûts de non-production, c'est à dire les dépenses fixes non couvertes et dépenses variables non incorporées : coûts d'amortissement (non réalisé) du matériel arrêté, coût du matériel excédentaire.
- Les coûts de la main d'œuvre inoccupée pendant le temps.
- Coût de non-qualité de production provoquée par la défaillance des équipements de production (coûts des rebuts et/ou retouches),
- Frais de redémarrage de la production, le redémarrage induisant une perte de matière et une non-qualité (rebut).
- Les pénalités commerciales ou coûts induits pour délais non tenus.

- Coûts induits en cas d'accidents corporels.
- Les conséquences sur l'image de marque : elles génèrent les pertes de clients mais ne sont pas chiffrables directement.

1.8.5 La pièce de rechange

Définition

Le terme « pièce de rechange », est souvent utilisé pour désigner : un composant élémentaire, un sous-ensemble ou tout un équipement préservé pour servir ultérieurement à remplacer une pièce défectueuse ou dégradée dans un système donné.

Selon la norme française **NF X 60-0122**, une pièce de rechange est définie comme étant : « un article destiné à remplacer une pièce défaillante ou dégradée sur un bien donné ».

Cette définition implique clairement qu'il s'agit d'un élément clé de la gestion de maintenance, dont la disponibilité affecte directement les performances de l'entreprise.

Processus de gestion des stocks de la PDR

Le processus de gestion des stocks de la PDR est un processus de support indispensable pour la maintenance des équipements en entreprise. Du coup, il devient impératif au gestionnaire de la pièce de rechange, de bien cerner le fonctionnement de ce processus. Pour ce faire, il convient d'explicitier les activités clés dont il est composé ainsi que les interactions qui les régissent. Le processus est démontré dans le schéma si dessous.

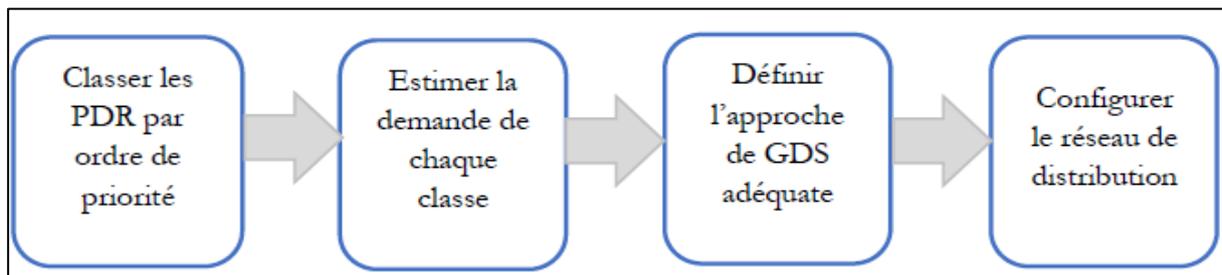


Figure 0-4: Processus opérationnel de la gestion de pièces de rechange. [11]

➤ Etape 1 : Classification des PDR

La gestion des stocks de la PDR est une gestion sélective basée sur la classification des articles selon des critères d'importance, tels que : la disponibilité sur le marché, le coût de réparation et la fréquence de panne, etc. Plusieurs méthodes ont été développées dans ce sens.

➤ Etape 2 : Estimation de la demande de chaque catégorie de PDR

Pour chaque catégorie de la liste établie dans le sous processus précédent, il importe d'estimer la quantité requise sur tout le cycle de vie économique de l'équipement qui les fait intervenir. Pour y arriver, il faut estimer le nombre moyen de remplacements à la panne et, le cas échéant, le nombre moyen de remplacements préventifs.

➤ Etape 3 : Choisir l'approche de gestion des stocks de la PDR :

Une approche de gestion de stock consiste à définir l'ensemble de méthodes adoptées pour dimensionner ce stock dans le temps, et bien optimiser ses stocks commence par choisir un modèle de gestion optimal.

➤ Etape 4 : Configurer le réseau de distribution des PDR

L'organisation du réseau logistique des pièces de rechange doit permettre de rationaliser les coûts liés aux pièces de rechange (achat, transport, stockage, distribution) tout en assurant le service attendu par les sites utilisateurs. A cet égard, le choix porte sur une des deux configurations :

- I. **La mutualisation entre les sites** : où l'entreprise opte pour un magasin de stockage et une gestion des stocks centralisés pour tous ses sites d'intervention.

- II. **La gestion indépendante** : qui consiste à décentraliser la gestion des stocks de la PDR, où chaque site d'intervention a son propre magasin de stockage géré par lui indépendamment des autres sites.

Généralités sur la gestion des stocks de PDR

1. La notion de stock

Un stock se compose de biens ou d'articles rassemblés en prévision d'une utilisation ultérieure, plus ou moins imminente. Il sert à approvisionner les utilisateurs en fonction de leurs besoins sans les contraindre aux délais et aux coûts liés à une production par des fournisseurs. [12]

2. Types de stocks

- Le stock de matières premières : Cette réserve englobe les produits acquis par l'entreprise auprès de ses fournisseurs en vue d'une transformation ultérieure.
- Le stock de produits en cours de fabrication : Il englobe des articles non encore finalisés, nécessitant une étape de transformation spécifique avant d'être commercialisés par l'entreprise.
- Le stock de produits finis : Ces articles ont subi toutes les étapes de transformation nécessaires au sein de l'entreprise et sont désormais prêts à être mis en vente.
- Le stock de marchandises : Cette catégorie concerne les stocks détenus par les commerçants, constitués de produits n'ayant subi aucune valeur ajoutée de transformation par l'entreprise et étant revendus à des fins lucratives.

3. La gestion des stocks

La gestion des stocks est l'ensemble des techniques et méthodes scientifiques qui permettent d'assurer un approvisionnement optimal et de satisfaire les besoins des utilisateurs en temps opportun, dans les meilleures conditions économiques. [13]

4. Objectifs de la gestion des stocks [14]

Les objectifs de la gestion des stocks se déclinent en deux axes principaux :

- ✓ D'une part, la gestion quantitative et financière des matières premières, des produits en cours de fabrication et des articles finis au sein de l'entreprise.
- ✓ D'autre part, la minimisation de ces stocks, en s'appuyant sur des données fiables, dans le but de réduire les coûts de revient et d'atténuer les risques liés à l'obsolescence technique.

Parmi les autres objectifs de la gestion des stocks :

Chapitre 01 : Présentation des ressources de la maintenance

- Comprendre l'impact des stocks au sein d'une entreprise évoluant dans un marché ouvert économiquement, où la compétitivité revêt une importance cruciale en tant qu'objectif économique.
- Adapter une approche efficace en matière de gestion des stocks et d'approvisionnements au sein de l'entreprise.
- Définir clairement les différentes catégories de stocks présentes dans l'entreprise.
- Maîtriser la caractérisation de l'ensemble des stocks pour mieux orienter leur utilisation.
- Anticiper les besoins pour la période à venir et déterminer les quantités à commander afin d'éviter les situations de pénurie.

5. Les coûts liés au stock

Lorsque les entreprises font l'acquisition de stocks elles immobilisent des capitaux
Voici une liste des coûts engendrés par les stocks [15]

- Les locaux : Emplacement adapté pour entreposer les stocks, il en résulte en général des frais (éclairage, chauffage, assurance, entretien des bâtiments...).
- Le personnel : Personnes qui participent à la bonne marche du magasin (magasiniers, secrétariat, gardiens...). Coût lié à l'importance et à la nature du matériel stocké.
- Le matériel : Matériel spécifique suite à la nécessité du produit (rayonnage, chariot élévateurs...).
- La détérioration : Risque d'endommager ou de détruire les objets fragiles lorsqu'ils sont manipulés (verre, appareil de mesure..) dégradations des systèmes non utilisés (Corrosion, déformation...).
- La péremption : Articles périmés ou inutilisable suite à la modification des normes ou au dépassement de la date d'utilisation (alimentaire, produit pharmaceutique...).

6. Les techniques de la gestion de stocks [13]

a. La nomenclature

C'est la liste de l'ensemble des articles constituant le stock. Chaque article y figuré avec sa désignation. La nomenclature doit être construite de telle sorte qu'elle soit à proximité les unes des autres afin de faciliter la recherche.

b. La codification

C'est l'attribution d'un code, généralement numérique pour chaque article en stock. La codification doit être parlant afin de faciliter la recherche, stable car le même article doit avoir toujours le même code et ne doit subir des changements pour une raison ou une autre, il faut faire en sorte que la codification en sorte soit perméable pour permettre l'enregistrement de nouveaux articles dans une catégorie déjà existante.

c. La normalisation

C'est simplifier et diminuer le nombre d'articles en utilisant le même pour différents usages, ce qui aboutit à réduire le nombre totale d'articles stockés. Un catalogue des articles existant au magasin doit être créé et tenu à jour, placé par famille et sous famille. Les articles doivent être classés en fonction des critères techniques.

7. Variables de la gestion des stocks

▪ **La demande**

Elle représente l'élément le plus influent sur la complexité et la difficulté d'un modèle mathématique de gestion des stocks. Elle peut être dépendante ou bien indépendante du temps, stationnaire ou dynamique. Elle peut apparaître seulement dans des points précis de temps ou tout au long d'intervalles finis ou bien infinis. La demande peut aussi être discrète (cas de pièces électroniques par exemple) ou bien continue (cas de demande en gaz, eau, ...)

▪ **Le délai de livraison**

Il désigne la durée de temps écoulé du moment du lancement de la commande jusqu'à sa réception. Il dépend du fournisseur et du transporteur. Le délai de livraison peut être déterministe ou bien stochastique. Dans le premier cas, il peut être égal à zéro (réapprovisionnement instantané) ou bien strictement positif. Dans le second cas (aléatoire), la conception d'un bon modèle de gestion peut s'avérer compliquée. En effet, des commandes placées tôt peuvent arriver tard, et vice versa.

▪ **Les coûts**

Le plus souvent les quantités à commander ou à produire sont obtenues en minimisant une fonction de coût associée à la gestion du stock. La structure de cette fonction représente donc un aspect important de la description d'un modèle. Les éléments entrant dans la définition des coûts totaux sont généralement au nombre de quatre :

a. Les coûts fixes

Les coûts fixes de réapprovisionnement ou de lancement de production représentent le montant à payer à chaque fois qu'un ordre de réapprovisionnement ou de production est émis.

Ce montant étant indépendant de la quantité commandée ou produite, son influence sur les coûts totaux sera d'autant plus faible que le nombre de ces ordres, pendant une durée donnée.

b. Les coûts variables

Les coûts variables d'achat ou de production sont, dans les situations les plus simples, proportionnels au nombre d'articles commandés ou produits. En présence de rabais de quantités ces coûts dépendent plus fortement de la taille des lots sélectionnés et leur influence sur les coûts totaux et les politiques optimales de gestion deviennent particulièrement marquées.

c. Les coûts de stockage

Les coûts de stockage correspondent aux frais liés à la présence d'articles dans le stock (intérêts de capital immobilisé, coûts des espaces de stockage, de la manutention, ...). Ils croissent normalement avec le niveau du stock et sont souvent modélisés par un coût unitaire devant être payé pour chaque pièce en stock pendant une unité de temps.

d. Le coût de pénurie

Les coûts de pénurie ou de retard modélisant les frais encourus à chaque fois qu'une demande ne peut être satisfaite à partir des quantités en stock. Selon le contexte. Les éléments

Chapitre 01 : Présentation des ressources de la maintenance

entrants dans le calcul de ces coûts comprendront la perte de l'image de marque de l'entreprise, les pertes des bénéfices liés aux ventes non réalisées ou, encore, les frais liés à l'arrêt momentané de la production.

Les niveaux des stocks

Les différents niveaux des stocks sont [16]

a. Le stock maximum

C'est le niveau maximal de stock à ne pas dépasser pour un article donné afin d'éviter le surstockage. Cette figure ci-dessous représente le stock maximum

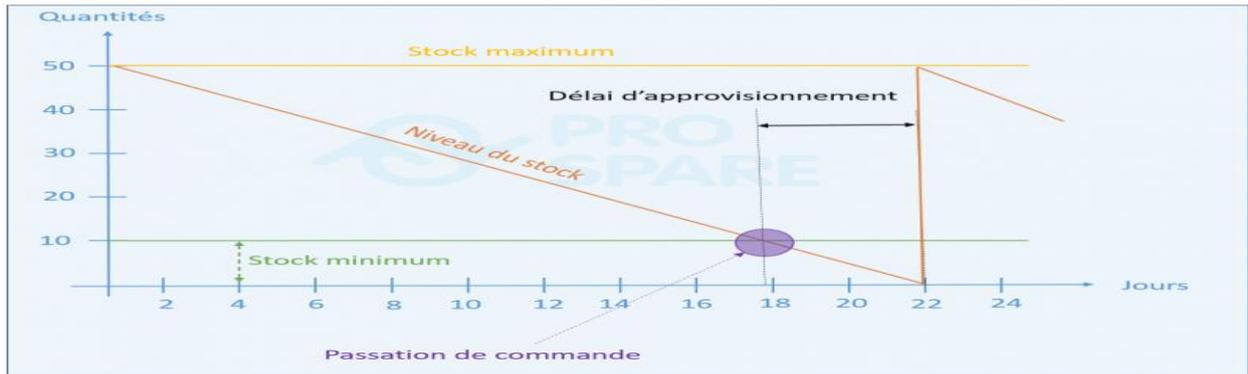


Figure 0-5: Représentation du stock maximum [17]

b. Le stock minimum

C'est le niveau le plus bas du stock déclenchant la passation de commande lorsqu'il est atteint. Il permet de couvrir la consommation durant le délai d'approvisionnement.

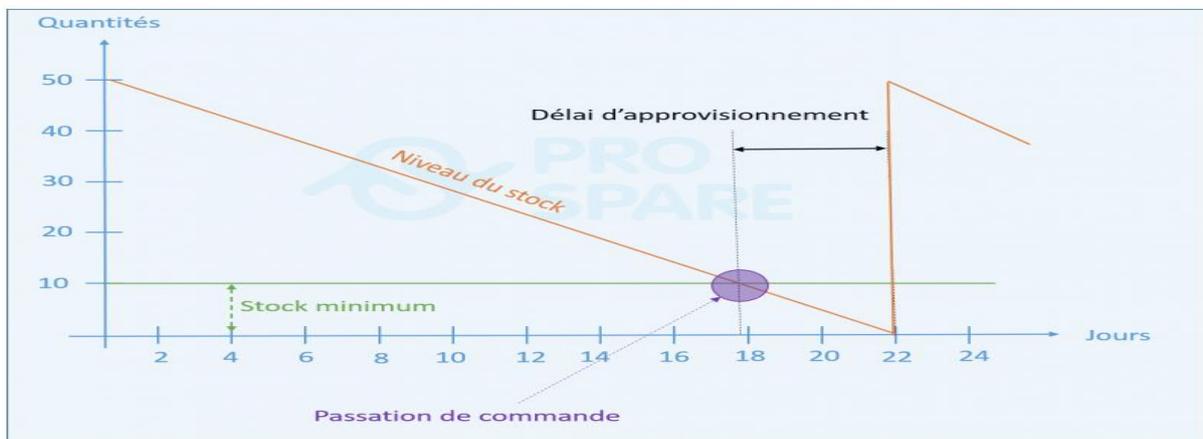


Figure 0-6: Représentation du stock minimum [17]

c. Le Stock de sécurité

Le stock de sécurité est le niveau de stock qui permet de limiter les ruptures de stock dues aux aléas. La figure ci-dessous représente le stock de sécurité :

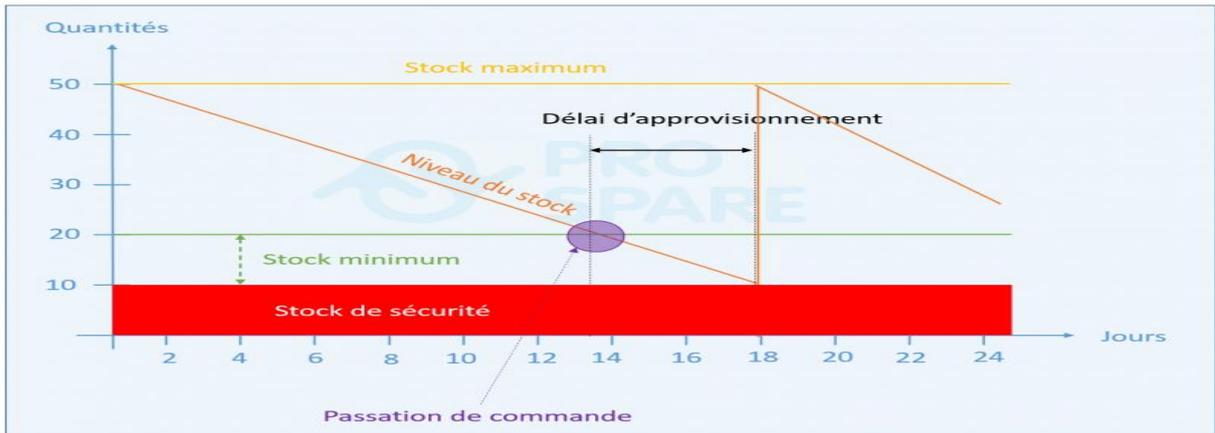


Figure 0-7: Représentation du stock de sécurité [17]

d. Le stock d’alerte

C’est le niveau de stock prédéfini par le gestionnaire, supérieur au stock de sécurité qui déclenche le réapprovisionnement. Il est égal à Stock minimum + Stock de sécurité.

La figure ci-dessous représente le stock d’alerte.

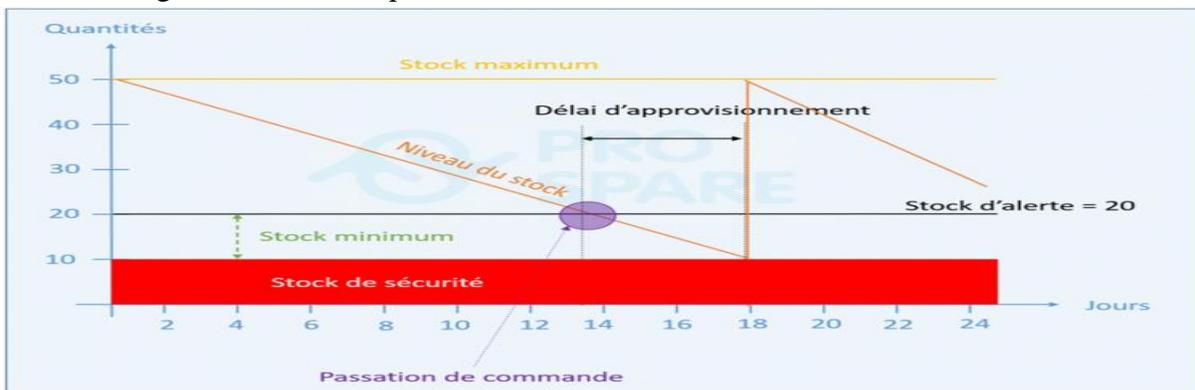


Figure 0-8: Représentation du stock d'alerte [17]

Modèles de gestion des stocks

Les politiques de gestion des stocks d'une entreprise définissent sa stratégie pour gérer efficacement les flux de stocks.

Tableau 0-1: modèles générique de gestion de stock

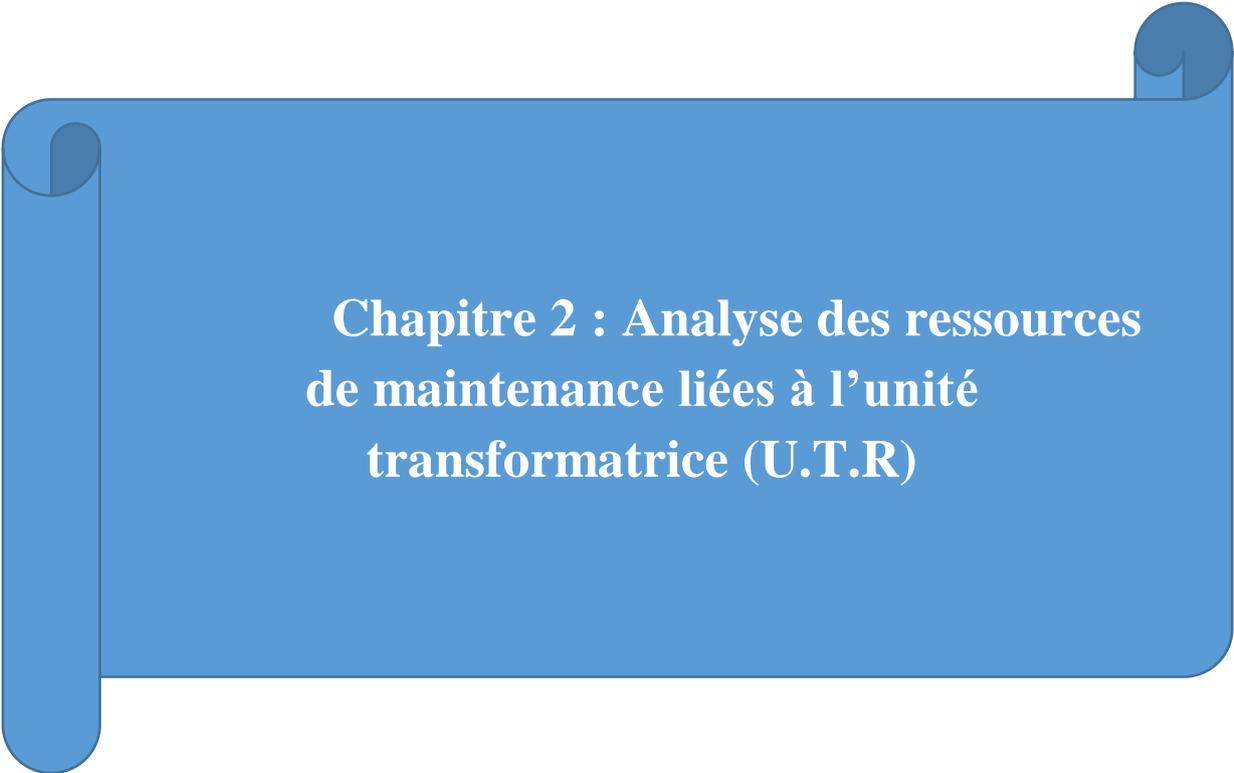
Quand ?		
Combien ?	Période fixe	Période variable
Quantité fixe	Cas particulier : Modèle de Wilson	Gestion à point commande (2)
Quantité variable	Gestion à niveau de recomplètement (1)	Méthode mixte ((1) +(2))

Remarque

La description de chaque modèle est dans l'annexe

1.9 Conclusion

Ce chapitre a établi les bases indispensables en fournissant une compréhension approfondie des fondements de la maintenance et la classification de ses ressources. Ces connaissances générales sont cruciales pour aborder les défis spécifiques et élaborer des solutions pertinentes dans les chapitres suivants. En ayant une vision claire des ressources disponibles, Les chapitres suivants s'appuieront sur cette base pour développer des approches ciblées et améliorer la performance globale. Nous serons mieux préparés à identifier les points faibles et à proposer des stratégies efficaces pour optimiser la maintenance.

A blue graphic element resembling a scroll, with a vertical strip on the left and a horizontal strip on the right, both with rounded ends. The text is centered within the horizontal strip.

**Chapitre 2 : Analyse des ressources
de maintenance liées à l'unité
transformatrice (U.T.R)**

Chapitre 2 : Analyse des ressources de maintenance liées à l'unité transformatrice (U.T.R)

2.1 Introduction :

Dans le précédent chapitre, nous avons examiné en détail les bases et les composantes des ressources de maintenance. Dans ce chapitre, nous passerons à l'application pratique en nous concentrant sur l'entreprise ELECTRO-INDUSTRIES AZAZGA, où nous avons effectué notre stage pratique, et sur l'unité spécifique de transformateurs qui constitue le cœur de notre étude. Notre objectif sera d'effectuer une analyse approfondie des différentes ressources de maintenance associées à cette unité. Cette analyse nous permettra d'identifier les éventuels points faibles dans la gestion de chaque type de ressource.

2.2 Présentation de l'entreprise ELECTRO-INDUSTRIES

ELECTRO-INDUSTRIES est implantée dans une zone agricole de 35 hectares, située sur la route nationale n°12, distante de 30KM du chef-lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou et de 08KM du chef-lieu de la daïra d'AZAZGA.

ELECTRO-INDUSTRIES est une société par action au capital de 4 753 000 000 DA.

Elle a été créée sous sa forme actuelle en janvier 1999, après la scission de l'Entreprise mère ENEL (Entreprise Nationale des Industries Electrotechniques). Son activité de production remonte à 1986, dans les domaines de fabrication de Moteurs Electriques, Groupes Electrogènes et transformateurs de distribution.

L'ELECTRO-INDUSTRIES est composée de trois (03) unités ; toutes situées sur un même site :

- Unité Transformateurs ;
- Unité Moteurs Electriques ;
- Unité Prestations Techniques.

Les produits fabriqués par ELECTRO-INDUSTRIES sont conformes aux recommandations CEI et aux normes Allemandes DIN/VDE.

La production actuelle d'ELECTRO-INDUSTRIES est écoulee sur le marché Algérien et génère un chiffre d'affaire de 1,8 Milliards de Dinars.

La capacité de production de transformateurs de l'entreprise couvre les besoins du marché à 70% environ.

Les ventes de moteurs représentent 30% environ de la capacité de production. Il est à signaler qu'ELECTRO-INDUSTRIES est le seul fabricant de moteurs en Algérie.

En matière de qualité, ELECTRO-INDUSTRIES dispose de ses propres laboratoires d'essai et mesure, de ses produits ainsi pour le contrôle des principaux matériaux utilisés dans sa fabrication.

S'agissant du système documentaire, ELECTRO-INDUSTRIES utilise 252 normes internes en plus des normes DIN/VDE et CEI.

Les différentes valeurs d'essai et de mesures sont consignées sur des procès-verbaux et des cartes de contrôle. La figure suivante met en avant l'organigramme de l'entreprise d'accueil.

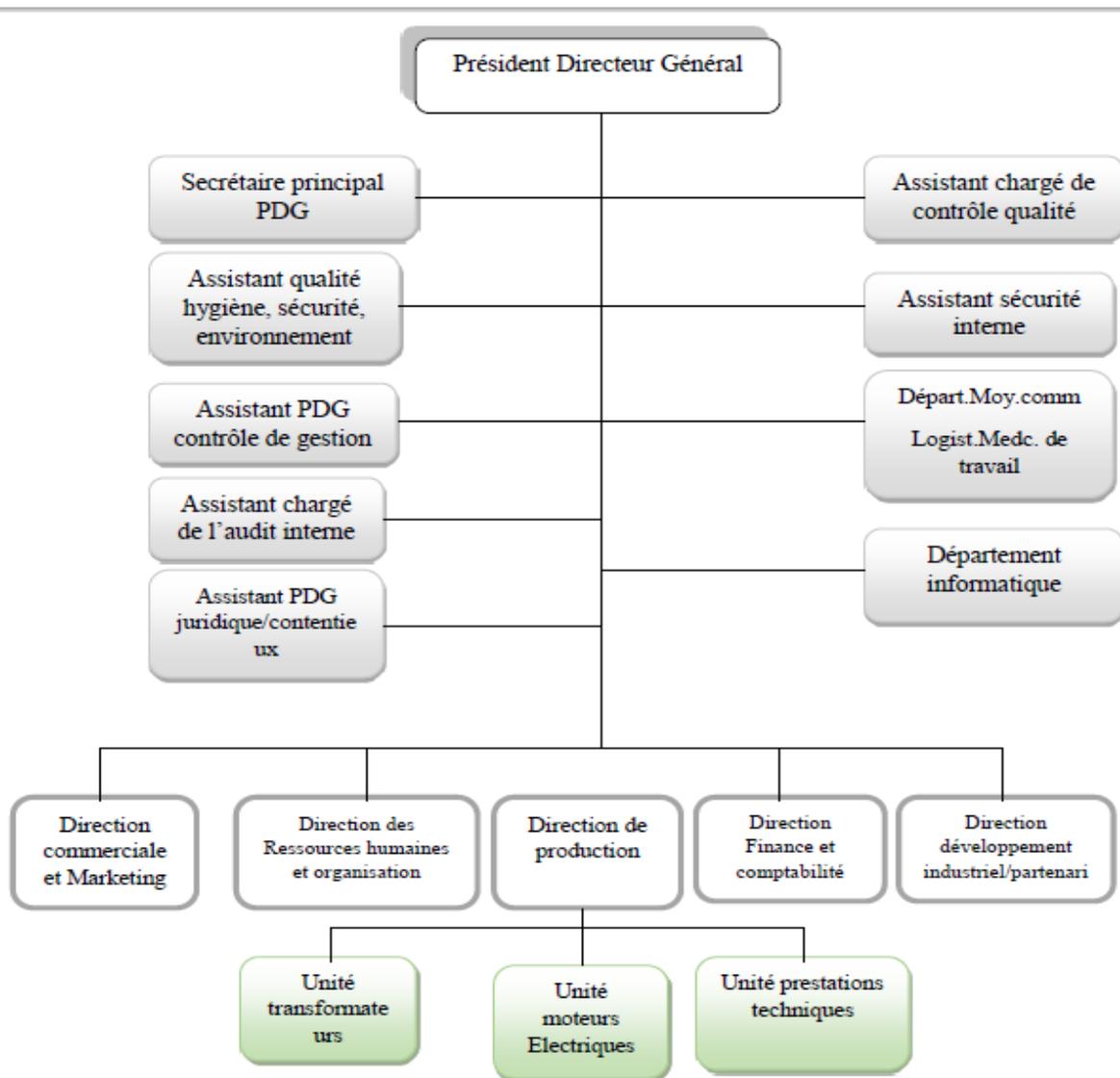


Figure 0-1: Organigramme de l'entreprise ELECTRO-INDUSTRIES AZAZGA

Source : document interne de l'entreprise

2.3 L'unité transformatrice (U.T.R)

Le transformateur est un instrument électrique qui convertit un système de tension et de courant en un autre, sans changer la fréquence. Il se compose d'une bobine de fil placée à

proximité d'une ou de plusieurs autres bobines, elle est utilisée pour coupler des circuits de courants alternatifs, au moyen d'une induction entre les bobines.

L'U.T.R est la plus active dans l'entreprise, elle est spécialisée dans la production des transformateurs de distribution et assure 80% du chiffre d'affaire de l'entreprise.

Le taux de contribution de « l'U.T. R » dans la réalisation du chiffre d'affaire globale de « E-I »

La figure 2-2 illustre la contribution de la ligne transformatrice l'U.T. R dans la rentabilité de l'entreprise, ce qui prouve son importance.

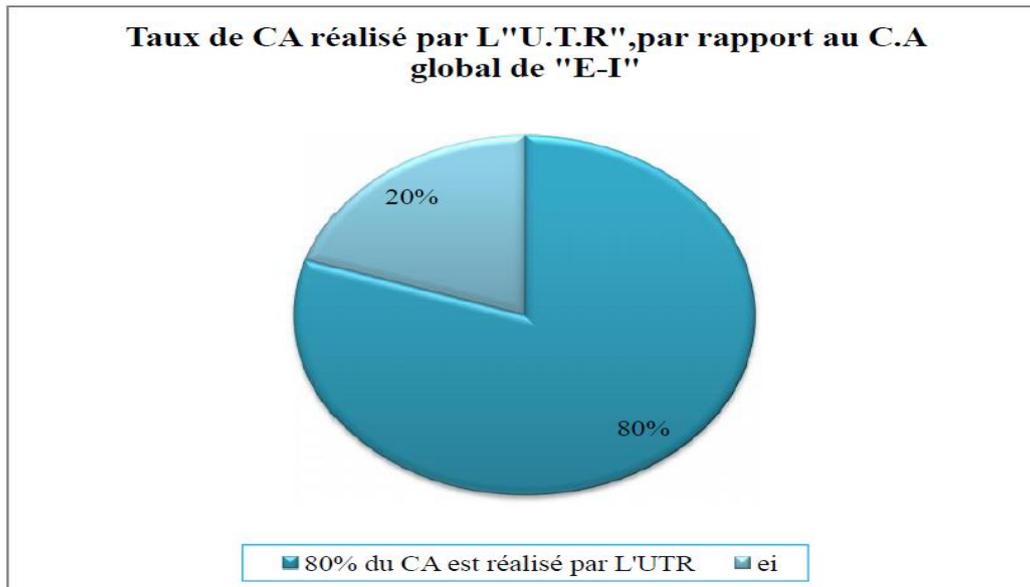


Figure 0-2: Taux réalisé par l'U.T.R par rapport au C.A global d'E-I

Source : document interne de l'entreprise

2.3.1 Les Départements de l'unité

L'U.T. R est organisé en trois départements :

Le Département de Production., Le Département Technique., Le Département commerciale, comme l'illustre le schéma ci-dessous

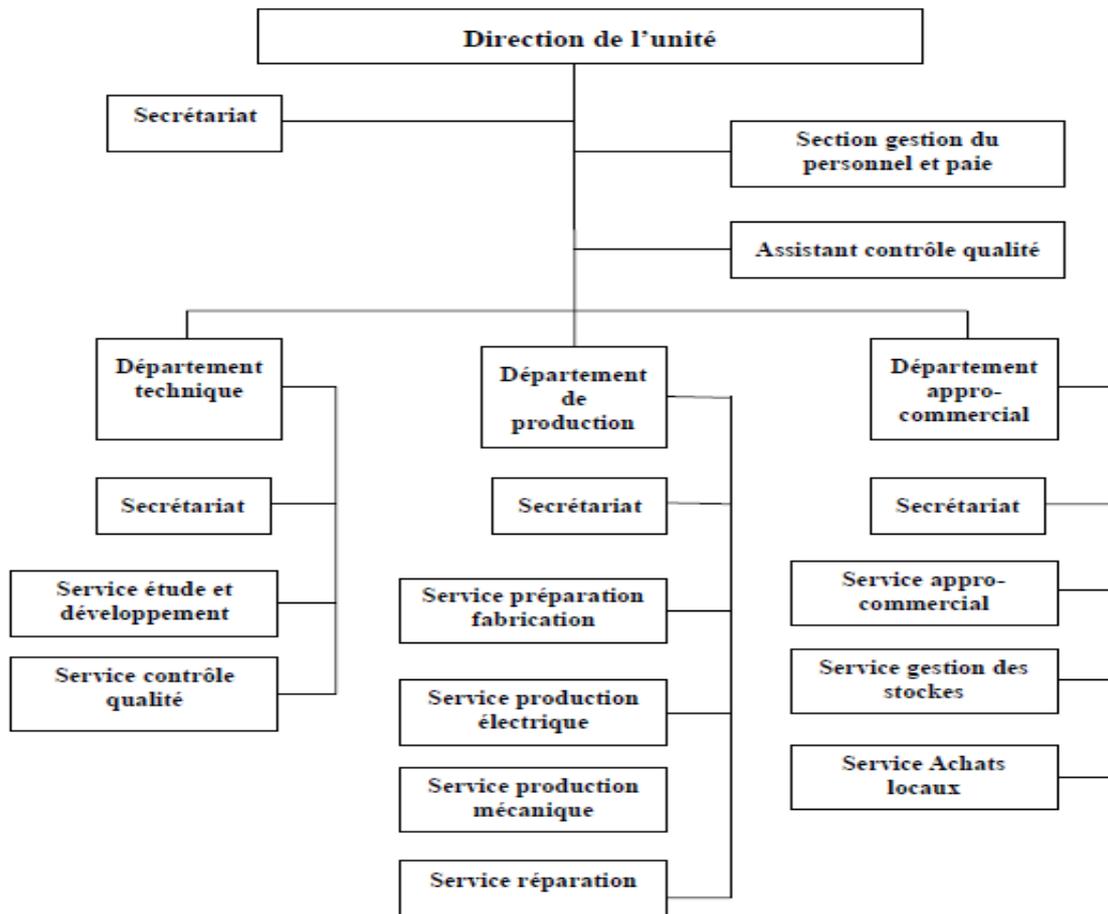


Figure 0-3: L'organigramme de l'unité transformatrice (U.T.R)

Source : Document interne de « E.I »

2.4 La gestion de la production des transformateurs

Selon l'U.T.R il existe plusieurs types de transformateurs à savoir, les transformateurs élévateurs et les transformateurs abaisseurs.

a. Transformateurs élévateurs il permet à élever la tension du courant électrique pour compenser la chute d'électricité.

b. Transformateurs abaisseurs il permet de réduire la tension du courant électrique de la chute tension vers la basse tension (H.T/B.T).

L'U.T.R, elle fabrique des transformateurs abaisseurs qu'on peut classer selon la puissance et le numéro d'ordre en plusieurs types :

- 250/30 K.V
- 400/30 K.V
- 630/30 K.V
- 1600/30 K.V
- 2000/30 K.V

Chapitre 02 : Analyse des ressources de maintenance liées à l'unité transformatrice (U.T.R)

- ✓ Le type 50/30 K.V représente le plus petit transformateur de l'U.T.R, il sert à réduire la tension de 50 K.V à 30 K.V.
- ✓ Le 2000/30 K.V représente le plus grand transformateur de l'U.T.R, il sert à réduire la tension de 2000 K.V jusqu'à 30 K.V.

2.4.1 Données statistiques sur la fabrication des transformateurs

La première étape consiste à effectuer une analyse de production annuelle et mensuelle afin d'évaluer le niveau de gestion de la production dans l'unité des transformateurs.

Tableau 0-1: la production des transformateurs annuelle et mensuelle

N°	Types	JANV	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	Qté real	Tot MVA
IDENTIFICATION	Transfos														
990-110-0500-00443	50/30						1			1		11		33	1,65
990-110-0500-00704	50/0.4									1				1	0,05
990-110-1000-00425	100/30	48	1	106	92	1	98	78		25	24	36	16	525	52,5
990-110-1000-00705	100/30										3	2		5	0,5
990-110-1000-00488	100/30 à 45°C				1									1	0,1
990-110-1600-00444	160/10							1		6	2		1	10	1,6
990-110-1600-00446	160/30	66	141	31	111	99	13	6		70	54	120	121	832	133,12
990-110-1600-00700	160/30							99		2			22	123	19,68
990-110-1600-00701	160/30							28		195	2	1	24	250	40
990-110-1600-00702	160/30									1				1	0,16
990-110-1600-706	160/30										4			4	0,64
990-110-1600-00589	160/30												2	2	0,32
990-110-1600-00715	160/30										1			1	0,16
990-110-1600-00697	160/30										1			1	0,16
990-110-1600-00691	160/5.5						3							3	0,48
990-110-2500-00404	250/10	10												12	3
990-110-2500-00409	250/30	79	51	20		7	65	3			59	63	3	350	87,5
990-110-2500-00518	250/30									1				1	0,25
990-110-2500-00682	50/30/0.4 à 50°			2										2	0,5
990-110-2500-00684	250/30				2									2	0,5
990-110-2500-00642	250/30										1			1	0,25
990-210-4000-00405	400/10					3	17							20	8
990-210-4000-00699	400/5.5							4						4	1,6
990-210-4000-00584	400/30 à 60°C						1							1	0,4
990-210-4000-00433	400/30	20		2			14	6					20	62	24,8
990-210-4000-00711	400/30										2			2	0,8
990-210-4000-00410	400/30	80	40	57						10	113	38	1	339	135,6
990-210-4000-00709	400/30										1		19	20	8
990-210-4000-00535	400/30				1									1	0,4
990-210-4000-00464	400/30												1	1	0,4
990-210-4000-00688	400/5.5				5									5	2
990-210-6300-00406	630/10							1						11	6,93
990-210-6300-00459	630/30 f	12	42	61	9	27	13			21	37	21	11	254	160,02
990-210-6300-00411	630/30	13	20	19	23	48	70	30			5	5	56	289	182,07
990-210-6300-00460	630/30						2							2	1,26
990-210-6300-00714	630/30												2	2	1,26
990-210-6300-00687	1/30 à 55°C EMB			2						2		3		7	4,41
990-210-6300-00474	630/30					1		3						4	2,52
990-210-6300-00712	630/30										1			1	0,63
990-210-6300-00703	630/30									1				1	0,63
990-210-6300-00708	630/5.5											2		2	1,26
990-210-6300-00608	630/30				3	3								6	3,78
990-210-8000-00407	800/10		2		1									3	2,4
990-210-8000-00548	800/30					4	1							5	4
990-210-8000-00480	800/30						5						5	10	8
990-210-8000-00692	800/0.6/0.4						2							2	1,6
990-311-0000-00408	1000/10	2						1						3	3
990-311-0000-00413	1000/30						5							5	5
990-311-0000-00686	1000/11/0.4				1									1	1
990-311-0000-00695	00/30/5.5 à 55°C								1					1	1
990-311-2500-00364	1250/10						2	1					2	5	6,25
990-311-2500-00326	1250/30	5					5							10	12,5
990-311-2500-00680	1250/0.4/30			11										11	13,75
990-311-2500-00693	1250/30							4						4	5
990-311-2500-00694	1250/30							1		3				4	5
990-311-6000-00378	1600/10	1	2										1	4	6,4
990-311-6000-00328	1600/30	4	2					3						9	14,4
990-311-6000-00689	1600/20/0.4					1								1	1,6
990-312-0000-00492	2000/30				2	2					2		2	8	16
990-312-0000-00559	2000/30				1									1	2
990-312-0000-00696	2000/5.5											1		1	2
TOTAL		340	320	313	252	200	322	269		340	310	307	309	3282	1000,79

2.4.2 Analyse du tableau

Le tableau permet de visualiser la répartition de la production des transformateurs tout au long de l'année.

La production varie d'un mois à l'autre pour chaque type de transformateur. Certains mois affichent des chiffres de production plus élevés que d'autres, ce qui peut être lié à des

facteurs tels que la demande du marché, les disponibilités en matières premières ou les capacités de production de l'entreprise.

A cause de ça nous allons effectuer une analyse par la méthode Ishikawa pour détecter les causes racines de la baisse de production.

2.5 Analyse de la production avec la méthode Ishikawa

D'après le retour d'expérience au niveau de l'entreprise nous avons remarqué une baisse de production. Nous avons effectué la méthode Ishikawa pour diagnostiquer les causes de cet effet non désiré. Nous les avons illustrer sur la figure suivante :

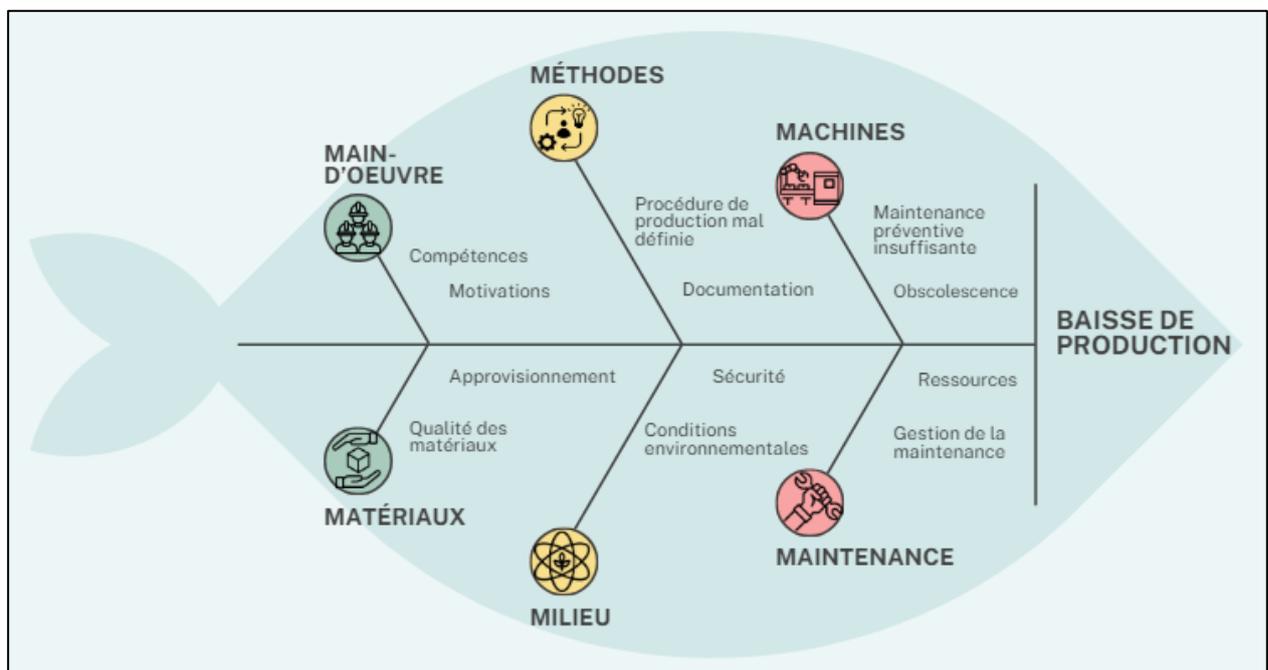


Figure 0-4: diagramme Ishikawa sur la gestion de production.

Source : élaborée par nous-mêmes

Les causes racines de cette baisse de production :

1. L'absentéisme

- ✓ Le taux d'absentéisme est de 7.50% par rapport au temps de production.
- ✓ L'atelier soudage et bobinage représentent le taux le plus élevé qui est de 8.6% et 8.5%.
- ✓ Durant le deuxième semestre, il y a 08 éléments qui ont déposé des mises en disponibilité pour différentes causes.

2. Les pannes machines

- ✓ Le cumul d'arrêt des machines au niveau de tous les ateliers a atteint 12816 heures, dont 7721 heures se sont des pannes mécaniques, 3742heures des pannes électriques et 1353 heures autres (retard dans l'affûtage des outils, retard dans le graissage des machines etc...).

- ✓ Le taux le plus élevé des pannes mécaniques et électriques se situe au niveau de l'atelier bobinage (arrêt des 02 bobineuses HT et la piqueuse). bien sûr sans oublier les vétustés des machines surtout au niveau de l'atelier de l'usinage.
- ✓ Les reste des interventions s'est fait généralement sur les ponts roulants ou disjonction des cabines de peinture.

3. Approvisionnement

-L'approvisionnement en matière première, a plusieurs fois fait défaut dans le bon suivi du programme de la production, qui a vu la non disponibilité des fils du cuivre plat pour le bobinage des puissances de 50 à 630 kVa. Donc ça à mener à choisir d'autre puissance.

-Défauts dans la matière servis tel que les commutateurs, le joint rond, la peinture et la tôle magnétique.

4. Les grèves : Les grèves menées par les employés pour revendiquer des salaires plus élevés et des améliorations des conditions de travail ont un impact négatif sur la production. Étant une entreprise étatique dotée d'un syndicat, la résolution de ces problèmes nécessite une motivation accrue du personnel.

Divers

- Lenteur dans les interventions électriques et mécaniques.
- Perturbation dans le tirage des fiches suiveuses au niveau de l'informatique.
- Retard énormes dans la réalisation des pièces, gabarits ; affutage des outils ou autres au niveau de TC.

Il est vrai que plusieurs facteurs influent la baisse de production mais d'après l'analyse Ishikawa c'est la gestion de la maintenance qui impacte le plus la diminution de la production.

Pour cela, on va faire une analyse sur la gestion des ressources de la maintenance.

2.6 La gestion des ressources humaines de maintenance

2.6.1 L'équipe de maintenance

Dans la figure on dessous on observe que l'équipe de maintenance de l'UTR est divisée en 2 équipes, une électrique et l'autre mécanique :

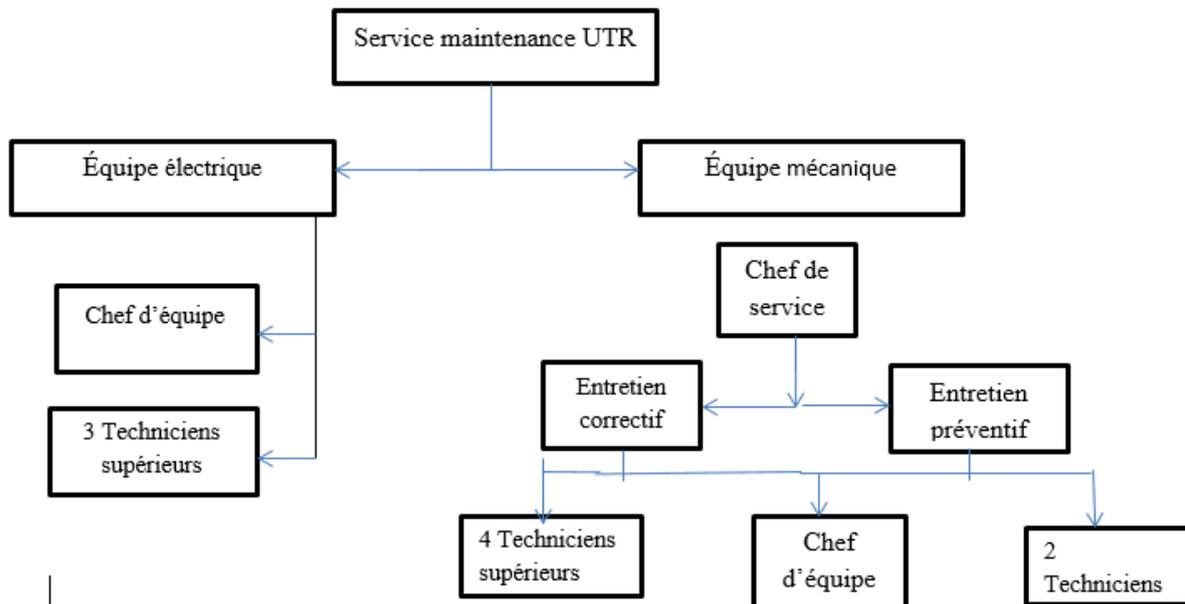


Figure 0-5: organigramme du service de maintenance

2.6.2 Echelons de maintenance

Les interventions de maintenance se concentrent principalement sur les sites d'installation des équipements. Lorsqu'un dysfonctionnement survient, la réparation sur site est prioritaire. Cependant, ENEL dispose également d'un département dédié qui répare et contrôle certaines machines et outils et fabrique des pièces, fournissant une expertise spécialisée pour ces tâches spécifiques.

2.6.3 Niveaux de maintenance

L'équipe de maintenance est divisée en deux services principaux : mécanique et électrique. Chaque branche est dirigée par un chef de service de niveau ingénieur (niveau 4).

Dans l'équipe mécanique, elle est divisée en deux sous-équipes : l'équipe corrective et l'équipe préventive. Chaque équipe est encadrée par un chef d'équipe Niveau 3 ou 4 et accompagnée des techniciens Niveau 1 et 2.

L'équipe électrique est dirigée par un chef de niveau 4, avec des techniciens également de niveau 1 et 2.

2.6.4 La politique de formation

Avant de commencer une action de formation l'entreprise identifie les besoins qui sont exprimés et déterminés directement par l'unité.

Au sein de l'entreprise Electro Industries les besoins de formation sont exprimés ou déterminés directement par les directeurs « les directions ». Ou unités par exemple : service de production, service de gestion de stock...et c'est le responsable qui doit se rendre compte pour élaborer un plan de formation. Ce dernier va être envoyé à la direction des RH et plus précisément au service Emploi et Formation, Il est chargé d'analyser toutes les actions envoyées par les différents départements pour élaborer ensuite un plan consolidé et budgétisé.

Il devra au préalable assurer la diffusion des informations et des outils nécessaires à l'expression des besoins.

2.6.5 Étapes pour élaborer un plan de formation

La figure 2-6 Montre les étapes pour la réalisation du plan de formation.

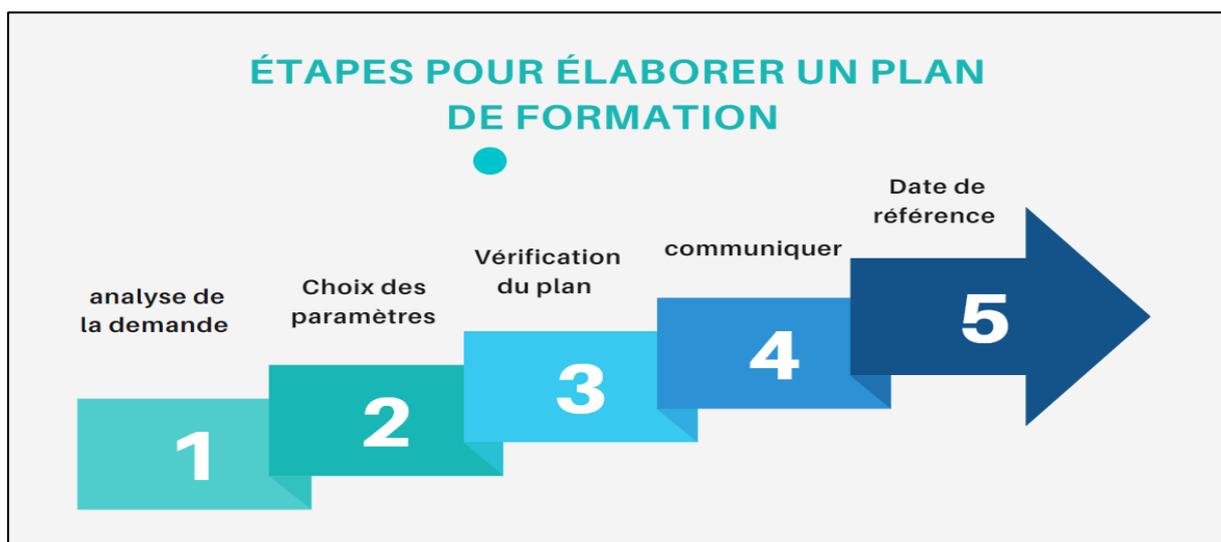


Figure 0-6: les étapes de la formation

1. Analyse de la demande:
Classer les exigences par source.
Regroupez les besoins communs.
Distinguer les besoins individuels et collectifs en regroupant les besoins individuels liés à une même activité de formation.
2. *Choix des paramètres* :
Formaliser les objectifs de formation et lister les actions prévues.
Déterminer la quantité (nombre d'étudiants, catégorie de spécialisation, durée).
Planifier dans le temps (prévoir les échéanciers et allouer les actions tout au long de l'année).
3. Vérification du plan : Laissez la direction valider le plan avant de le finaliser.
4. Communiquer :
Informez les employés de l'orientation des programmes de formation par diverses méthodes de communication interne.
5. Date de référence : Période de mise en œuvre du plan, tel que début octobre à fin septembre de l'année suivante.

2.6.6 Suivi et la gestion du plan de Formation

Nous allons identifier trois principaux niveaux dans le suivi du plan de formation :

Niveau 01 : Avant la formation

Avant le départ en formation il faut faire un appel d'offre pour sélectionner l'Ecole, le responsable va contacter les candidats ou les stagiaires sélectionnés pour compléter leurs dossiers administratifs et signer leurs contrats de formation.

Niveau 02 : Pendant la formation :

Le suivi se fait sur le bon déroulement de la formation à savoir le respect du programme et de l'horaire par l'école et aussi suivre l'assiduité des stagiaires.

Niveau 03 : Après la formation :

Une évaluation à chaud est faite dès la fin de la formation en participant à toute formation qui dépasse cinq (5) jours.

2.6.7 Types de formations pour le service maintenance

Les programmes de formation destinés au personnel de maintenance de l'entreprise sont classés en plusieurs variétés. Cela commence par une formation de base dans des domaines techniques comme l'électricité, l'électrotechnique, le génie mécanique et les systèmes de contrôle industriel. Les principes fondamentaux des systèmes automatisés sont abordés. De plus, une formation à la sécurité est mise en œuvre pour garantir une relation de travail sécuritaire avec les équipements électriques à haute tension. La formation implique la gestion des produits et services, y compris des méthodes comme la TPM (Total Productive Maintenance), qui est incluse dans la gestion et l'organisation de la maintenance. Finalement, les équipes sont sensibilisées aux normes et réglementations pertinentes pour comprendre les normes et réglementations spécifiques à leur domaine d'activité.

Deux types de formations ont été identifié ; interne et externe

1. Formation interne : c'est une formation sur le tas d'une durée allant de deux (02) à six (06) mois, destinée pour un travailleur orienté pour un nouveau poste et sera encadré par un travailleur expérimenté.

A la fin de la période de formation, un test théorique ou pratique sera organisé au travailleur, sur lequel une décision de confirmation au poste sera prononcée ou une prolongation de la période de formation si les résultats sont jugés insuffisants.

Si les compétences du travailleur seront jugées insuffisantes, ce dernier réintègrera son poste d'origine.

2. Formation externe

Un plan de formation annuel est élaboré pour l'année N+1, et suivi pendant l'année considérée par la réalisation des formations planifiées et leurs évaluations.

2.6.8 Les choix des organismes formateurs

Les choix des organismes formateurs se font selon différents critères, Par exemple :

Notoriété de l'organisme : C'est le fait de choisir un institut qui est connue sur le marché et donne une bonne qualité de formation.

Programme de formation : est un élément essentiel de tout projet de formation professionnelle. Il permettra à l'entreprise cliente et au financeur d'apprécier la qualité de la prestation proposée par le formateur. Ce programme préétabli servira également de base la rédaction des documents de gestion administrative.

Cv du formateur : c'est un document dont le quel le formateur doit mentionner son état civil, détailler toutes ces compétences, son secteur d'activité, ces expériences professionnelles et ces techniques de formation.....

Prix de la formation : Ce sont les couts engendrés par les programmes de formation établis pour développer les compétences du personnel.

2.6.9 Analyse des ressources humaines de service maintenance

En général, la gestion des personnels de maintenance est efficace grâce à des conditions de travail optimales en termes d'hygiène, de santé et de sécurité, essentielles pour protéger la santé des employés et favoriser une productivité accrue. De plus, une communication efficace au sein de l'équipe de maintenance assure une coordination optimale des tâches et renforçant la cohésion.

Cependant, quelques points qui nécessitent une amélioration, doivent être pris en compte. De même, l'insuffisance des compétences stratégiques peut compromettre la planification efficace des interventions et l'allocation judicieuse des ressources. Aussi rendre les interventions de maintenance réactives plutôt que préventives. De plus, un retard dans la mise en place d'une GMAO peut entraîner une gestion inefficace des ressources humaines.

De plus, le départ imminent à la retraite d'une cohorte d'employés chevronnés, principalement composée d'employés plus âgés ayant accumulé une grande expérience au sein de l'entreprise, présente un défi majeur (2 départs à la retraite et 3 démissions cette année). Ces départs se traduiront par la perte d'un savoir-faire et d'une expertise inestimables.

2.7 Les équipements

L'unité de transformateur réalise la fabrication des transformateurs par la mise en œuvre les technologies suivantes :

- Travaux de chaudronnerie
- Usinage mécanique
- Bobinage B.T/H.T
- Découpage de tôle magnétique
- Essai électriques en B.T et H.T

Sachant que l'U.T.R dispose d'un ensemble d'équipement de fabrication ainsi que ses propres laboratoires d'essai et de contrôle des produits finis.

Il existe deux atelier dans l'unité des transformateurs ; mécanique et électrique.

A. l'atelier mécanique : est la partie constructive du transformateur, constitué des éléments Suivants :

- a. La cuve
- b. Le couvercle
- c. Le conservateur : pour réaliser un conservateur il faut :

- Le découpage et le poinçonnage de différentes pièces nécessaires à la construction du transformateur.
- La fabrication des parois ondulées avec une machine semi-automatique.
- Le sondage des pièces à fixer sur le couvercle par exemple poche du thermomètre, du montage de la cuve.

B. L'atelier électrique : Cette partie comporte tous les composants constituant la partie active du transformateur et elle est réalisée par les phases suivantes :

- a. La phase de préparation qui s'occupe de la confection d'isolation et des tâches de menuiserie.
- b. La disposition de bobinage à basse tension qui se fait du fil méplat isolé en papier.
- c. Le bobinage à haute tension est constitué du bobinage en couches qui est réalisé avec des fils ronds isolés en vernis, et de bobinage de galettes.

Tableau 0-2 : Les machines de l'U.T.R

Atelier électrique	Atelier mécanique
Four de séchage à vide	Cabine de peinture
Four De remplissage	Machine de sablage
Découpeuse RDB	Poste à souder
Cabine de peinture	Ponceuse
Découpeuse	Perceuse
Bobineuse haute T	Cisaille guillotine hydraulique
Presse	Mubea de souder
Bobineuse Basse T	Site circulaire
Machine de menuiserie de bois	Presse plieuse
Table élévatrice	Filtreuse
	Plieuses

2.7.1 L'analyse Pareto des machines de chaque atelier

La première étape pour faire une analyse de Pareto est de voir historique des machines de chaque atelier pour déterminer les couts et nombre des arrêts de chacun.

Historiques des interventions correctives et préventives sur quelques machines critiques dans l'U.T. R

Le four de séchage sous vide

ELECTRO-INDUSTRIES		HISTORIQUES DES REPARATIONS					Date : 05/03/2024 Page 1 de 1	
		N° EQUIPEMENT : 910020100						
		PERIODE DU : 01-janvier-2023 AU : 05-mars-2024						
N° BON	N° PIECE	DESIGNATION	QIITE	DATE	FRAIS MAT	FRAIS MO	TOT FRAIS	
PE2023-026	050041703	HUILE DE LUBRIFICATION CORENA V100	17,50	01/10/2023	0,00	0,00		
					0,00	0,00	0,00	
R2023-0313	050041703	HUILE DE LUBRIFICATION CORENA V100	14,00	11/05/2023	801 824,00	10 800,00		
	040047112	POMPE A VIDE POOTS WKP1000-2850T/MN-1070M3/H 380V-50HZ	1,00	11/05/2023	801 824,00	10 800,00		
	040034202	FLECTOR N°38 - Ø INT. 38MM - Ø EXT. 79.8MM - EPAISSEUR 17.7MM	1,00	11/05/2023	801 824,00	10 800,00		
	020817012	VACUOMETRE A MEMBRANE 1-1020MBARS	1,00	11/05/2023	801 824,00	10 800,00		
					801 824,00	10 800,00	812 624,00	
R2023-0359	040046911	PRESOSTAT A MEMBRANE PS 115 5-50MBARS	1,00	28/05/2023	123 095,04	4 050,00		
					123 095,04	4 050,00	127 145,04	
R2023-0445	040042870	RACCORD A VIS POUR TUBE AVEC JOINT A COLLET 1/4" ZINGUE	1,00	03/07/2023	0,00	0,00		
	040023212	JOINT DE TANCHETTE ROND OR 85X5	1,00	03/07/2023	0,00	0,00		
	040005006	CIRCLIPS EXTERIEUR 45X1,75 BARKERISE	0,00	03/07/2023	0,00	0,00		
	040018196	ROULEMENT RAINURE A BILLES	2,00	03/07/2023	0,00	0,00		
	040022500	JOINT DE TRAVERSEE D'ARBRE 42X62X8 BA	1,00	03/07/2023	0,00	0,00		
					0,00	0,00	0,00	
Total :					924 919,04	14 850,00		
Total général :							939 769,04	

Figure 0-7: Historiques des réparations pour le four de séchage sous vide

La cabine de peinture

Chapitre 02 : Analyse des ressources de maintenance liées à l'unité transformatrice (U.T.R)

ELECTRO-INDUSTRIES		HISTORIQUES DES REPARATIONS					Date : 05/03/2024 Page 1 de 2	
		N°EQUIPEMENT : 910020001						
		PERIODE DU : 01-janvier-2023 AU : 05-mars-2024						
N° BON	N° PIECE	DESIGNATION	QIITE	DATE	FRAIS MAT	FRAIS MO	TOT FRAIS	
F2023-031	040044090	CANELLE R 3/4****	1,00	15/03/2023	750,00	900,00		
					750,00	900,00	1 650,00	
PS2023-068	050017025	MASTIC GRIS	1,36	03/08/2023	0,00	0,00		
	040044041	VANNE D'ARRET D'EAU	1,00	03/08/2023	0,00	0,00		
	040078019	LAMPE DE SIGNALISATION BA9S - 130V/20MA - 10X28	6,00	03/08/2023	0,00	0,00		
					0,00	0,00	0,00	
R2023-0018	040074040	BALAI DE CHARBON EN BRONZE 10x32x15 AVEC CABLE	2,00	09/01/2023	8 261,35	2 025,00		
					8 261,35	2 025,00	10 286,35	
R2023-0052	040076019	FUSIBLE-DIAZED 4A-500VAC	0,00	25/01/2023	2 700,00	2 025,00		
					2 700,00	2 025,00	4 725,00	
R2023-0297	040076016	FUSIBLE-DIAZED 25A-500VAC	3,00	04/05/2023	639,20	1 350,00		
	040078049	LAMPE DE SIGNALISATION BA9S - 220V - 10X26	1,00	04/05/2023	639,20	1 350,00		
					639,20	1 350,00	1 989,20	
R2023-0430	040095788	HELICE DE POMPE 383MM	1,00	21/06/2023	0,00	0,00		
					0,00	0,00	0,00	

Figure 0-8: Historiques des réparations pour la cabine de peinture

La découpeuse des tôles de noyaux

ELECTRO-INDUSTRIES		HISTORIQUES DES REPARATIONS					Date : 05/03/2024 Page 1 de 3	
		N°EQUIPEMENT : 910013203						
		PERIODE DU : 01-janvier-2023 AU : 05-mars-2024						
N° BON	N° PIECE	DESIGNATION	QIITE	DATE	FRAIS MAT	FRAIS MO	TOT FRAIS	
PE 2023-025	050042150	GRAISSE DE LUBRIFICATION TESSALA EP2	2,00	24/09/2023	0,00	0,00		
					0,00	0,00	0,00	
R2023-0053	040084639	CAPTEUR	1,00	25/01/2023	0,00	2 025,00		
					0,00	2 025,00	2 025,00	
R2023-0057	040018006	ROULEMENT RAINURE A BILLES	2,00	26/01/2023	617,76	900,00		
					617,76	900,00	1 517,76	
R2023-0065	040037362	COURROIE DE TRANSPORT	1,00	29/01/2023	0,00	450,00		
					0,00	450,00	450,00	
R2023-0165	040084596	COUPLEUR DE BUS	1,00	06/03/2023	16 204,53	13 500,00		
					16 204,53	13 500,00	29 704,53	
R2023-0167	040037362	COURROIE DE TRANSPORT	1,00	07/03/2023	19 060,49	450,00		
					19 060,49	450,00	19 510,49	
R2023-0176	040000276	VIS A TETE CYLINDRIQUE M 8X20-8.8	2,00	05/03/2023	7,99	1 350,00		
					7,99	1 350,00	1 357,99	

Figure 0-9: Historiques des réparations pour la découpeuse des tôles de noyaux

2.7.2 Mise en œuvre de l'analyse de Pareto de l'atelier électrique

Afin d'effectuer une analyse de Pareto sur la fréquence des arrêts des machines et les coûts de réparations, nous allons d'abord regrouper les coûts de maintenance pour chaque machine ainsi que le nombre d'arrêts à partir des Historiques des interventions correctives et préventives sur les machines dans l'U.T.R. Ensuite, nous classerons les machines par ordre décroissant, du coût le plus élevé au coût le plus bas. Calculer les pourcentages cumulés après Construire le diagramme de Pareto.

Remarque : Tous les couts en DA.

Tableau 0-3: analyse de Pareto électrique

Machine	les couts	cumul des couts	% des couts cumules	Arrêt	cumul des arrets	% des cumuls des srrets
Four de séchage à vide	956568	956568	75,42%	4	4	11,43%
Four De remplissage	181487	1138055	89,73%	5	9	25,71%
Découpeuse RDB	55837	1193892	94,14%	5	14	40,00%
Cabine de peinture	35000	1228892	96,90%	1	15	42,86%
Découpeuse	30000	1258892	99,26%	13	28	80,00%
Bobineuse haute t	4426	1263318	99,61%	1	29	82,86%
presse	2711	1266029	99,83%	1	30	85,71%
Bobineuse Basse t	2217	1268246	100,00%	2	32	91,43%
Machine de menuiserie de bois	0	1268246	100,00%	2	34	97,14%
Table élévatrice	0	1268246	100,00%	1	35	100,00%

Source : élaboré par nous-mêmes

Ensuite, La construction de diagramme de Pareto.

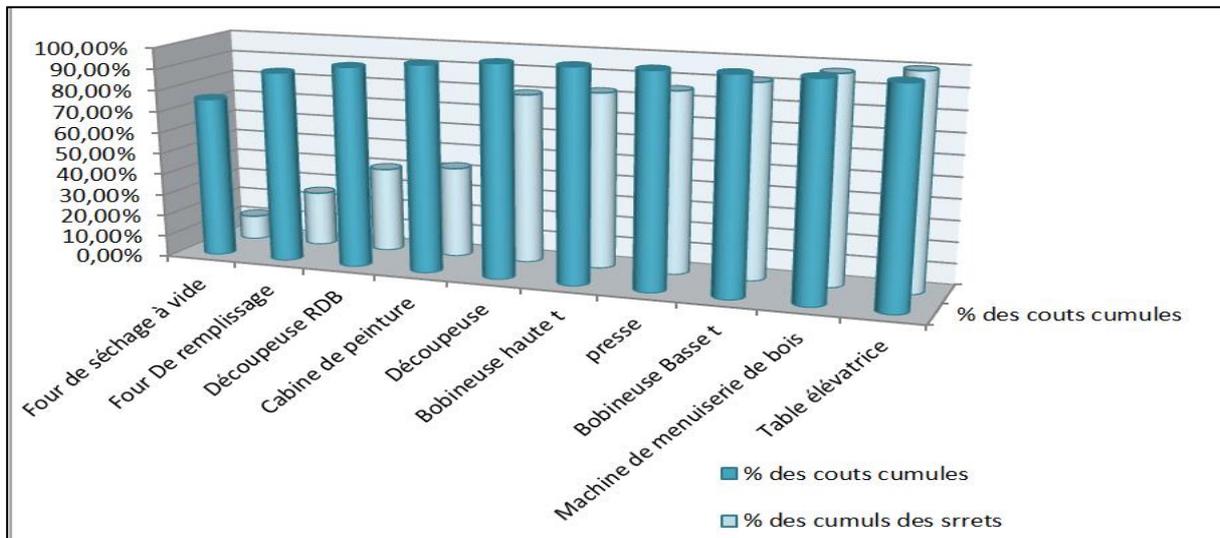


Figure 0-10: digramme de pareto électrique

Résultats

Le four de séchage à vide et le four de remplissage sont les machines les plus coûteuses de l'atelier électrique et ont également une fréquence d'arrêts importante. Il est crucial pour l'atelier de déterminer les causes de ces coûts élevés et de mettre en place des mesures préventives pour réduire les dépenses.

Four de séchage à vide :

Coût: 956 568, représentant 75,42% des coûts totaux.

Nombre d'arrêts : 4 arrêts, représentant 11,43% des arrêts totaux.

Four de remplissage

Coût: 181 487, représentant 14,31% des coûts totaux.

Nombre d'arrêts : 5 arrêts, représentant 14,29% des arrêts totaux.

La découpeuse RDB, bien que moins coûteuse que les deux autres, a également un nombre élevé d'arrêts, nécessitant des actions correctives similaires.

Coût modéré : 55 837, représentant 4,41% des coûts totaux.

Nombre d'arrêts : 5 arrêts, représentant 14,2 % des arrêts totaux.

La découpeuse a un nombre d'arrêts extrêmement élevé (13), ce qui suggère un besoin urgent d'analyse et de maintenance : Coût : 30 000, représentant 2,36% des coûts totaux, avec nombre d'arrêts très élevé : 13 arrêts, représentant 37,14% des arrêts totaux.

2.7.3 Mise en œuvre de l'analyse de Pareto de l'atelier mécanique

Nous suivons les mêmes étapes que la partie mécanique pour compléter le tableau.

Tableau 0-4: l'analyse de pareto mécanique

Chapitre 02 : Analyse des ressources de maintenance liées à l'unité transformatrice (U.T.R)

machine	les couts	cumul des couts	% cumul des couts	N arrêt	cumul des arrêts	% cumul des arrêts
Cabine de peinture	145848	145848,00	40,0%	8	8,00	25,81%
Machine de sablage	106272	252120,00	69,20%	4	12,00	38,71%
Poste à souder	67400	319520,00	87,71%	5	17,00	54,84%
Ponceuse	29792	349312,00	95,88%	5	22,00	70,97%
Perceuse	15000	364312,00	100,00%	2	24,00	77,42%
Cisaille guillotine hydraulique	0	364312,00	100,00%	2	26,00	83,87%
Mubia de souder	0	364312,00	100,00%	2	28,00	90,32%
Site circulaire	0	364312,00	100,00%	1	29,00	93,55%
Presse plieuse	0	364312,00	100,00%	1	30,00	96,77%
Filtreuse	0	364312,00	100,00%	1	31,00	100,00%
Plieuses	0	364312,00	100,00%	0	31,00	100,00%

Source : élaboré par nous-mêmes

Suite à cela, nous allons construire l'histogramme.

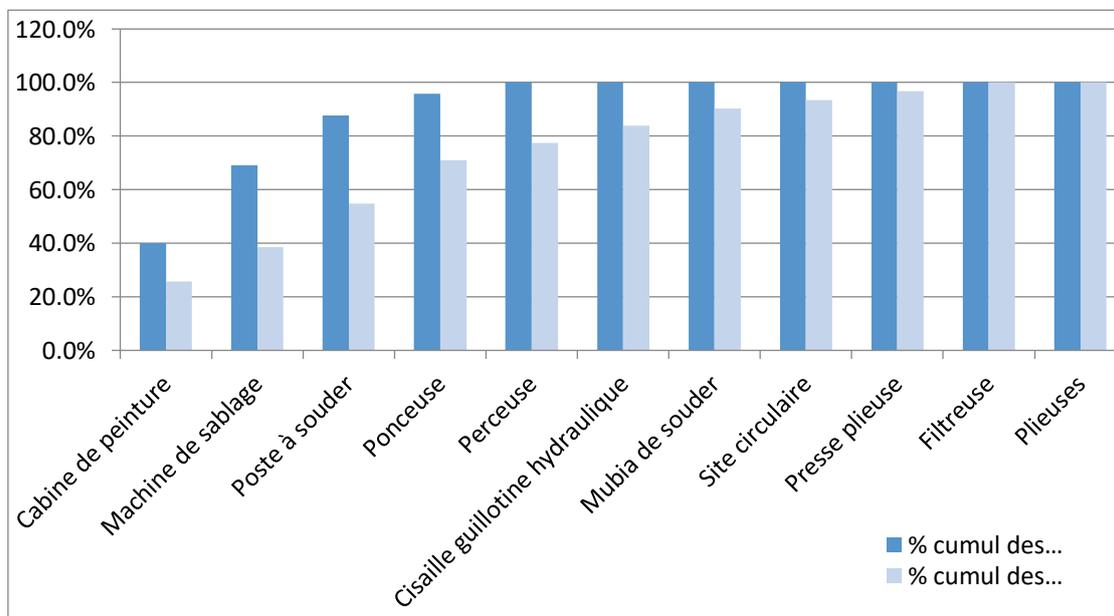


Figure 0-11: diagramme de pareto mecanique

Résultats

La cabine de peinture et la machine de sablage et le poste à souder sont les machines les plus coûteuses en termes de maintenance. Elles devraient être les priorités pour les interventions de maintenance préventive pour réduire les coûts futurs.

La cabine de peinture a le plus grand nombre d'arrêts, suivie par le poste à souder et la ponceuse et la machine de sablage. Cela suggère que ces machines pourraient bénéficier d'une analyse plus approfondie pour identifier et corriger les causes fréquentes de pannes.

Tableau 0-5: Nombre d'arrêts et des coûts des trois principales machines de l'atelier mécanique

Machine	Coût	Nombre d'arrêts
Cabine de peinture	145 848	8
Machine de sablage	106 272	4
Poste à souder	67 400	5

Les machines comme la cisaille guillotine hydraulique, le mubea de souder, et d'autres ont eu des arrêts mais sans coûts associés, ce qui pourrait indiquer des pannes mineures ou des interventions de maintenance effectuées sans coûts significatifs.

2.7.4 Analyse des pannes mécaniques et électriques de l'unité des transformateurs

Pour mieux clarifier et comprendre l'état des pannes des machines nous avons réalisé aussi une analyse des pannes mécaniques et électriques.

Tableau 0-6: les pannes mecaniques et electriques

	Pannes Mécaniques							Pannes Électriques							TOTAL HEURS GENERAL	
	Atelier Usinage	Atelier Soudage	Atelier H(P,O)	Atelier Noyaux	Atelier Bobinage	Atelier Montage	TOTAL HEURS	Atelier Usinage	Atelier Soudage	Atelier H(P,O)	Atelier Noyaux	Atelier Bobinage	Atelier Montage	TOTAL HEURS		Autres
janv-22	179	28	0	168	176	336	887	6	34	0	0	336	0	376	0	1263
févr-22	46	13	21	164	176	160	580	12	4	0	0	320	48	384	0	964
mars-22	37	33	5	188	184	184	631	24	5	0	0	368	95	492	52	1175
avr-22	152	48	13	188	160	40	601	20	0	3	0	192	0	215	11	827
mai-22	415	36	19	160	160	0	790	160	16	0	6	160	0	342	518	1650
juin-22	314	4	9	176	176	120	799	83	326	0	0	176	0	585	176	1560
juil-22	232	24	8	144	144	36	588	72	297	0	0	144	7	520	180	1288
août-22	0	32	0	16	32	0	80	0	0	0	0	0	0	0	16	96
sept-22	72	89	28	352	352	104	997	40	0	0	0	0	8	48	16	1061
oct-22	102	108	32	176	176	32	626	40	52	0	0	0	24	116	176	918
nov-22	86	109	0	168	168	72	603	13	0	0	168	104	128	413	40	1056
déc-22	111	25	0	179	200	24	539	84	23	0	16	24	104	251	168	958
Total	1746	549	135	2079	2104	1108	7721	554	757	3	190	1824	414	3742	1353	12816

Sur l'année précédente, il y a eu un total de 7721 heures de pannes mécaniques et 3742 heures de pannes électriques.

- Les pannes mécaniques et électriques varient d'un mois à l'autre, mais il n'y a pas de tendance claire à la hausse ou à la baisse sur l'ensemble de l'année.
- Certains mois, comme mai et juin, ont enregistré des totaux particulièrement élevés en raison de pannes majeures dans plusieurs ateliers.
- Les pannes électriques semblent être moins fréquentes, mais peuvent nécessiter plus de temps pour la réparation, comme le montre le nombre d'heures élevé dans l'atelier de bobinage.
- Les ateliers les plus touchés par les pannes mécaniques sont l'atelier Noyaux (2079 heures) et l'atelier Bobinage (2104 heures).
- Pour les pannes électriques, l'atelier bobinage est également le plus touché (1824 heures), suivi de l'atelier soudage (757 heures).

Cela pourrait aider l'équipe de maintenance à cibler les domaines nécessitant une amélioration ou une surveillance accrue pour minimiser les temps d'arrêt et optimiser la production.

2.7.5 Interprétation générale

Les pannes fréquentes des équipements de production et les retards de réparation sont interprétés en fonction des éléments suivants :

a. Équipements vieillissants et amortis

Les équipements ayant largement amorti leur valeur sont souvent plus sujets à des pannes en raison de leur usure et de leur vieillissement. Ces pannes résultent de composants défectueux ou de la dégradation générale de la machine au fil du temps.

b. Manque de pièces de rechange

Le manque de pièces de rechange prolonge les temps d'arrêt des équipements lorsqu'une panne survient, car il faut du temps pour se procurer les pièces nécessaires à la réparation.

c. L'absence de logiciel GMAO conduit à

1) Gestion manuelle des données techniques

Une gestion manuelle des données techniques entraîne des retards dans la maintenance et les réparations, car il est plus difficile d'accéder aux informations nécessaires pour diagnostiquer et résoudre les problèmes.

2) Mauvaise circulation des informations

Une mauvaise circulation d'informations entre les équipes de maintenance et de production entraîne des retards dans la résolution des problèmes, car les informations sur les pannes et les réparations ne sont pas transmises efficacement.

d. Niveau de formation insuffisant

Un niveau de formation insuffisant du personnel de maintenance entraîne des difficultés dans le diagnostic et la résolution des problèmes, prolongeant ainsi les temps d'arrêt des équipements.

e. Inexistence de procédures de maintenance bien définies

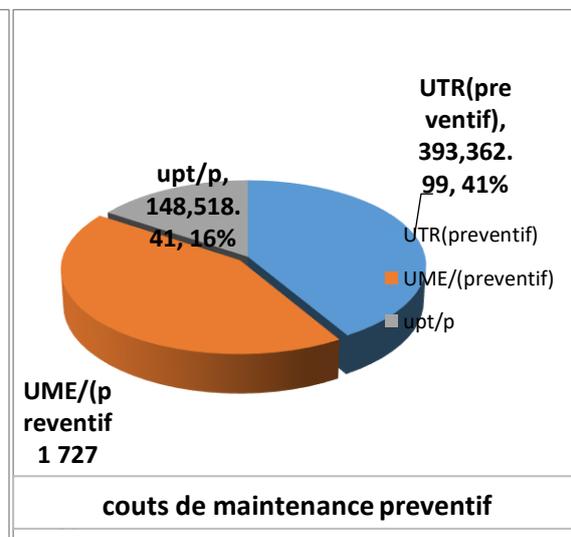
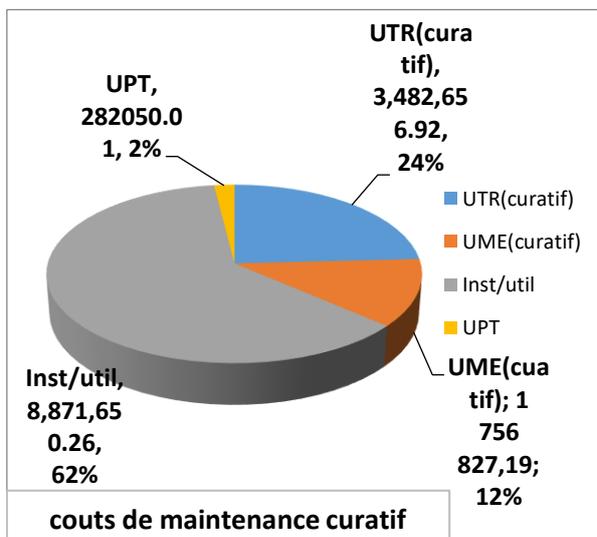
L'absence de procédures bien définies entraîne une approche inefficace de la maintenance et des réparations, ce qui contribue à des temps d'arrêt prolongés et à une productivité réduite.

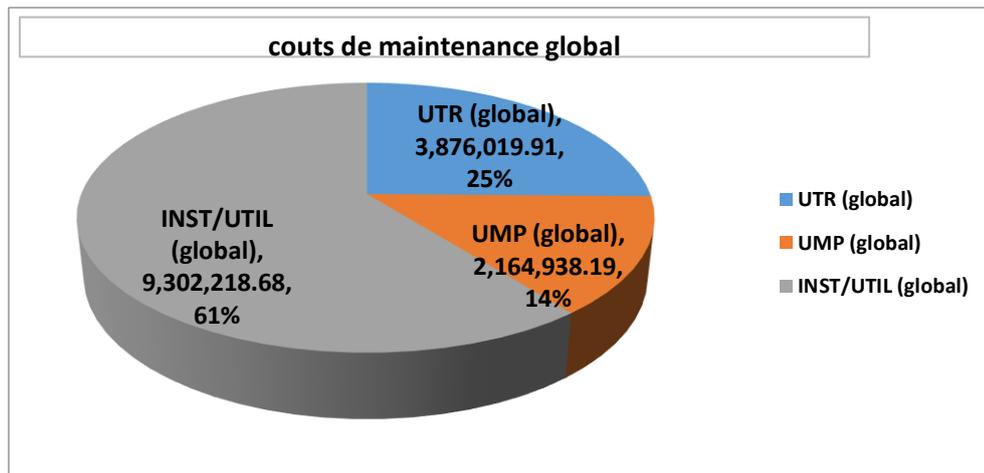
2.8 Les coûts de maintenance

2.8.1 Collecte des données

Les graphes suivants représentent les couts de maintenance préventive et curative annuels de chaque unité.

	ENTRETIEN curatif (DA)				ENTRETIEN PREVENTIF (DA)			total (DA)
	UTR (DA)	UME (DA)	UPT	INSTAT E/F	UTR (DA)	UME(DA)	UPT(DA)	
Total Annuel 2022	3 482 656,92	1 756 827,19	282 050,01	8 871 650,26	393 362,99	408 111,00	148 518,41	15 343 176,78





Source : service de comptabilité

2.8.2 Analyse des données des couts de maintenance.

Le tableau présente les coûts de maintenance distincts pour chaque unité de production. En l'analysant, on constate que les coûts de maintenance corrective surpassent ceux de la maintenance préventive.

En plus de cela, les coûts correctifs de l'unité transformateurs dépassent ceux de l'unité moteurs électriques, tandis que les coûts préventifs sont plus élevés pour l'unité motrice électrique.

En conclusion, l'unité des transformateurs basée sur la maintenance corrective est plus importante que la maintenance préventive.

Tableau 0-7: Hiérarchisation des couts

Chapitre 02 : Analyse des ressources de maintenance liées à l'unité transformatrice (U.T.R)

N° chron	Bon de Réparation	N° Inventaire	Désignation des travaux	Montants (DA)
01	F2021-005	610-029-002 COMPRESSEUR H	chgt d'un radiateur radial(040-095-630) +moteu ventilateur (040-051-250)	2 707 531,19
02	R2022-270 R2021-567	DECOUPEUSE LAE	CHGT D'UNE POMPE HYDRAULIQUE (040-047231) CHGT D'UNE CARTE ELECTRONQUE (040-084-667)	1 128 888,35
03	E2022-240	610-029-102	CHGT D'UN CONTROLEUR DE FLAMME(040-083-054)	756 481,03
04	R2022-422/631	910-020-105 FOUR DE SECHA	CHGE D'UN SYSTEME DE FILTRATION(040-095-650 POUR POMPE E250 CHGT D'UN ENGRENAGE (040-039-228) POMPE E250	446 227,00
05	E2022-067	ECLAIRAGE BT02	TRAVAUX D'ECLAIRAGE DEL'ATELIER DE PRODUCTION BT02	382 620,15
06	F2022-012	PUIT N° 6	CHGT D'UN GROUPE MOTO POMPE (040-047-124)	246 188,83
07	R2022-090	910-020-104 FOUR DE REMPLI	CHGT D'UN JOINT DE PORTE (040-022-526)	236 554,63
08	R2022-611	810-015-002 FOUR DE FUSION	CHGT d'UN APPAREIL DE PROGRAMMATION (040-084-044)	213 719,24
09	R2021-1009	910-020-106 FOUR DE SECHA	CHGT D'UN ENGRENAGE (040-039-228)	212 754,20
10	F2022-033	010-018-560 STATION 'EAU	CHGT D'UNE POMPE DE DOSAGE (040-047-147)	199 278,53

2.8.3 Histogramme de hiérarchisation des coûts annuels

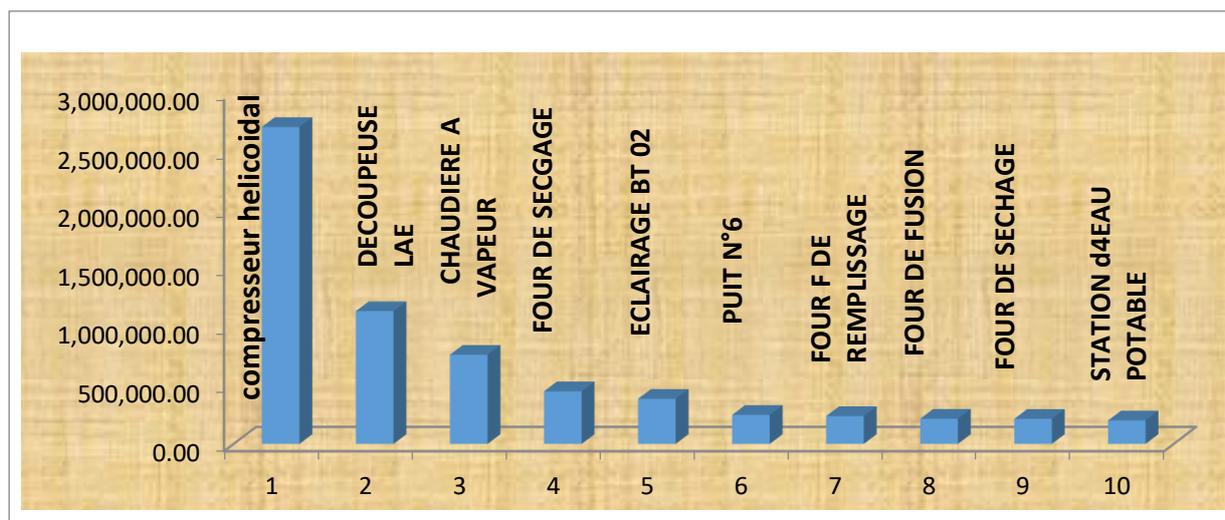


Figure 0-12: hiérarchisation des coûts annuels

Analyse

Le tableau suivant présente les interventions de maintenance les plus coûteuses sur les équipements de toutes les unités.

On remarque qu'il y a quelques équipements de l'unité de production de transformateurs, comme la découpeuse LAE, le four de séchage, les deux fours de remplissage et de séchage.

2.8.4 Interprétation des résultats

Les coûts de maintenance augmentent en raison de :

- L'obsolescence et de l'amortissement des équipements.
- Les réparations des équipements sont retardées en raison de la complexité croissante des équipements vieillissants et du manque de pièces de rechange.
- L'absence d'un logiciel GMAO impacte la gestion de la maintenance, ce qui a conduit à une dépendance accrue aux interventions correctives.
- Les procédures de maintenance préventive ne sont pas clairement définies.

2.9 Les documents de maintenance

Les documents de maintenance jouent un rôle crucial dans la gestion efficace des activités de maintenance. Ils permettent de planifier, suivre et documenter toutes les interventions, garantissant ainsi la fiabilité et la longévité des équipements.

Plusieurs documents pour la gestion de la maintenance sont disponibles dans l'entreprise EI, parmi eux, on a :

2.9.1 Le bon de réparation

Document émis pour enregistrer et suivre les réparations effectuées sur un équipement ou un système après l'identification d'une panne. Il contient des informations détaillées sur la nature de la panne, les travaux de réparation réalisés, les pièces remplacées, et les techniciens impliqués. la figure ci-dessous illustre le bon de réparation de l'UTR

The image shows a repair order form titled 'BON' (Bon de Réparation). It includes a logo on the top left and a header with 'N° d'inv./d'ident.' and 'N° de bon de réparation'. The form is divided into several sections:

- Identification:** Designation de la machine, Section / Ordre Supportant Réparations, Section originaire, Désignation de la section, Bât./Secteur, Personne à contacter, Tél.
- Details:** Type, Date d'équipement Souhaitée, Défaut presumé, N° de bon d'identification de travail.
- Costs:** Frais estimatifs de réparation, Date d'établissement, Achat, Magasin, Atelier central, Valeur, Temps alloué.
- Table:** A table with columns for 'N° d'ident. pièce / matière', 'Quantité', 'Désignation pièce / matière', 'Achat', 'Magasin', 'Atelier central', 'Valeur', and 'Temps effectif par personne'.
- Summary:** Temps total, Personnel de réparation, Total frais de matière, Total frais de main d'oeuvre.
- Signatures:** Signature et date: Emetteur de l'ordre, Guichet réparations, Chef de section, Personnel de réparation, Planning d'entretien.

Figure 0-13: Bon de réparation

2.9.2 Carte de machine

Elle regroupe toutes les informations essentielles concernant une machine spécifique, y compris ses caractéristiques techniques, ses paramètres de fonctionnement, son historique de maintenance, et ses interventions majeures. Elle peut également inclure des informations sur les pièces de rechange et les manuels d'utilisation. Comme illustré ci dessous

AWF Carte de machine-outil:																														
Désignation Presse rapide a deux montants															Modèle A2 - 125					N° Inv. 810-011-004 - A										
Fabricant L. SCHULER GmbH, 7320 Göppingen															N° de fabrication 79/20.2996					Date de commande										
Fournisseur L. SCHULER GmbH, 7320 Göppingen															Année fabrication 1980, acquisition					Date de livraison										
Caractéristiques de la machine-outil:															Accessoires															
Bati fixe															avance des cylindres					Emplacement 2A107										
Plage de travail															disp. grais. bande					appartient au groupe										
Distance entre les montants sous les guidages 1000 mm															disp. changt. rapide de l'outil					Classe de frais 859										
Distance plat.serrage/coulis.av.course maxi. 385 mm															Bande transport magnet					Degré de qualité										
Haut.entree mat. au-dessus de tableplateau serrage réglable 130 - 180 mm															Goulotte a déchets					Particulièrement appropriés pour travaux de decoupage										
Plat.serrage, surface serrage 1150-1000 mm															Photographie et espace nécessaire															
Epaisseur: 160 mm Jour 900 x 240 mm																														
Encoches serrage: 6; forme en T																														
Cotes: encoches en T 22; O vis M20															Plan d'implantation N° 40-060.354-0															
Coulisseau, course fixe 25 mm															Plan fondations 40-060.355-0															
Course ejecteur 6 mm Nbre courses 100 - 400 mm																														
Encoches serrage: 6; forme en T																														
Cotes: enc.en T 22; O vis M20																														
Dispos. securite: systepe freinage/embrayage electro-pneumatique avec interrupt. course continue																														
Puissance, nominale 1250 kN																														
N° commande AWF 3002 W/F Reproduction interdite (8.77/2) © 1942 by Ausschuß für Wirtschaftliche Fertigung e.V. (AWF), Berlin Beuth-Verlag GmbH, Berlin 30 und Köln																														

Figure 0-14: Carte de machine

2.9.3 Le Plan et les numéros des points de lubrification pour une machine

Répertorie tous les points de lubrification d'une machine, avec des numéros d'identification spécifiques pour chaque point , la figure suivante le montre clairement

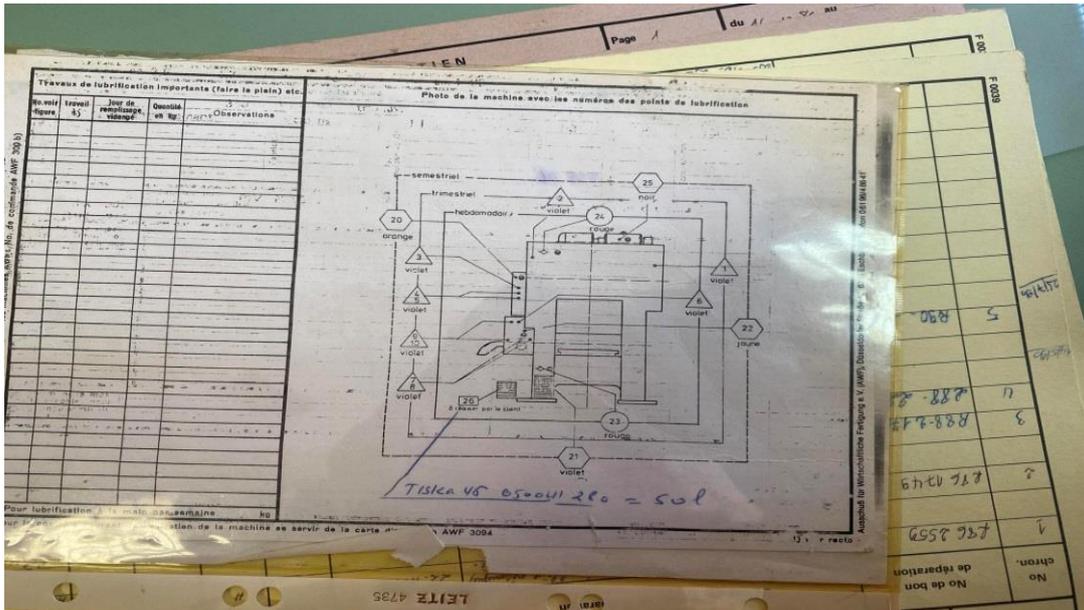


Figure 0-15: Le plan et les numéros des points de lubrification pour une machine

2.9.4 Relevé des travaux de lubrification

Utilisé pour enregistrer les détails des opérations de lubrification effectuées sur une machine. Il inclut des informations telles que la date et l'heure et la durée de la lubrification, le type de lubrifiant utilisé, les quantités appliquées, et les observations des techniciens. Comme démontré dans la figure suivante.

RELEVÉ DES TRAVAUX DE LUBRIFICATION						Page 1	du 20/08 au
Désignation de la machine				Type	No d'inventaire		
Tour de production				WP. 500	210 704 027		
				No de section		Emplacement	
				53		2/103	
Date	No. station illustration	1)	Désignation	Lubrifiant	Quantité	Durée d'entretien	Visa de confirmation
				No d'identification			
16.12.13	18	W	Wickon Heavy medium	050-041-280	7.5 l	2h	22.12.13
20.03.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	17/1/14
27.03.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	02.04.14
11.04.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	07.04.14
14.04.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	15.04.14
22.04.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	23.04.14
29.04.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	29.04.14
06.05.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	06.05.14
13.05.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	13.05.14
20.05.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	20.05.14
27.05.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	27.05.14
03.06.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	03.06.14
10.06.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	10.06.14
17.06.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	17.06.14
24.06.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	24.06.14
01.07.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	01.07.14
08.07.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	08.07.14
15.07.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	15.07.14
22.07.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	22.07.14
29.07.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	29.07.14
05.08.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	05.08.14
12.08.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	12.08.14
19.08.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	19.08.14
26.08.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	26.08.14
02.09.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	02.09.14
09.09.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	09.09.14
16.09.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	16.09.14
23.09.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	23.09.14
30.09.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	30.09.14
07.10.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	07.10.14
14.10.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	14.10.14
21.10.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	21.10.14
28.10.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	28.10.14
04.11.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	04.11.14
11.11.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	11.11.14
18.11.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	18.11.14
25.11.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	25.11.14
02.12.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	02.12.14
09.12.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	09.12.14
16.12.14	18	W	Tiska 33	050-041-280	7.5 l	2h	16.12.14

Figure 0-16: Relevé des travaux de lubrification

2.9.5 Fiche historiques de machine

Document qui contient l'historique complet des interventions de maintenance effectuées sur un équipement. Il Permet de suivre l'historique des pannes et des réparations, facilitant ainsi la prise de décisions futures. Voici la fiche historique de machine sur cette figure.

Dossier historique de machine											
No chron.		No de bon de réparation		Description concise de la réparation		Date d'exécution de		Temps en h			
						à		Temps alloué			
								Temps effectif			
								Main-d'œuvre			
								Matériau			
								Initiales du personnel de réparation			
								Initiales de l'agent de planning / d'entretien /			
								Date			
1	296-2557	Contrôle de la fermeture de la presse (partie basse mécanique) Remplacement d'un ressort sur la cloche de la presse. Remontage et remontage à un certain hauteur		22.11.86				2h		Butcher, François Rabreau	25.11.86
2	296-1749	Blocage de la fonction pressante à distribution qui agit sur la presse. Permettant ainsi le mouvement d'ouverture et de fermeture.		33.1.86				2h		Neblan	35.11.86
3	288-2170	Réparation d'un tuyau de passage de bande changeant banque Comique (040-062-222) câble (050-000-026)		12/01/88				5h		Neblan	10/01/88
4	288-2204	Remplacement des 04 rouleaux à l'entrée (040-018-018) ajustage et réglage de la bande du dispositif d'alignement et les rouleaux est ajusté et réglé dans l'alignement de la chaîne, nettoyage réglage, réglage du variateur (030-011-626)		23-04-89				7h		ACHEM, HENRI BRIER, PIERRE	25-04-89
5	280-1046	Démontage et nettoyage des rouleaux distributeur, chape et tapis (050-113-309)		23-05-80				6h		Khauf Neblan	29-05-80

Figure 0-17: Fiche historique de machine

2.9.6 Planning de maintenance préventive d'une machine

Document qui détaille les activités de maintenance planifiées à intervalles réguliers. (L'opération, la pièce utilise, la durée et date de début et de fin), comme illustré ci-dessous

ELECTRO INDUSTRIES
15300 AZAZGA - ALGERIE

PLANNING DE MAINTENANCE PREVENTIVE
TYPE DE TRAVAUX (périodicité) : TRIMESTRIEL

Edition du 23/06/2014
Page : 1/2

Désignation de la machine : CABINE DE PEINTURE
Type : _____

N° d'inventaire 910.020.000
N° de section 951
Emplacement 3A

DESIGNATION DE L'EQUIPEMENT	CODE	OPERATIONS	MATIERE OU PIECE	DATE DEBUT	DATE CLOTURE	TEMPS
Electricité	1.3	Contrôler l'état général des câbles électriques Vérifier l'appareillage antidéflagrant Vérifier le palan électrique	Bon Bon Bon	27/10/2023	27/11/2023	15 mn

Responsable de la maintenance préventive : Date et signature
HADJEROUH T. Man
Date et signature du chef d'atelier : 27/11/23
Recommandation du planning entretien : Date et signature : 03.12.23
Temps Total : 15 mn

FO-6.300-3/23.06.2014

Figure 0-18: Planning de maintenance préventive d'une machine

Voici les documents de la gestion de stocks

2.9.7 Bon d'entrée de marchandise

Utilisé pour enregistrer l'arrivée des marchandises dans une entreprise ou un entrepôt. Il contient des informations détaillées sur les articles reçus, y compris les quantités, les descriptions, les fournisseurs, les dates de réception, et les conditions des articles à l'arrivée. comme illustré ci-dessous

Electro Industries

BON D'ENTREE DE MARCHANDISES N° 5-9483

N° D'IDENTIFICATION : 040.035.207 N° DE COMMANDE OU N° DE BON D'APPROVISIONNEMENT : 028/04/2024 POS. : _____

DESIGNATION : Roue à friction noir 160 N° DE COLIS : Ete kassi B. Atim POS. LISTE DE COLISAGE : _____

NOMBRE ET TYPE DE CONTENEURS : _____ LIEU DE STOCKAGE : _____ OBSERVATIONS : _____

N° distinctif de colis	Quantité selon liste de colissage / bon d'approvisionnement	UQ	Quantité effective	Quantité conforme	Quantité contestée	N° Rapport de contre N° compte rendu de réclamation	Observations
	02	PC	02	02	00		

Réception Marchandises : O. CHIOUKH Date / Visa : 04/03/2024
Contrôle Qualité : Chef Service : N. M. ABBAS Date / Visa : 04/03/2024
Magasin : AIT KABADANE ADE MAGASINIER Date / Visa : 04/03/2024
Comptabilité Stocks Gestion Stocks : _____ Date / Visa : _____
Achats : _____ Date / Visa : _____
Vérification Factures : _____ Date / Visa : _____
Comptabilité Matières : _____ Date / Visa : _____

Figure 0-19: Bon d'entrée de marchandise

2.9.8 Fiche navette

La fiche navette de stock est un document utilisé pour suivre et gérer les niveaux de stock dans un entrepôt ou un magasin. Elle enregistre les mouvements de stock, les quantités minimales à commander, les stocks minimums par section, et les mesures d'approvisionnement nécessaires. La figure suivante la représente

The form is titled 'Fiche navette' and is divided into several sections:

- Top Section:** Includes 'Lieu de stockage', 'Quantité min. à commander', 'UG', 'Stock min. total', 'No. d'identification / d'inventaire', and 'Designation'.
- Table Section:** A large grid with columns for 'Date', 'Stock minimum dépassé vers le bas: Section / Stock', 'Stock total', 'Mesure d'approvisionnement', and 'Livraison d'appoint: Quantité / Délai'.

Figure 0-20: Fiche navette

2.9.9 Demande d'approvisionnement

Inclut les détails des produits nécessaires, les quantités souhaitées, le prix approximatif ainsi que des informations sur les fournisseurs ou les délais de livraison. La figure suivante l'illustre

The form is titled 'Demande d'Approvisionnement N°' and contains the following handwritten information:

- Top Section:** '15 4 /', '681/241', '643/241', and a logo with 'E. I.'.
- Table Section:**

N° d' Identification	Désignation (Référence du Fournisseur)	Quantité	U. Q.	Réception des marchandises	Prix approximatif
010-04-146	Combinaison D4 codifié Nou codifié	02	RE		
- Observation Utilisation:** '810 001.002 Tab.'.
- Bottom Section:**
 - Date de livraison souhaitée (arrivée des marchandises)
 - Groupe demandeur: 643, 681
 - Section de coûts: 641
 - Signature du demandeur
 - Signature chef de Dépt. chef de service
 - Accusé de réception
 - Rubrique réservée au service achats: Fournisseur, N° de commande
 - Date de livraison (arrivée des marchandises)
 - Observations

Figure 0-21: Demande d'approvisionnement

2.9.10 Analyse de la documentation

En examinant les documents de maintenance au sein de l'entreprise, on peut constater qu'en raison de l'absence de GMAO, le service de maintenance se base principalement sur une documentation exhaustive pour planifier et réaliser les tâches de maintenance. Cette approche met en évidence la rigueur dans la conservation et l'utilisation des documents. Néanmoins, la future intégration d'une solution GMAO pourrait encore améliorer les processus de maintenance en offrant des outils automatisés pour la gestion des actifs et la planification des interventions.

2.10 La gestion des stocks

L'U.T. R procède au stockage d'une grande quantité des matières et des pièces de rechanges pour des raisons suivantes :

- ✓ Si les pièces de rechanges nécessaires ne sont pas disponibles au moment voulu, la production peut être arrêtée. C'est un gaspillage en termes de main- d'œuvre et de machine et la production prend du retard. Les stocks l'une des solutions à ce problème.
- ✓ Le fait commandé des pièces et matières importées par grande quantité permet de réduire :
 - Les coûts d'achat des matières étrangères
 - Les coûts de dédouanement de la matière
 - Les frais de transport...
- ✓ Les stocks sont un moyen de faire face à des commandes imprévues, à des demandes urgentes, à la fabrication d'un nombre inhabituel de produits.

2.10.1 Analyse de la gestion des Stocks de la maintenance

La gestion des stocks est assurée par magasiniers, gestionnaires et chef magasinier :

A l'entrée : contrôle quantitatif et qualitatif, allotissement, pointage et mise à jour des quantités en stock.

A l'intérieur : stockage dans les rayons et l'emplacement appropriés.

A la sortie : prélèvement, préparation des commandes pointage et mise à jour des quantités en stock.

Chaque article géré en stock est codifié selon le service normalisation.

-La codification se fait par rapport à la spécification technique et stratégique :

. Identifie

Définition précise de l'article, Eviter les erreurs, Eviter les doubles emplois.

. Caractérise

L'article selon les « clés » définies par centre de codification.

Classe

L'article selon la nomenclature LENEL.

Le rayonnage

C'est une organisation des matières sur des étagères qui comprend pour chaque étagère un numéro simple et précis, il fournit un langage commun à tous ceux qui, dans l'entreprise, ont intérêt à connaître les stocks comme :

- Le responsable du service d'achat
- Le magasinier
- Le responsable de la production...

Procédure de demande d'achat de pièces de rechange

- L'entreprise applique pour les pièces de rechange l'approvisionnement selon le besoin.
- Il fait appel à la réserve de sécurité pour les pièces de rechange importées, ainsi que pour les pièces de rechange liées à des équipements stratégiques pour la production.
- Tout besoin d'achat en pièces de rechange doit être signalé par le service maintenance au magasinier (article portant la mention non disponible en stock), qui transmettra au service approvisionnement une demande d'achat présentant le code et la référence de la pièce désirée et la quantité à commander.

Deux types d'achat sont distingués

- Niveau national, la procédure d'acquisition sera automatiquement lancée.
- A l'importation, la pièce de rechange est conditionnée par les fournisseurs étrangers. Le service approvisionnement devra alors communiquer au demandeur de la pièce de rechange un délai de fourniture qui lui sera imposé par le fournisseur étranger.

Les pièces de rechange importées ne sont pas disponibles en Algérie et nous ne pouvons pas les fabriquer ici.

La Société encourage la production en interne d'une partie de son unité de prestation technique lorsque cela est possible et que le coût de production est inférieur au coût d'achat auprès d'un fournisseur externe.

Tableau 0-8: Les pièces intégrées

	Pièces intégrées
Internes	Capuchon huit, les clous à chapeaux, poche de thermomètre, les galets, le bride au brique
Externes	Plaques signalétiques, boulons à crochets, joints en plastique

Source : Service des achats locaux et importées.

Procédure de réception des pièces arrivées.

Le magasinier doit vérifier les pièces entrées, le comptage, et l'Etat des pièces, Etablissement du bon d'entrées de marchandises avec signature du chef de service ; après la marchandise sera vérifiée par le service contrôle qualité.

En finalité la pièce sera stockée, après vérification si celle-ci existe déjà, elle sera réceptionnée et mise au rayon correspondant.

La réception des commandes, s'articule sur deux types :

1. La réception quantitative

Une fois la commande arrivée, elle sera stockée dans l'aire de réception pour que la procédure de contrôle quantitatif puisse s'opérer. Le magasinier vérifie les quantités expédiées et leurs listes de coulissage, ou sont inscrit les différents articles et leurs quantités. Le magasinier doit signaler toutes non-conformités, les quantités manquantes lors de la réception, les quantités en plus et les dégâts, dans ce cas le fournisseur sera informé pour rectification.

En fin, le bulletin de réception sera établi en trois exemplaires signés par le responsable de service gestion des stocks et le magasinier, une copie sera gardée au service, une autre sera remise au service comptabilité et la dernière sera classée au magasin.

2. La réception qualitative

Après l'établissement du bulletin de réception, la commande reçue sera remise à un contrôle de qualité. Après étude, un verdict est donné où sont inscrites les quantités acceptées, ainsi que les raisons de refus des quantités non acceptées.

Procédure de sortie de pièce

Elle est formulée par le technicien est remise en disposition, le système mis à jour automatiquement le stock, si non, une demande de réapprovisionnement est formulée.

Le magasinier doit garantir un stock minimum pour chaque pièce et faire des demandes d'achat au département approvisionnement avant épuisement du stock.

L'entreprise utilise la méthode F.I.F.O (First In, First Out) pour le déstockage des articles appelée aussi (première entrée, première sortie) c'est-à-dire les articles du premier lot entré en stock seront aussi les premier à être consommés dans le processus de fabrication, l'avantage de l'utilisation cette méthode est pour rapprocher la valeur du stock de la valeur de renouvellement au fur et à mesure de l'épuisement des lots les plus anciens.

2.10.2 L'inventaire

L'entreprise utilise l'inventaire de fin d'année, qui se fait généralement le mois de septembre ou octobre, il doit toucher tout ce qui est en magasin.

La direction désigne deux équipes, Une a un rôle de recensement et de comptage. L'autre est une commission de contrôle généralement comptable, elle intervient dans le cas d'écarts d'inventaire entre les deux premières équipes et corrige l'écart.

La supervision des travaux est assurée par une commission de contrôle composée du :

- Directeur.
- Responsable de la structure finance et comptabilité.
- Responsable de la structure commerciale.
- Responsable de la structure achat et approvisionnement.
- Responsable de la structure production.

Les modalités de la prise d'inventaire comportent trois phases au niveau de l'ELECRO- INDUSTRIES : la préparation, l'exécution et le comptage.

La préparation

Une réunion d'information et de sensibilisation à laquelle assistent les responsables des structures sous l'égide de la commission de contrôle, cette réunion a pour objet d'établir un planning détaillé de réalisation de l'opération de l'inventaire ou on va trouver :

- l'incidence de la valeur des stocks sur le résultat de l'entreprise et notamment sur l'évaluation des produits finis et les encours, ainsi que les matières premières et consommables.

- l'importance du contrôle du résultat final de l'inventaire physique.

- désignation des différentes équipes chargées de l'inventaire.

- préparation des supports de l'inventaire.

- la mise à disposition de tous les documents et fichiers aux équipes.

- la date de début et fin d'exercice.

L'exécution de l'opération d'inventaire

Cette opération est faite avant d'engager l'opération de comptage où le président de la commission retire les fiches casiers.

Le comptage

La prise d'inventaire est désignée par la commission d'inventaire de l'entreprise tout en respectant le principe de la séparation des tâches sous forme de deux équipes pour le comptage et le contrôle à savoir :

2.10.3 Le Calcul des Coûts de Stocks chez ENEL

ENEL se concentre principalement sur les coûts directs associés aux achats de stocks (achat nationaux et importés).

Pour les pièces fabriquées en interne, le calcul du coût inclut le coût des matières premières ainsi que le coût de la main d'œuvre nécessaire à la production. Cette méthode permet de quantifier les dépenses totales engagées dans la fabrication des stocks internes.

La valeur des **achats** de magasin cette année est de : 4 275 934da.

Pour les articles achetés localement dans tout le pays, l'entreprise calcule uniquement le coût d'achat. Cela inclut le prix d'achat des produits locaux et ne prend pas en compte les frais de livraison.

En revanche, pour les importations, l'ENEL prend en compte le coût d'achat ainsi que le coût de passation. Ceux-ci comprennent les frais de droits de douane, qui s'ajoutent au coût d'achat initial. Cette méthode est conçue pour refléter de manière exhaustive les coûts engagés lors de l'achat de stocks externes.

Cout de passation= 2 575 68da

On calculera le **coût de possession de stock** en tenant compte des coûts de stockage incluant (l'espace de stockage et les coûts des services tels que l'électricité), le coût de capital et de personnel de gestion de stock, Et on néglige les coûts de précautions (obsolescence et détérioration) à cause du manque de données.

-Coûts de stockage : 50000da

-Coût de capital : 5% de la valeur de stock: 213 796 da.

-Coût de personnel par année : 1500000da

Coût de possession de stock = 50000 + 213 796 + 150 000 = **1 763 796da**

Le coût des ruptures de stock

Nous ne prenons en compte que le coût des ventes perdues pour calculer le coût des ruptures de stock, ignorant les coûts indirects liés à la perte de fidélité et à l'atteinte à l'image de marque.....

L'unité a arrêté de produire des transformateurs pendant environ 15 jours en raison d'un manque de pièces de rechange. La production moyenne est d'environ 200 transformateurs, avec une marge bénéficiaire moyenne de 50 000 unités par unité à peu près.

Le coût des ruptures de stock = 50000 * 200 = 10000000da.

Tableau 0-9: les coûts des stock

coût d'achat	coût de passation	coût de possession	Le coût des ruptures	coût totale
4 275 934da	2 575 68da	1 763 796da	10000000da	16 297 298da

Source : élaboré par nous-mêmes.

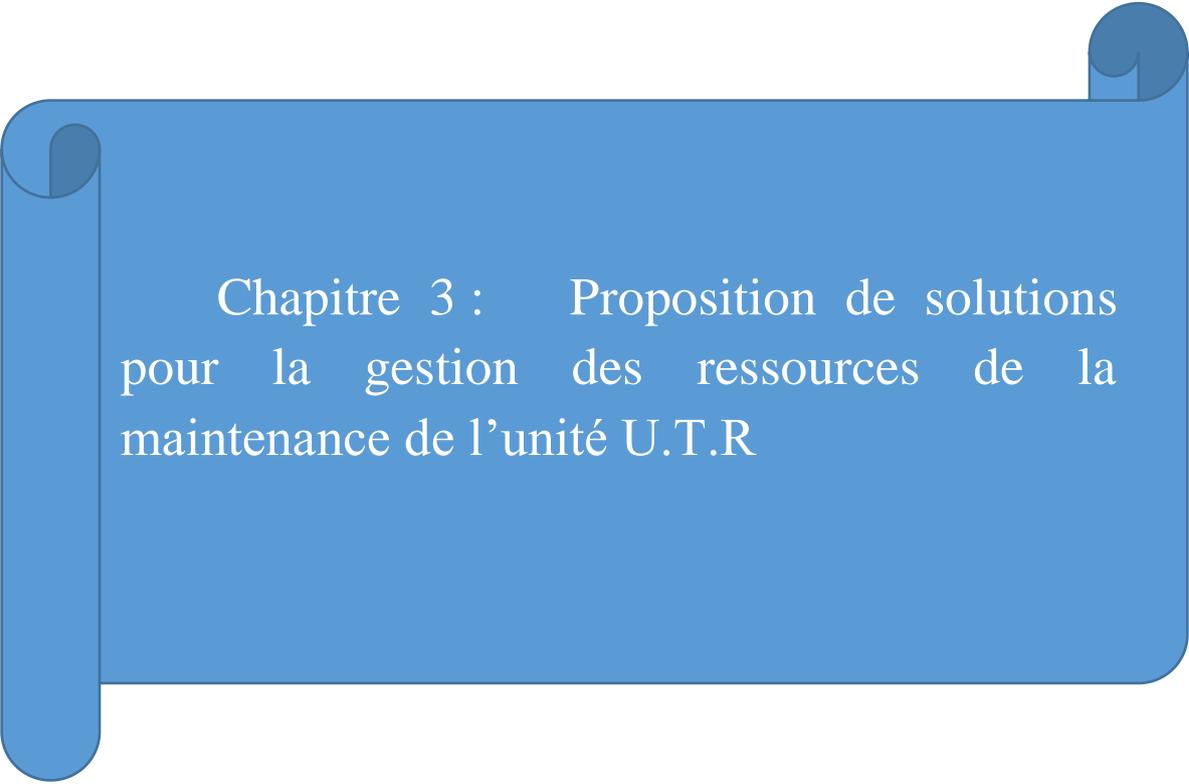
2.10.4 Interprétation

Les ruptures de stock chez E-I peuvent survenir en raison de retards dans les livraisons, du non-respect des spécifications par certains fournisseurs, d'un défaut de contrôle des stocks de sécurité, ou encore d'un nombre important de pannes. Ces incidents montrent qu'E-I, malgré ses efforts et ses garanties, n'est pas à l'abri des imprévus pouvant affecter la disponibilité des produits.

2.11 Conclusion

Dans ce chapitre, nous recueillons les données nécessaires concernant chaque type de ressource impliquée dans la maintenance de l'unité transformateur. Cette collecte de

données nous permet d'analyser en détail chaque type de ressource et d'identifier leurs points faibles spécifiques. L'objectif est de comprendre les causes sous-jacentes des défaillances et des inefficacités dans le processus de maintenance. À partir de cette analyse, nous pourrons établir un diagnostic précis des problèmes rencontrés. Ensuite, dans le chapitre suivant, nous proposerons des solutions possibles et des recommandations adaptées pour chaque type de ressource identifié. Ces solutions viseront à améliorer la fiabilité, l'efficacité et la durabilité de la maintenance de l'unité des transformateurs, en répondant directement aux faiblesses mises en lumière par notre analyse.



Chapitre 3 : Proposition de solutions
pour la gestion des ressources de la
maintenance de l'unité U.T.R

Chapitre 3 : Propositions de solution pour la gestion des ressources de la maintenance.

3.1 Introduction

Dans ce chapitre, des propositions sont fournies afin d'améliorer la gestion des ressources de maintenance. Tout d'abord, nous allons examiner les ressources humaines en utilisant la méthode de la « bête à cornes » afin de repérer les besoins en compétences et de proposer un plan de formation interne et externe.

Une étude sur les équipements critiques de l'unité de transformateurs sera menée avec la méthode Abaque de Noiret pour prioriser les interventions, ainsi que des améliorations aux processus de maintenance corrective et préventive afin de diminuer les temps d'arrêt et d'améliorer la fiabilité des équipements.

Par la suite, nous proposerons des indicateurs clés de performance (KPI) afin d'évaluer et de suivre les résultats de la maintenance. Enfin, nous présenterons un modèle de gestion des stocks de point de commande adapté à l'entreprise pour assurer la disponibilité des pièces de rechange.

3.2 Solution 1 : Les ressources humaines

Dans le chapitre précédent, nous avons exploré les défis rencontrés dans la gestion des ressources humaines. Pour répondre à ces défis, nous avons employé la méthode de la "bête à corne" pour simplifier nos processus de travail.

3.2.1 La méthode "Bête à corne"

Nous utilisons la méthode "Bête à corne" pour améliorer la gestion des employés du service de maintenance, Grâce à cette approche, il est possible de formuler de façon claire et concise les objectifs d'un projet en posant trois questions principales :

Quelle est l'utilité du produit ou du service ?

Comment procéder ?

Dans quel but ?

3.2.2 Formulation de la Bête à corne

La figure ci-dessous représente ce qui est expliqué précédemment



Figure 0-1: l'analyse Bête à corne

3.2.3 La démarche d'amélioration de la Bête à corne

Le processus d'amélioration utilisant la méthode de la Bête à corne se compose de cinq étapes essentielles qui permettent de structurer de manière efficace l'analyse et l'optimisation des processus , la démarche est dans la figure présentée ci-dessous :

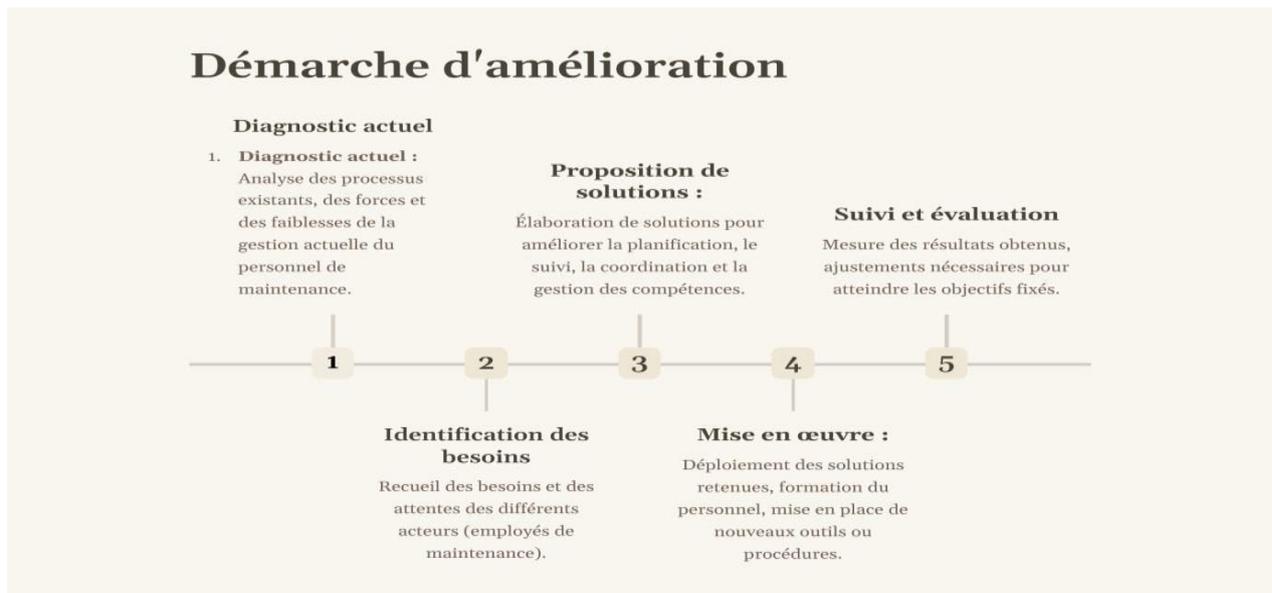


Figure 0-2: Démarche d'amélioration par la Bête à corne

Parmi les solutions possibles issues de notre approche Bête à corne pour perfectionner les employés, faire face aux départs à la retraite fréquents et éviter le recrutement précipité de personnes moins qualifiées, disposer d'un programme de formation interne proactif est crucial. Le programme est conçu pour assurer le transfert efficace des connaissances et des compétences des employés expérimentés vers les nouveaux employés et pour garantir un haut niveau de compétence au sein du personnel de maintenance. Voici un plan détaillé :

3.2.4 Le plan de formation interne

Évaluation des besoins des compétences

Suite à l'analyse des compétences requises par les employés de maintenance, plusieurs besoins particuliers ont été repérés. Tout d'abord, il est essentiel de renforcer les compétences pratiques en diagnostic et réparation à travers des séances pratiques en atelier. De plus, une meilleure compréhension des plans et schémas techniques est nécessaire, ainsi que des compétences en gestion de la maintenance basée sur la fiabilité. L'utilisation de logiciels de simulation pour les systèmes hydrauliques et pneumatiques nécessite également une formation spécifique. En outre, des compétences en analyse vibratoire et thermographie infrarouge sont nécessaires pour le diagnostic des équipements. Enfin, le développement des compétences interpersonnelles, notamment en communication et travail d'équipe, est crucial pour une efficacité globale dans le domaine de la maintenance. En répondant à ces besoins, l'entreprise peut garantir que ses employés disposent des compétences nécessaires pour maintenir et améliorer les performances des équipements industriels.

Conception du Programme de Formation Interne

1. Séances pratiques en atelier avec démonstrations de diagnostic et réparation.
2. Lecture et interprétation des Plans et des Schémas Techniques
3. Gestion de la Maintenance Basée sur la Fiabilité
4. Utilisation de logiciels de simulation pour comprendre le comportement des systèmes hydrauliques et pneumatiques sous différentes conditions.
5. Analyse Vibratoire et Thermographie Infrarouge pour le Diagnostic des Équipements
6. Développement des Compétences Interpersonnelles : Communication et travail d'équipe.

Mise en Œuvre de la Formation

a. Choix des Formateurs Internes

- Sélectionner des employés expérimentés et qualifiés comme formateurs internes.
- Assurer la disponibilité des ressources humaines et matérielles pour la formation.

b. Élaboration d'un Calendrier

Nous devons planifier les sessions en fonction de leurs horaires de travail, garantissant leur participation maximale. Une transition progressive, où les nouveaux employés travaillent aux

côtés des plus expérimentés, favorise un apprentissage pratique et personnalisé puis en définissant la durée de chaque module.

La formation débutera en 18/04/2024 et finira en 25/09/2024.

Le planning et les détails de chaque formation est comme suit.

1. Séances pratiques en atelier avec démonstrations de diagnostic et réparation

- Durée : 30 jours
- Début : Jeudi 18/04/2024
- Fin : Mercredi 29/05/2024

Remarque : Cette formation commence en premier

2. Lecture et Interprétation de Plans et Schémas Techniques

- Durée : 15 jours
- Début : Jeudi 18/04/2024
- Fin : Mercredi 08/05/2024

Dépendance : 1DD (le même jour avec la formation précédente)

3. Gestion de la Maintenance Basée sur la Fiabilité

- Durée : 15 jours
- Début : Jeudi 30/05/2024
- Fin : Mercredi 19/06/2024

Dépendance : (commence le lendemain de la fin de la première formation)

4. Maintenance des Systèmes Hydrauliques et Pneumatiques

- Durée : 20 jours
- Début : Jeudi 06/06/2024
- Fin : Mercredi 03/07/2024

Dépendance : 3DD+5 jours (5 jours après le début de la formation précédente)

5. Développement des Compétences Interpersonnelles

- Durée : 55 jours
- Début : Jeudi 18/04/2024
- Fin : Mercredi 03/07/2024

Dépendance : 1DD (commence avec la première formation jusqu'à la fin de formation)

c. La planification par diagramme de Gantt

On utilise le logiciel MS Project pour la planification détaillée des sessions de formation à l'aide du diagramme de Gantt. Ceci est essentielle pour assurer une coordination efficace des activités de formation tout au long de la période définie. Ce logiciel permet non seulement de

Chapitre 03 : Propositions de solution pour la gestion des ressources de la maintenance

visualiser clairement les dates de début et de fin de chaque module, mais aussi de gérer les dépendances entre les formations, assurant ainsi une transition fluide et progressive entre les différents sujets. En outre, il facilite la répartition équilibrée du temps de formation tout en tenant compte des horaires de travail des employés, garantissant ainsi une utilisation optimale des ressources disponibles.

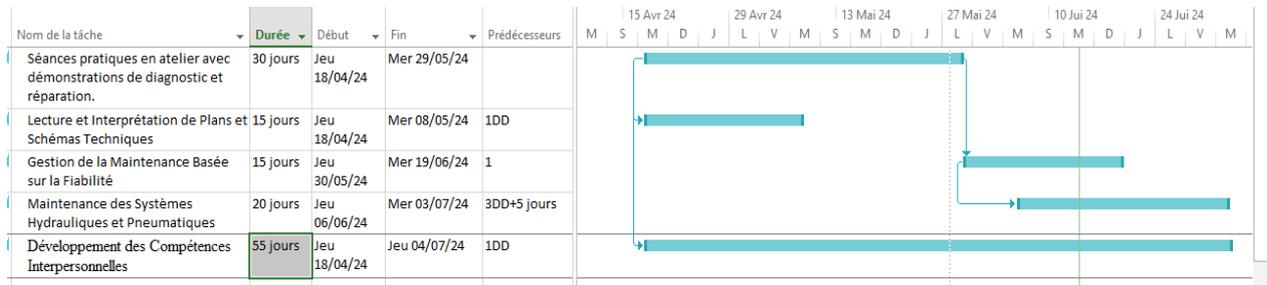


Figure 0-3: planification des formations avec digramme de Gantt

Évaluation et Suivi

Afin d'assurer l'efficacité de la formation, il est important de réaliser des tests et examens pratiques après chaque module. Une évaluation continue par les mentors et les superviseurs permet de suivre de près les progrès des participants. Recueillir les retours des participants et des mentors est essentiel pour obtenir des perspectives variées. Le programme de formation doit être ajusté en fonction de ces feedbacks afin de mieux répondre aux besoins. Enfin, un suivi régulier des nouveaux employés est crucial pour mesurer l'impact à long terme de la formation.

On va suivre le déroulement des formations avec le tableau de bord de l'avancement d'ensemble de projet.

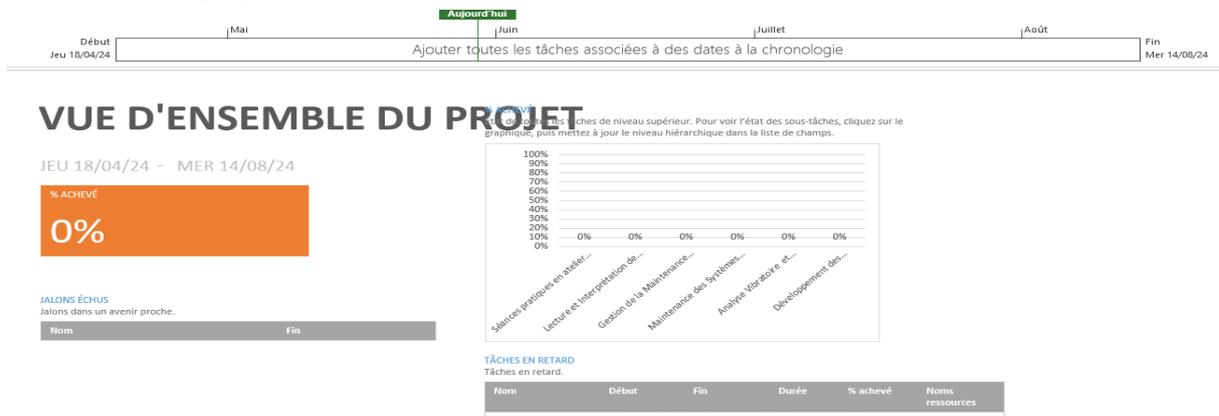


Figure 0-4: L'avancement d'ensemble de projet.

Traçabilité des formations

Conserver un dossier complet des contenus de formation, des participants, et des résultats obtenus, puis générer des rapports réguliers pour la direction sur l'avancement et l'efficacité des formations.

Évaluation des Coûts

Estimer les coûts des formations, des mentors, et des matériaux pédagogiques.

3.2.5 La formation externe

Par ailleurs, une formation externe est indispensable afin de répondre à des besoins qui ne peuvent pas être comblés par une formation interne.

Pour un plan de formation externe, l'entreprise peut collaborer avec des institutions spécialisées, des experts du secteur et des prestataires de formation pour garantir que le personnel de maintenance acquiert des compétences à jour et de haute qualité.

Évaluation des Besoins en Formation

Afin d'améliorer les performances de l'équipe de maintenance, il est primordial de dispenser des formations externes aux employés. Il est crucial d'enseigner les principes Lean et Six Sigma pour améliorer l'efficacité des processus. Une formation approfondie sur les techniques de maintenance préventive et corrective est nécessaire, ainsi que l'utilisation de plateformes en ligne pour les systèmes de lubrification. La maîtrise des logiciels de GMAO et des outils d'analyse de données optimisera la gestion des ressources. L'intégration de capteurs IoT et d'outils numériques pour la maintenance prédictive est également essentielle. Enfin, l'utilisation d'outils de collaboration en ligne renforcera les compétences en communication à distance.

Conception du Programme de Formation Externe

1. Enseignez les principes Lean et Six Sigma pour améliorer l'efficacité et la qualité des processus de maintenance.
2. Formation sur les techniques de maintenance préventive et corrective : méthodologies, diagnostic et réparation des machines complexes.
3. Formation en ligne : Utilisez des plateformes en ligne pour enseigner les principes des systèmes de lubrification et d'huile.
4. Formation sur les logiciels GMAO, gestion des interventions, et analyse des données pour optimiser la gestion des ressources et la planification.
5. Utilisation de capteurs IoT et logiciels d'analyse de données pour illustrer la maintenance prédictive et l'utilisation d'outils numériques pour le diagnostic.
6. Utilisation d'outils de collaboration en ligne pour des exercices de communication à distance.

Etape de mise en Œuvre de la Formation

a. Sélection des Prestataires de Formation

-Identifier et évaluer les prestataires de formation spécialisés en maintenance des transformateurs et moteurs électriques.

-Sélectionner des prestataires reconnus pour leur expertise et leur qualité de formation.

-Analyser les programmes offerts par les prestataires pour s'assurer qu'ils répondent aux besoins de l'entreprise.

-Prévoir un budget suffisant pour couvrir les coûts des formations externes.

b. Coordination Logistique

-Gérer les aspects logistiques tels que l'inscription, le transport, et l'hébergement si nécessaire.

-Assurer la disponibilité des équipements et des installations nécessaires pour la formation.

c. Élaboration d'un Calendrier

-La formation débutera en dimanche 04/08/24 et finira en lundi 03/11/25.

-Le planning et les détails de chaque formation est comme suit :

1. Approche Lean et Six Sigma (5 jours)

Lean six sigma est une méthodologie de gestion de la qualité qui combine les principes du Lean management et du six sigma. Elle vise à maximiser la valeur pour le client en éliminant le gaspillage et en réduisant la variabilité des processus. En utilisant des outils statistiques et techniques d'amélioration continue comme DMAIC (Define, Measure, Analyse, Improve, Control) lean six sigma permet d'optimiser les opérations, d'améliorer la qualité du produit ou du service, et de réduire les couts.

- Durée : 5 jours
- Dates : Du dimanche 04/08/24 au jeudi 08/08/24

Observation : Une formation courte, idéale pour démarrer les sessions de formation et établir des bases solides en efficacité des processus.

2. Maintenance des machines complexes (15 jours)

- Durée : 15 jours
- Dates : Du vendredi 09/08/24 au mardi 03/09/24

Observation : Immédiatement après la formation Lean et Six Sigma, ce qui permet aux employés de continuer leur apprentissage sans interruption majeure.

3. Systèmes de lubrification et d'huile (15 jours)

- Durée : 15 jours
- Dates : Du dimanche 06/10/24 au mardi 29/10/24

4. GMAO (30 jours)

- Durée : 30 jours
- Dates : Du dimanche 01/12/24 au lundi 20/01/25

5. Capteurs IoT et logiciels d'analyse de données (60 jours)

- Durée : 60 jours

Chapitre 03 : Propositions de solution pour la gestion des ressources de la maintenance

- Dates : Du dimanche 06/07/25 au mercredi 15/10/25

Observation : La plus longue formation, s'étalant sur plusieurs mois. Cela montre l'importance accordée à la maintenance prédictive et aux technologies avancées.

6. Utilisation d'outils de collaboration en ligne (10 jours)

- Durée : 10 jours
- Dates : Du dimanche 19/10/25 au lundi 03/11/25

Observation: Cette formation arrive directement après la longue session sur les capteurs IoT, permettant aux employés de développer des compétences en communication à distance immédiatement après avoir acquis des compétences techniques avancées.

d. La planification par diagramme de Gantt pour la formation externe

Comme pour la formation interne, on utilise également le diagramme de Gantt pour planifier les formations externes.

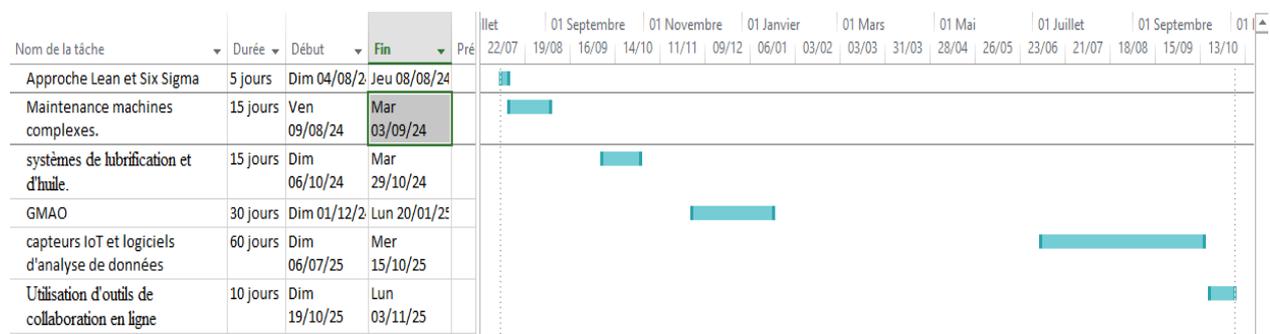


Figure 0-5: diagramme de Gantt de formation externe

Évaluation et Suivi

Il est important de procéder à des évaluations avant et après cela pour mesurer les progrès réalisés par les participants. De plus, recueillir les commentaires des participants peut évaluer la qualité de la formation et identifier les domaines à améliorer. Enfin, il est crucial de surveiller l'application des compétences acquises sur le terrain pour s'assurer que les connaissances sont bien intégrées dans la pratique professionnelle.

Nous allons aussi suivre le déroulement des formations avec le tableau de bord de l'avancement d'ensemble de projet.

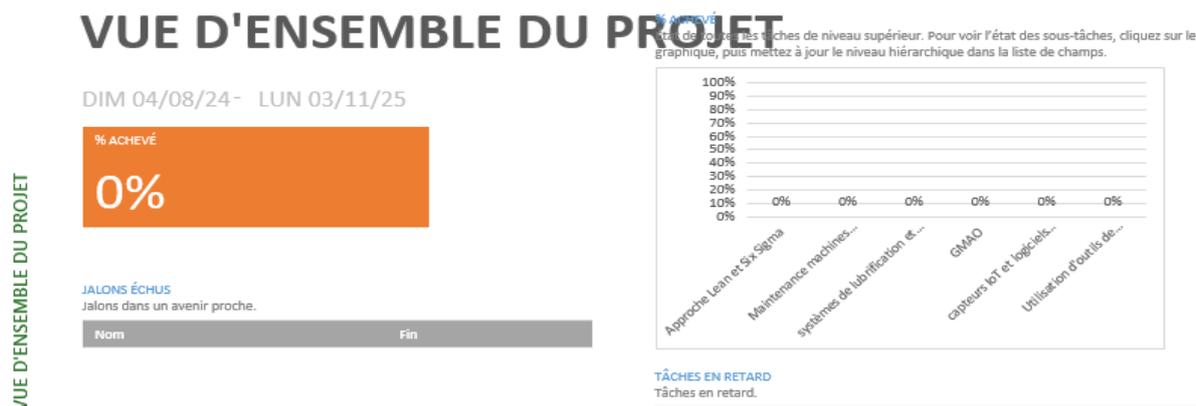


Figure 0-6 : l'avancement d'ensemble de projet.

Traçabilité des formations externes

Conserver des dossiers complets sur les contenus de formation, les participants, et les résultats obtenus. Puis générer des rapports réguliers pour la direction sur l'avancement et l'efficacité des formations.

Évaluation des Coûts

Estimer les coûts des formations externes, y compris les frais de formateurs, les matériels pédagogiques, et les frais de déplacement.

Programme de Développement Continu

Nous allons mettre en œuvre des programmes de formation continue en partenariat avec des organismes spécialisés pour améliorer les compétences des employés. Il est également bénéfique pour les employés de participer à des conférences, des ateliers et des formations spécialisées afin d'approfondir leurs connaissances et de rester au courant des dernières avancées dans leur domaine.

3.3 Solution 2 : Propositions de nouvelles Procédures de Maintenance

En raison de la mauvaise planification des procédures de maintenance, ainsi que de leur manque de clarté et d'organisation, nous allons adopter un nouveau processus de maintenance clair et simple.

La mise en place de procédures de maintenance efficaces est cruciale pour assurer la fiabilité et la longévité des équipements.

Voici des propositions détaillées pour les procédures de maintenance corrective et préventive.

3.3.1 Procédure de Maintenance Corrective

Objectif : Réparer les pannes ou dysfonctionnements des équipements de manière rapide et efficace pour minimiser les temps d'arrêt.

Étapes de la Procédure

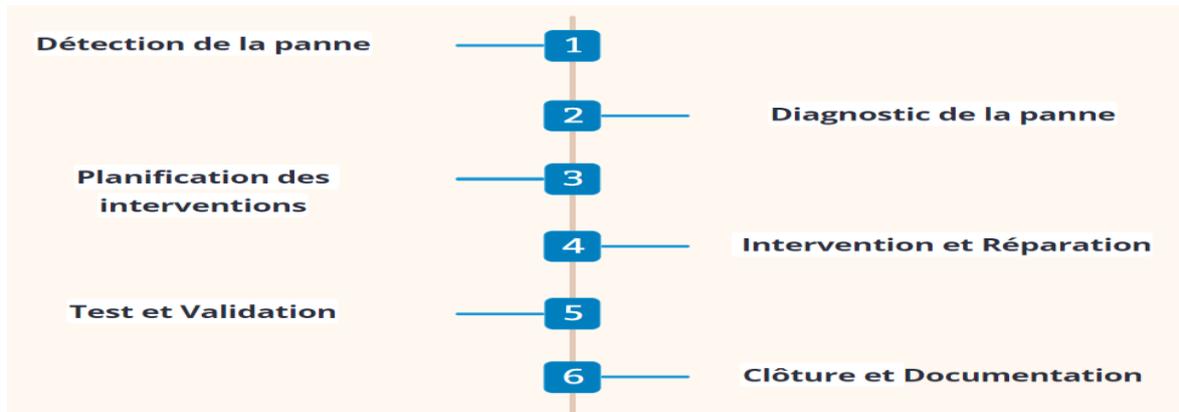


Figure 0-7 : Étapes de la mise en œuvre de la maintenance corrective

Afin de clarifier et comprendre le processus de maintenance corrective, nous avons employé le logiciel Signavio pour structurer le diagramme de processus.

Processus de maintenance corrective

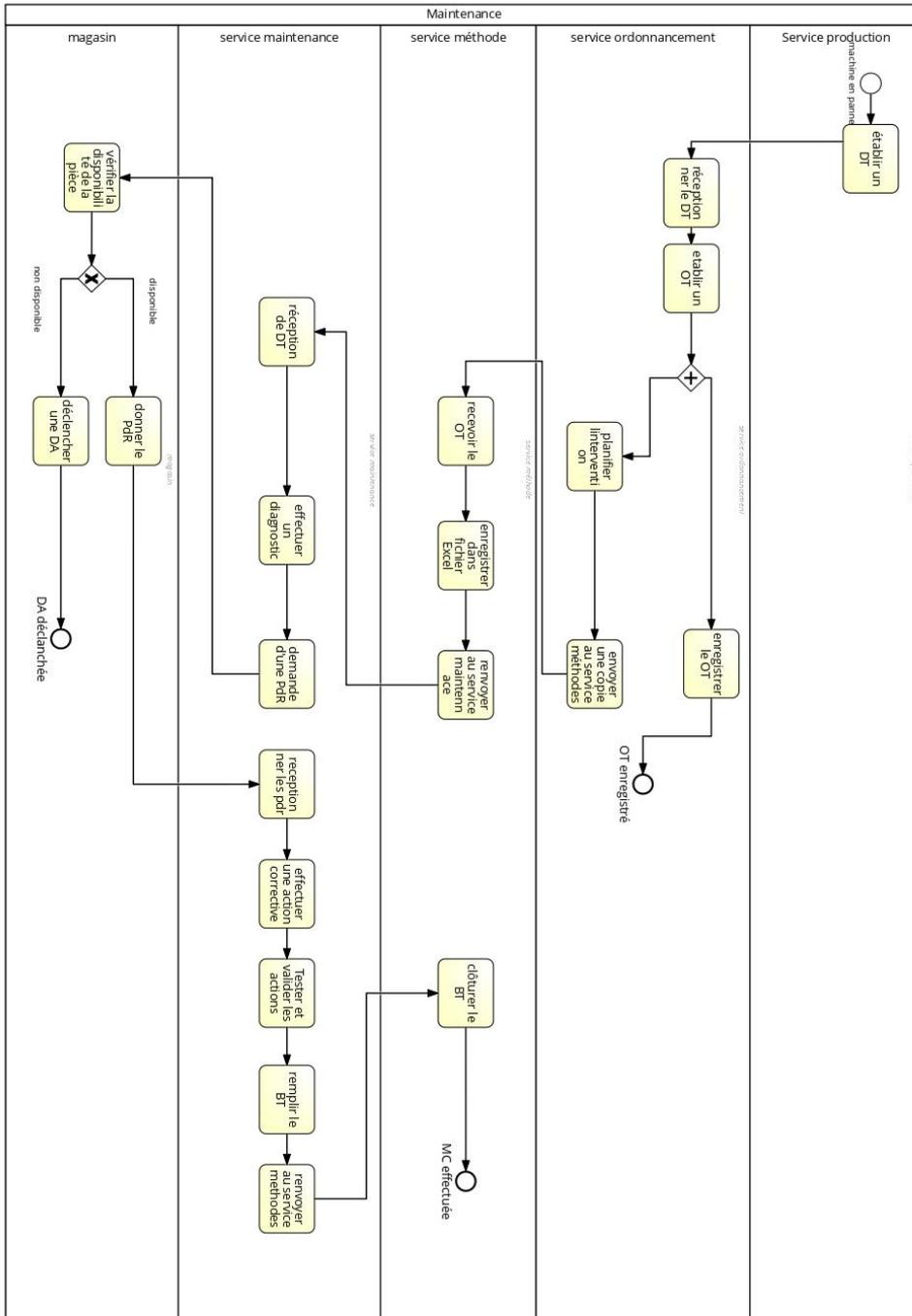


Figure 0-8 : processus de maintenance corrective



Chapitre 03 : Propositions de solution pour la gestion des ressources de la maintenance

Et pour saisir chaque étape du processus, nous avons créé ce tableau qui explique chaque étape, détermine le responsable, définit le format des documents et leur contenu.

Tableau 0-1 : Explications des étapes

Etape	Action	Responsable	Format	Contenu
1. Détection et Signalement de la Panne	Opérateur ou technicien détecte une panne et informe le responsable de maintenance.	Opérateur ou technicien	DT	Description du problème, localisation de l'équipement, heure de détection.
2. Évaluation et Priorisation	Évaluer l'urgence de la panne et prioriser en fonction de l'impact sur la production.	Service ordonnancement.	OT	Priorité, description du problème,
3. Planification et Assignment	Planifier l'intervention et assigner le technicien approprié.	service ordonnancement.	OT	Nom du technicien, équipements nécessaires, échéancier.
4. Intervention et Réparation	Effectuer les réparations nécessaires.	Equipe de maintenance	BT	Actions entreprises, pièces utilisées, durée de l'intervention
5. Test et Validation	Tester l'équipement réparé pour s'assurer de son bon fonctionnement	Technicien de maintenance	BT	Résultats des tests, validation par l'opérateur
6. Clôture et Documentation	Clôturer l'OT et documenter l'intervention	service méthodes.	OT, BT.	/

3.3.2 Procédure de Maintenance Préventive

Objectif : Effectuer des inspections et des entretiens réguliers pour prévenir les pannes et prolonger la durée de vie des équipements.

Étapes du Procédure

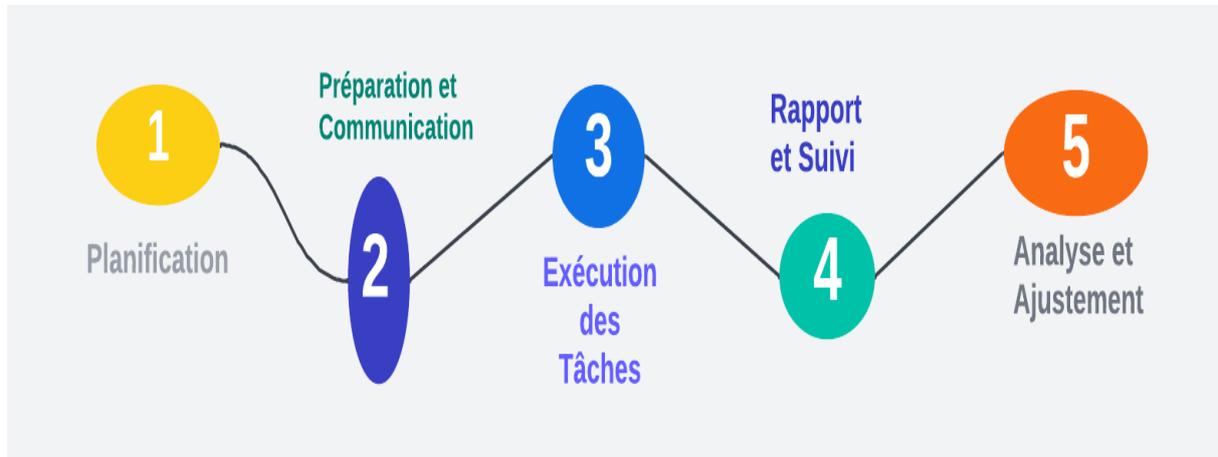


Figure 0-9: Étapes de la mise en œuvre de la maintenance préventive.

Après cela, nous organisons le diagramme de processus en tant que processus de maintenance préventive.

Processus de maintenance préventive

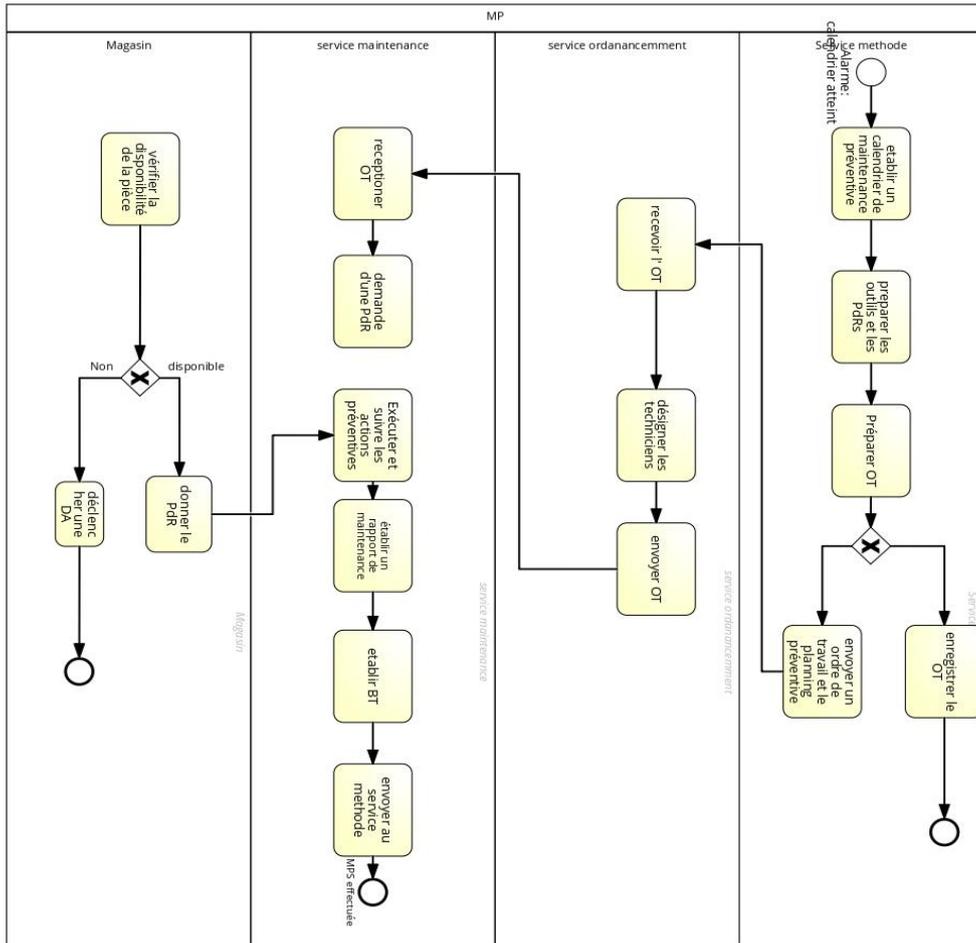


Figure 0-10: processus de maintenance préventive



Chapitre 03 : Propositions de solution pour la gestion des ressources de la maintenance

Afin de saisir chaque étape du processus, nous avons créé ce tableau qui explique chaque étape, détermine le responsable, définit le format des documents et leur contenu.

Tableau 0-2 : Explications des étapes

Etape	Action	Responsable	Format	Contenu
1. Planification de la Maintenance Préventive	Établir un calendrier de maintenance préventive basé sur les recommandations des fabricants et les historiques de pannes.	service méthode	Plan de Maintenance Préventive (PMP).	Liste des équipements, fréquence des inspections, type de maintenance requise.
2. Préparation et Communication	Préparer les OT pour chaque tâche de maintenance préventive et communiquer aux techniciens.	Service ordonnancement	OT	Description des tâches, échancier, assignation de technicien.
3. Exécution des Tâches de Maintenance	Effectuer les inspections et les entretiens prévus selon les OT	Equipe de maintenance.	BT	Actions entreprises, pièces remplacées, observations
4. Suivi	Compléter les BT avec les résultats des inspections et les transmettre au service méthode	Technicien de maintenance et ingénieure superviseur	BT	Résultats, anomalies détectées, actions correctives proposées
5. Analyse et Ajustement	Analyser les données collectées pour ajuster le plan de maintenance préventive.	Tout service de maintenance	Rapport d'analyse de la maintenance préventive	Tendances des pannes, recommandations d'amélioration, ajustements du calendrier.

Sélection des machines critiques par Abaque de Noiret

3.4 Solution 3 : la méthode abaque de Noiret.

Dans le but d'éviter les pannes fréquentes des machines critiques identifiées par la méthode Pareto dans le chapitre précédent et de réduire les coûts de réparation, nous avons adopté la méthode de l'abaque de Noiret. Cette approche nous a permis de déterminer le type de maintenance nécessaire pour chaque machine de manière optimale.

Les machines sont : Le four de séchage à vide et le four de remplissage dans l'atelier électrique, et La cabine de peinture et la machine de sablage le poste à souder dans l'atelier mécanique.

3.4.1 Les critères de l'abaque de Noiret

Dans cette méthode, neuf facteurs de choix adaptés à un environnement industriel. Chaque critère se décline en plusieurs options qui chacune correspond à un certain nombre de points.

Le tableau suivant représente les divers sous-critères pour chaque critère ainsi que le nombre de points de chacun.

Chapitre 03 : Propositions de solution pour la gestion des ressources de la maintenance

Tableau 0-3 : Les critères de l'abaque de Noiret comprennent les divers sous-critères ainsi que le nombre de points de chacun.

Critère	Points	Critère	Points	Critère	Points	Critère	Points
Âge du matériel		Coût de matériel		Robustesse du matériel		Conditions de travail	
Matériel neuf (-1 an)	45	Matériel à 1 seule unité ou très spécial	55	Matériel de grande précision et de maniement délicat	30	Production continue 3*8	50
Matériel jeune (1 à 5 ans)	30	Matériel coûteux	25	Matériel travaillant en surcharge	30	Production de jour 2*8	35
Matériel âgé (5 à 10 ans)	20	Matériel peu coûteux	15	Matériel peu robuste	25	Production en 1 poste 1*8	15
Matériel démodé (10 ans)	5	Matériel pas coûteux	5	Matériel de précision robuste	10	Perte de produit	
Interdépendance du matériel		Complexité et accessibilité du matériel		Matériel robuste		Produits perdus non commercialisables (ferrailles)	55
Matériel d'infrastructure à marche continue	35	Très complexe et inaccessible	45	Origine du matériel		Pièces à reprendre	35
Matériel d'infrastructure à marche discontinue	25	Peu complexe et accessible	25	Matériel étranger sans SAV	45	Pièces commercialisables sans reprises	10
Matériel sans tampon amont ou aval	25	Très complexe et accessible	25	Matériel étranger avec SAV	25	Délais d'exécution	
Matériel indépendant	10	Peu complexe et accessible	5	Matériel local petite diffusion	20	Délais impératifs avec perte de clients	45
Matériel double	5			Matériel local grande diffusion	10	Délai impératif avec paiement d'indemnité	30
						Délais serrés	20
						Délais inexistant sur livraison stock	5

3.4.2 La mise en œuvre de la méthode

Dans la première étape on va choisir l'option correspondante à nos équipements.

Remarque : Chaque critère possède un coefficient particulier.

Tableau 0-4: Le nombre de points de a partir des critères de chaque machine

	Machines	Le four de séchage à vide	le four de remplissage	la cabine de peinture	la machine de sablage	poste à souder
critères	Coefficient					
L'âge du matériel	2	5	5	5	5	5
Interdépendance du matériel	2	25	25	35	25	10
Le cout de matériel	1	55	55	55	25	15
La complexité et accessibilité	1	45	25	25	5	5
La robustesse	1	30	25	10	5	5
L'origine	2	25	25	25	25	25
Les conditions de travail	5	15	15	15	15	15
Perte de produit	1	35	35	35	35	35
Le délai d'exécution	5	45	45	45	20	30

3.4.3 Méthode analytique

À la deuxième étape, nous allons employer la méthode analytique qui Son principe repose sur l'addition des points de neuf critères, chacun multiplié par son coefficient. En suivant la grille de classement des types de maintenance, on choisit le type correspondant à la somme obtenue. Le tableau suivant illustre la recommandation pour chaque intervalle des points.

Tableau 0-5: Grille de decision [19]

Domaines	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 910	Maintenance préventive obligatoire

Pour le four de séchage à vide :

$$5*2+ 25*2 + 55 + 45 + 30 + 25*2 + 15*5 + 35 + 45*5 = 575$$

Le four de remplissage :

$$5*2+25*2+25+25+25+25+25*2+15*5+35+45*5= 520$$

Pour la cabine de peinture :

$$5*2+ 35*2+ 25+ 25+ 10+ 25*2+ 15*5+ 35+ 45*5= 525$$

Pour la machine de sablage :

$$5*2 +25*2 +25 +5 +5 +25*2+ 15*5+ 35+ 20*5= 355$$

Pour le poste à souder :

$$5*2+ 10*2+ 15+ 5+ 5+ 25*2+ 15*5+ 35+ 30*5= 330$$

3.4.4 Interprétation

Le four de séchage à vide nécessite une maintenance préventive souhaitable, ce qui indique qu'il est important de prendre des mesures pour éviter les pannes futures. Le four de remplissage et la cabine de peinture se trouvent dans une zone incertaine où une maintenance préventive est possible, bien que cela puisse nécessiter une évaluation plus approfondie pour déterminer la nécessité exacte des actions à entreprendre. La machine de sablage requiert une maintenance corrective souhaitable, signalant des problèmes qui devraient être adressés pour éviter des défaillances majeures. Enfin, le poste à souder est dans une situation critique où une maintenance corrective est obligatoire pour garantir sa fonctionnalité et prévenir tout arrêt imprévu de l'équipement.

3.4.5 Autres Recommandations sur les moyens matériels

- Prévoir un budget spécifique pour le renouvellement des équipements, en tenant compte de leur état actuel et de leur importance opérationnelle.
- Développer des procédures de dépannage claires et efficaces adaptées à chaque type d'équipement.
- Implémenter un logiciel de GMAO pour centraliser et gérer les données de maintenance, améliorant ainsi la coordination entre les équipes.

3.5 Solution 4 : Proposition des indicateurs pour la création d'un modèle de tableau de bord

Pour surveiller la performance du service de maintenance, un tableau de bord représente un outil crucial pour garantir l'efficacité des opérations de maintenance et le fonctionnement optimal des équipements, contribuant ainsi à réduire les coûts de maintenance. Les principaux indicateurs de performance incluent :

Tableau 9 : les KPIs de maintenance

Indicateur	Description	Objectif	Fréquence de Mesure	Source de Données
Taux de Disponibilité des Équipements	Pourcentage de temps pendant lequel les équipements opérationnels	> 95%	Quotidienne	Système de gestion de la maintenance
MTTR (Mean Time to Repair)	Temps moyen de réparation des équipements après une panne	< 2 heures	Mensuelle	Rapports de maintenance
MTBF (Mean Time Between Failures)	Temps moyen entre deux pannes successives des équipements	> 500 heures	Mensuelle	Historique des pannes
Taux de Pannes	Nombre de pannes par mois	<2 pannes/mois	Mensuelle	Rapports de maintenance
Taux de Maintenance Préventive Réalisée	Pourcentage de tâches de maintenance préventive réalisées par rapport au planifié	100 %	Mensuelle	Plan de maintenance préventive
Coût de la Maintenance	Coût total des opérations de maintenance (préventive et corrective)	Suivre le budget	Mensuelle	Comptabilité/Service financier
Satisfaction des Clients Internes	Le degré de satisfaction des opérateurs de production et des autres services.	> 90% de satisfaction	Trimestrielle	Enquêtes de satisfaction
Taux de Respect des Délais de Maintenance	Pourcentage de tâches de maintenance réalisées dans les délais prévus	> 95%	Mensuelle	Système de gestion de la maintenance
Temps d'Intervention (Réactivité)	Temps moyen pour débiter une intervention après la notification d'une panne	< 30 minutes	Mensuelle	Rapports de maintenance
Formation et du Personnel	Pourcentage du personnel ayant suivi les formations requises au cours de l'année	100 %	Annuellement	Service des ressources humaines

3.6 Des solutions pour faciliter la gestion des stocks

Assurer une surveillance constante des niveaux de stock grâce à des outils tels que des fiches de suivi ou des plannings d'approvisionnement, en particulier pour les articles à rotation élevée. L'objectif est de maintenir les stocks à jour, de rationaliser et réorganiser les emplacements, d'éliminer les doublons, et de suivre les mouvements d'articles dans le magasin.

Choisir des fournisseurs réputés pour leur fiabilité et leur capacité à respecter les délais de livraison. Privilégier la consolidation des commandes chez un même fournisseur lorsque cela est possible afin de bénéficier de remises importantes et de réduire les coûts de transport.

Mettre en œuvre une stratégie de gestion des stocks à point de commande pour les articles à usage spécifique, permettant ainsi de déterminer le moment optimal pour passer commande en fonction des besoins. Il permet de maintenir un niveau de stock optimal, réduit les risques de rupture et s'adapte aux variations de la production et des besoins de maintenance, assurant ainsi une efficacité opérationnelle accrue.

3.6.1 Arguments en faveur de la sélection du Modèle de Point de Commande

Contexte de l'Entreprise

1. Besoins en pièces de rechange : Les machines vieillissantes nécessitent un nombre croissant de réparations, augmentant ainsi la demande de pièces de rechange. Ainsi que certaines machines sont critiques pour la production, et leur panne peut entraîner l'arrêt complet de la production.

2. Limite des Systèmes actuels : Le manque d'un logiciel de gestion des stocks moderne et développé rend d'autres modèles plus sophistiqués, comme JIT ou ABC, moins pratiques. Le modèle de point de commande est plus facile à gérer, même avec des systèmes moins avancés.

3. Importation de pièces : beaucoup de pièces de rechange sont importées, ce qui entraîne des délais de livraison importants. Le modèle de point de commande permet de prendre en compte ces délais en ajustant les seuils de réapprovisionnement en conséquence.

Avantages du Modèle de Point de Commande

Avantages	Explications
1. Adaptabilité aux variations	<p>a. Flexibilité : le modèle de point de commande est particulièrement adapté aux environnements où la demande est imprévisible ou variable, comme c'est le cas avec les différents types de moteurs et transformateurs produits quotidiennement.</p> <p>b. Réactivité : Ce modèle permet de réagir rapidement aux besoins de réapprovisionnement dès qu'un seuil critique est atteint, assurant ainsi une disponibilité continue des pièces essentielles.</p>
2. Minimisation	<p>Disponibilité des pièces critiques : en déclenchant des commandes automatiquement lorsque les stocks atteignent un point prédéfini, le modèle</p>

des risques de rupture de stock	de point de commande réduit significativement le risque de ruptures de stock, ce qui est crucial pour la maintenance des machines vieillissantes et des machines critiques.
3. Gestion efficace des variations de demande	<p>Optimisation des temps d'arrêt : la disponibilité constante des pièces de rechange permet de minimiser les temps d'arrêt des machines pour maintenance, assurant ainsi une production plus fluide et continue.</p> <p>Réapprovisionnement automatique : le modèle permet un réapprovisionnement automatique basé sur les seuils définis, ce qui est particulièrement utile pour gérer les fluctuations de demande de pièces de rechange.</p> <p>Alignement avec les besoins réels : Le point de commande est fixé en fonction des taux de consommation et des délais de livraison, assurant que les stocks sont alignés avec les besoins réels de production et de maintenance.</p>
4. Simplicité et efficacité	<p>Facilité de mise en œuvre : le modèle de point de commande est relativement simple à mettre en place et à gérer, ne nécessitant pas de suivis complexes ou d'analyses approfondies à intervalles réguliers d'autres modèles.</p> <p>Automatisation potentielle : avec les bons systèmes de gestion des stocks, le point de commande peut être automatisé, réduisant ainsi la charge de travail pour les équipes de gestion des stocks.</p>

Les inconvénients d'autres Modèles.

Les modèles	inconvénients
Modèle périodique	<p>Risque de rupture : les vérifications à intervalles fixes peuvent entraîner des ruptures de stock entre les vérifications, inadaptées pour une production avec des besoins variables et urgents en pièces de rechange.</p> <p>Surstocks : La planification basée sur des périodes fixes peut entraîner des surstocks en cas de prévisions inexactes.</p>
Just-in-Time (JIT)	<p>Sensibilité aux perturbations : Le modèle JIT est très sensible aux interruptions de la chaîne d'approvisionnement, ce qui peut être risqué pour des machines nécessitant des réparations fréquentes.</p> <p>Coordination complexe : Nécessite</p>

une coordination très précise avec les fournisseurs, ce qui peut être difficile à gérer dans un environnement de production variable.

Quantité de commande économique

Hypothèses simples : suppose une demande constante et prévisible, ce qui n'est pas le cas dans notre contexte de production variable.

Régulation moins réactive : moins réactif aux changements immédiats dans les besoins de production et de maintenance.

3.6.2 Conception du modèle point de commande par Python

Grâce aux avantages identifiés précédemment, on va créer un modèle de point de commande par Python pour le proposer au magasin des stocks.

Cette fenêtre servira à visualiser les pièces de rechange stockées, leur quantité et leur fournisseur et leur point de commande.

ID	Nom d'articles	Fournisseur	Point de Commande	Quantité
2	VIS A COLLERETTE POUR DEVETISSEUR A RESSO	ARIMEKS TURQUIE	20	20
3	ROUE PORTEUSE TOLES	ARIMEKS TURQUIE	15	10
4	PIGNON	VICENTE TORNIS	10	30
5	AXE DE VENTILATEUR DIAMETRE 24.5MM -LON	NELSON	10	40
6	MOTEUR ASUNC TRIPH 2.2 KW3000 TR/MN 380	NELSON	4	5
7	ARBRE	BARBERI ITATIE	5	7
8	MOTEUR ASUNC TRIPH 2.2 KW3000 TR/MN 380	WAN ALLEMAGNE	4	9
9	ROTULE DE DIRECTION GAUCHE	ARIMEKS TURQUIE	50	33
10	CARDAN COTE GAUCHE	WAN ALLEMAGNE	12	23
11	TIGE FILTREE LONGUEUR 56 MM X DIAMETRE 04	VICENTE TORNIS	70	66
12	ELECTRODE REF : 30.24.04.03 REV 02-NV4	VICENTE TORNIS	45	20
13	SUPPORT CONTACT	NELSON	22	30
14	VIS A COLLERETTE POUR DEVETISSEUR A RESSO	ARIMEKS TURQUIE	20	35
15	VIS A COLLERETTE POUR DEVETISSEUR A RESSO	BARBERI ITATIE	20	20
16	POINCON ROND TAILLE 3 D=35MM	NELSON	20	17
17	POINCON ROND TAILLE 3 D=35MM	WAN ALLEMAGNE	20	27
18	MATRICE A TROU OBLONG 17,8X30,3 (MBN 506	VICENTE TORNIS	7	40
19	OUTIL OBLONG 30X12MM-POINCON	VICENTE TORNIS	20	17
20	MANCHE DE MARTEAU, L=320MM, EN BOIS D'I	ARIMEKS TURQUIE	30	8
21	PARE BRISE	BARBERI ITATIE	12	34
22	OUTIL ROND O 10MM-POINCON	BARBERI ITATIE	20	67
23	ROTULE DE DIRECTION DROITE	WAN ALLEMAGNE	15	54

Figure 0-11: Articles stockés

L'objectif de ce modèle est de signaler la demande d'approvisionnement automatique quand le seuil d'alerte est atteint.

Chapitre 03 : Propositions de solution pour la gestion des ressources de la maintenance

ID	Nom d'article	Quantité	Point de Commande	Nécessaire
3	ROUE PORTEUSE TOLES	10	15	5
9	ROTULE DE DIRECTION GAUCHE	33	50	17
11	TIGE FILTREE LONGUEUR 56 MM X DIA	66	70	4
12	ELECTRODE REF : 30.24.04.03 REV 02	20	45	25
16	POINCON ROND TAILLE 3 D=35MM	17	20	3
19	OUTIL OBLONG 30X12MM-POINCON	17	20	3
20	MANCHE DE MARTEAU, L=320MM, ET	8	30	22

Figure 0-12: Signal automatique des réapprovisionnements

Et voici la liste des articles disponibles.

ID	Nom d'articles
1	nedjmo
2	VIS A COLLERETTE POUR DEVETISSEUR A RESSORT O12X79
3	ROUE PORTEUSE TOLES
4	PIGNON
5	AXE DE VENTILATEUR DIAMETRE 24.5MM -LONG 145 MM
6	ARBRE
7	MOTEUR ASUNC TRIPH 2.2 KW3000 TR/MN 380 ROTOR SPECIAL ARBRE
8	ROTULE DE DIRECTION GAUCHE
9	CARDAN COTE GAUCHE
10	TIGE FILTREE LONGUEUR 56 MM X DIAMETRE 06 MM
11	ELECTRODE REF : 30.24.04.03 REV 02-NV4
12	SUPPORT CONTACT
13	VIS A COLLERETTE POUR DEVETISSEUR A RESSORT O12X79
14	POINCON ROND TAILLE 3 D=35MM
15	MATRICE A TROU OBLONG 17,8X30,3 (MBN 50638)
16	OUTIL OBLONG 30X12MM-POINCON
17	MANCHE DE MARTEAU, L=320MM, EN BOIS D'HICKORY
18	OUTIL ROND O 10MM-POINCON
19	PARE BRISE
20	ROTULE DE DIRECTION DROITE

Figure 0-13: Liste des articles disponibles

La liste des fournisseurs

Gestion des Stocks

Outils

Articles Disponible	Articles en Stock	Fournisseurs
ID		Nom
2		ARIMEKS TURQUIE
3		VICENTE TORNIS
4		NELSON
5		WAN ALLEMAGNE
6		BARBERI ITATIE

Figure 0-14: Liste des fournisseurs

Pour modifier dans le modèle : Nous cliquons sur <.outils> Puis créons un fournisseur ou un modèle d'article, stocker un article ou vérifier les stocks.

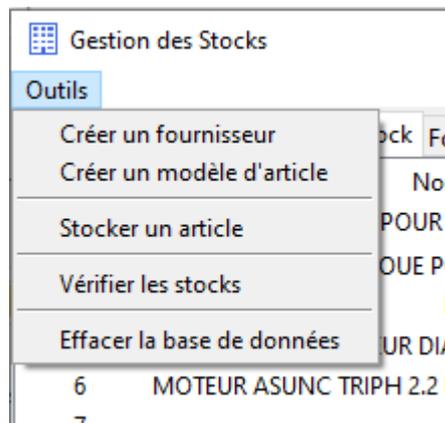


Figure 0-15: Les options ou les paramètres de système

Dans le cas d'approvisionnement on clique sur stocker un article et définir l'article, leur fournisseur et la quantité achetée.

Gestion des Stocks

Outils

Articles Disponible	Articles en Stock	Fournisseurs	
ID	Nom d'articles	Fournisseur	
		Quantité	
	RESSORT O12X79	ARIMEKS TURQUIE	20
		ARIMEKS TURQUIE	10
		VICENTE TORNIS	30
	-LONG 145 MM	NELSON	40
	380 ROTOR SPECIAL	NELSON	5
		BARBERI ITATIE	7
	380 ROTOR SPECIAL	WAN ALLEMAGNE	9
	CHE	ARIMEKS TURQUIE	33
		WAN ALLEMAGNE	23
	METRE 06 MM	VICENTE TORNIS	66
	V 02-NV4	VICENTE TORNIS	20
		NELSON	30
	RESSORT O12X79	ARIMEKS TURQUIE	20

Creation d'article

Select an Item

Select an Provider

Quantité:

Créé

Figure 0-16: Approvisionnement d'un nouvel achat

Chaque fois qu'on a reçu ou retiré un article, il faut mettre à jour le niveau de stock par le clique sur la case modifier la quantité.

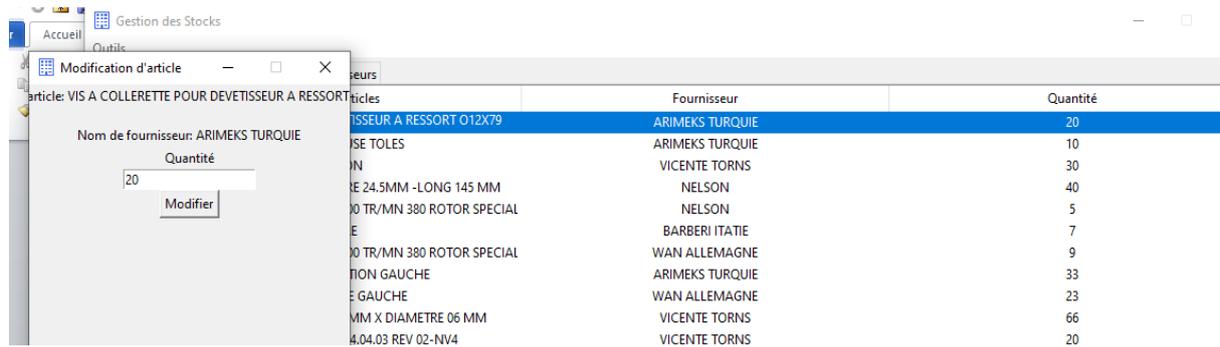


Figure 0-17: Mise à jour des niveaux des quantités

Conclusion

À travers ce chapitre, en analysant les ressources humaines avec la méthode de la « bête à cornes » et en proposant un plan de formation adapté, nous avons ciblé les besoins en compétences.

La formation interne permet une transition des connaissances et des compétences des employés expérimentés aux nouvelles recrues, La formation externe permet de bénéficier de l'expertise et des ressources de prestataires spécialisés, assurant que les employés restent à jour avec les dernières avancées technologiques et méthodologiques.

Les nouvelles procédures de maintenance corrective et préventive visent à réduire les temps d'arrêt et à améliorer la fiabilité des équipements, Ensuite L'étude des équipements critiques avec la méthode Abaque de Noiret a permis de prioriser les interventions nécessaires et L'introduction d'un tableau de bord des indicateurs clés de performance qui permettra un suivi et une évaluation continue de la maintenance.

Enfin, un modèle de gestion des stocks de point de commande a été proposé et programmé par Python pour optimiser les niveaux de stock et assurer la disponibilité des pièces de rechange essentielles.

Conclusion générale

Dans le premier chapitre, qui constitue la partie théorique de l'étude, nous avons examiné les principales notions et ressources de la maintenance industrielle.

Par la suite, notre étude pratique a été réalisée chez ELECTRO-INDUSTRIES, en mettant l'accent sur l'unité des transformateurs. Dans un premier temps, nous avons exposé l'entreprise et l'unité étudiée, puis nous avons examiné la production annuelle et mensuelle des transformateurs, ce qui a révélé une diminution de la production. En utilisant la méthode Ishikawa, nous avons repéré que la maintenance est l'une des principales raisons de cette diminution.

Pour cela, nous avons collecté toutes les données nécessaires sur les ressources de maintenance (le personnel du service, les machines, les documents ainsi que les coûts de maintenance et la gestion des stocks). Après cela, nous avons effectué des analyses pour détecter les lacunes de gestion de chaque type de ressource.

Pour une gestion optimale de toutes les ressources, nous avons proposé des solutions. Une analyse de la bête à cornes a mis en évidence l'importance d'une formation interne et externe. De nouveaux indicateurs clés de performance ont également été suggérées afin de faciliter le contrôle des opérations ainsi que de nouvelles procédures de maintenance corrective et préventive. Aussi, nous avons réalisé une étude d'abaque de Noiret sur les machines essentielles afin de déterminer le type de maintenance à réaliser, et finalement, nous avons proposé un modèle de point de commande pour la gestion des stocks.

Enfin, nous espérons que notre travail contribuera à améliorer la gestion des ressources du service maintenance d'ELECTRO-INDUSTRIES.

Perspectives

- Grâce à ces indicateurs clés qu'on a identifiées, le service de maintenance aura la possibilité de concevoir un tableau de bord afin de mieux gérer et superviser les opérations.
- Dans notre modèle de point de commande, nous proposons des informations générales plutôt que des informations sur les magasins de pièces de rechange. Ensuite, les gestionnaires de stocks peuvent décider s'ils incluent leurs données et utilisent le modèle ou non.
- Après ces améliorations dans la gestion des ressources, il est possible de mettre en place le logiciel GMAO, qui constitue la solution la plus efficace pour leur service de maintenance.

Annexes

Annexe A : les modèles de gestion des stocks.

I. Le modèle de Wilson [20]

C'est le modèle de gestion de stocks qui s'applique aux situations sûres et certaines. Le modèle de WILSON est une méthode théorique qui permet de déterminer la quantité économique (ou le nombre optimale de commande ou la période d'approvisionnement) qui est la quantité de produits que doit commander une entreprise sur la période, pour pouvoir minimiser le coût total de gestion de stocks. En d'autres termes son but est de minimiser le coût en se posant deux questions : Quand et Combien ?

Les paramètres sont les suivantes :

D: Consommation annuelle en quantité

Q : Quantité commandée

P : Prix d'un article stocké

t : Taux de possession annuel du stock

N: Nombre de commande ($N=D/Q$ ou $Q = D/N$)

Cl: Coût de lancement d'une commande

Cs: Coût de possession par article et par unité de temps

T : Période d'approvisionnement ($T=\theta/N$; où θ est la durée de gestion de stock 360j par exemple).

L'objectif est de minimiser le coût total de gestion de stocks (CT) qui comprend : le coût de lancement (CL) et le coût de stockage (CS). On commande une quantité (Q) à période fixe.

L'absence d'aléa implique l'inexistence du stock de sécurité. Résumons le niveau de stock par le graphe suivant :

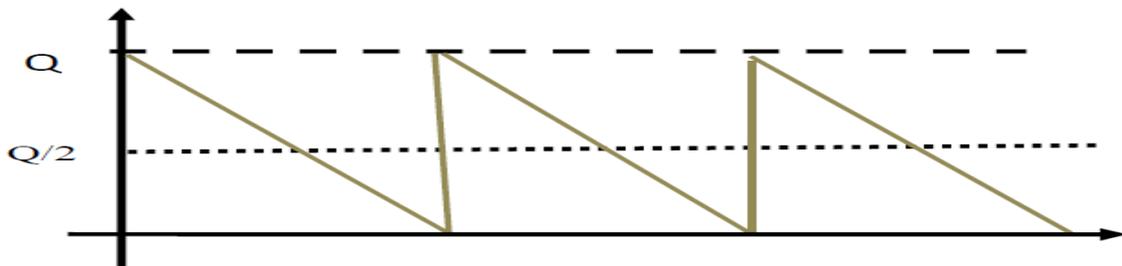


Figure A 1 : Présentation d'une demande constante

Les dents de scie sont rigoureusement identiques. Plus les quantités sont faibles, plus les commandes sont nombreuses.

1: Détermination du coût de stockage ou coût de possession (CS) en fonction de Q, N ou T

Le coût de stockage est égal au produit du stock moyen par le coût de possession unitaire.

Le stock moyen est égale la somme du stock initiale Q et du stock finale 0 divisé par 2

Ce qui donne : $Q/2$

Le coût de possession unitaire (CP) pour une unité de quantité possédée en stock est égal au prix unitaire (P) multiplié par le taux de possession (t) $CP = P * t$

$$CS(Q) = Q/2 \times CP$$

Comme $Q=D/N$ alors

Annexes

$$CS(N) = D/2N \times CP$$

Et comme $T = \Theta / N$ alors $N = \Theta / T$

$$\text{Ainsi on a } CS(T) = DT/2\Theta \times CP$$

Remarque : Le coût de possession unitaire est égal au coût de possession par article et par unité de temps (CS) multiplié par la durée de gestion de stock (Θ).

On alors $P \times t = CS \times \Theta$. On peut donc remplacer $P \times t$ par $CS \times \Theta$.

2: Détermination du coût de lancement ou coût de passation (CL) en fonction de Q, N ou T

Le coût de lancement correspond au coût de lancement d'une commande (CL) multiplié par le nombre de commande (N).

$$CL(N) = Cl \times N$$

Etant donné que $N = \Theta / T$

$$CL(T) = (Cl \times \Theta) \div T$$

Comme $Q = D / N$ alors $N = D / Q$, on a alors

$$CL(Q) = (Cl \times D) \div Q$$

3: Recherche de la quantité économique ou quantité optimal (QE)

L'objectif est de déterminer le lot économique (le nombre d'unités par lot) ou quantité économique qui minimise le coût total de gestion de stocks.

Coût total de gestion de stocks : $CT = CS + CL$

$$CT(Q) = (Q \div 2) \times Cp + (Cl \times D) \div Q$$

Le coût total de gestion des stocks sera minimum lorsque la première dérivée du coût sera égale à zéro.

$CT(Q)$ sera minimum $\square CT'(Q) = 0$

$$\longrightarrow Qe = \sqrt{(2 \times D \times Cl / Cp)}$$

4: Recherche de la cadence ou fréquence d'approvisionnement (NE)

L'objectif est de déterminer la cadence d'approvisionnement (le nombre de commande optimal) de manière à ce que la gestion des stocks se fasse à moindre coût.

Coût total de gestion des stocks en fonction de N :

$$CT(N) = D / 2N \times CP + Cl \times N$$

$CT(N)$ sera minimum $\square CT'(N) = 0$

$$\longrightarrow Ne = \sqrt{(D \times Cp \div 2 \times Cl)}$$

5: Recherche de la période d'approvisionnement (TE)

Annexes

L'objectif est de déterminer la période d'approvisionnement (le nombre de mois ou le nombre de jours) optimale de manière à ce que la gestion des stocks se fasse à moindre coût.

Coût total de gestion des stocks en fonction de T :

$$C_T(T) = \frac{DT}{2 \times \theta} \times C_P + \frac{C_I \times \theta}{T} \quad \longrightarrow \quad T_E = \theta \times \sqrt{\frac{2 \times C_I}{D \times C_P}} .$$

CT (T) sera minimum \square CT'(T) = 0

II. Réapprovisionnement à Date fixe et Quantité variable : [22]

Egalement appelée **méthode de rechargement**, pour chaque produit un niveau **optimum** de stock est défini. A période fixe, le magasinier analyse son stock et commande la quantité permettant de recharger au niveau requis.

Cette méthode s'applique à des produits :

- dont la consommation est régulière,
- coûteux, périssables ou encombrants.

Il est possible de faire des périodes d'inventaire ou d'analyse, différentes suivant les catégories des produits.

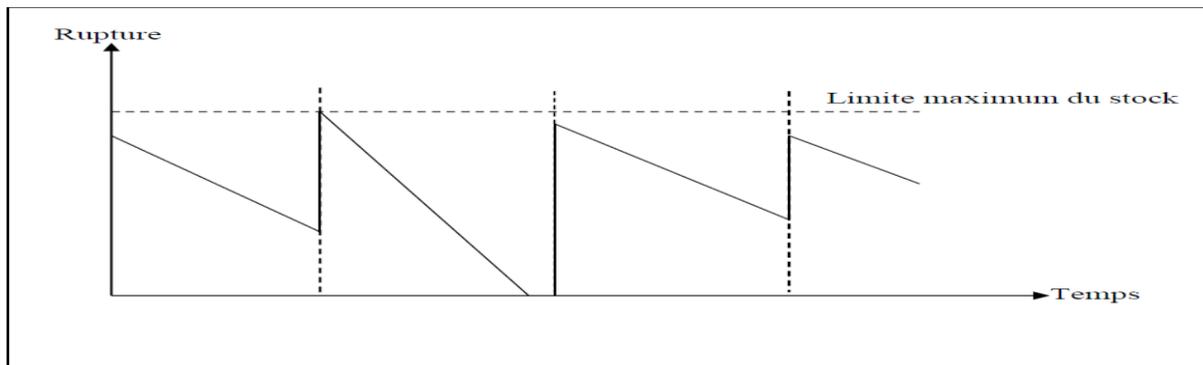


Figure A 2 : Réapprovisionnement à Date fixe et Quantité variable [21]

Avantages :

- Gestion des stocks simple.
- Immobilisation financière faible ou maîtrisée.

Inconvénients:

- Possibilité de rupture de stock.

III. Réapprovisionnement à Date variable et Quantité fixe : [22]

Plus connue sous le nom de **méthode de point de la commande**, celle-ci consiste à définir dans un concept de flux tiré et de juste à temps, le niveau de stock qui déclenche l'ordre d'achat, de façon à être livré juste au moment de l'utilisation de la dernière pièce.

Le niveau de stock (point de commande) doit permettre de satisfaire les besoins durant le délai allant de la date de déclenchement de la commande à la date de livraison.

Annexes

Le **point de commande** s'appelle également **seuil de commande** ou **seuil de réapprovisionnement**.

Cette technique est utilisée essentiellement pour les articles de classe **A** car elle demande un suivi permanent des stocks entraînant un coût de gestion élevé.

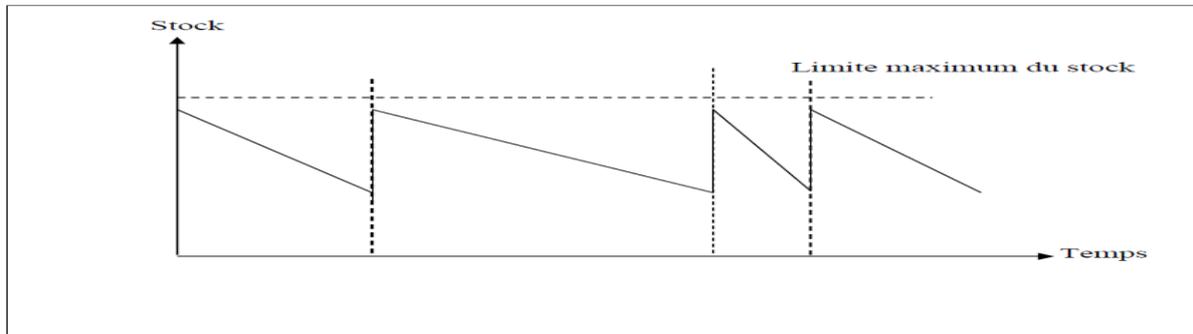


Figure A 3 : Réapprovisionnement à Date variable et Quantité fixe [21]

Avantages :

- Permet d'éviter les ruptures de stocks.
- Adapté à une consommation partiellement irrégulière.

Inconvénients:

- Impose un suivi permanent des stocks pouvant entraîner des coûts administratifs importants.
- Peut encourager à faire des stocks de sécurité.

IV. Réapprovisionnement à Date et Quantité variables : Le modèle juste à temps (JAT) [22]

Dans une perspective pragmatique, le juste-à-temps (JAT) représente un modèle intégré de gestion des opérations conçu pour coordonner les activités au sein de la chaîne logistique. Il se base sur une approche de production à flux tirés ou tendus, où la fabrication d'un composant est déclenchée en réponse à la demande des centres de décision.

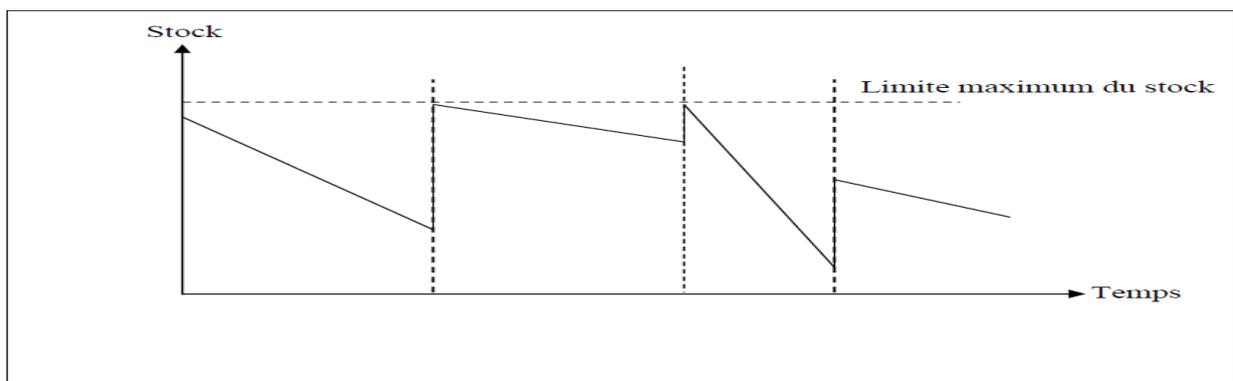


Figure A 4 : Réapprovisionnement à Date variable et Quantité variable [21]

Annexes

Le JAT répond à cinq critères fondamentaux :

1. Une volonté de réduction des coûts
2. Le lancement de la production à partir des commandes, plutôt que selon un programme préétabli, dans le but de minimiser les stocks.
3. Une emphase sur la qualité, avec un contrôle systématique à 100 %
4. La mise en place d'une maintenance préventive des équipements productifs
5. Le développement de la polyvalence du personnel

2- Les conditions de réalisation :

Dans le JAT, l'amélioration de la gestion de production passe par :

- L'implication du personnel,
- La minimisation du niveau des stocks (approvisionnement, produits finis et en-cours),
- La réduction des délais (de toute nature),
- La diminution des aléas (amélioration de la qualité),
- L'instauration de partenariat avec les fournisseurs,
- Le développement de la flexibilité .

Avantages : - Permet, éventuellement, de profiter de tarif très intéressant.

Inconvénients :

- Il faut faire un suivi permanent des coûts du marché pour effectuer les achats les plus intéressants.
- Il ne peut être utilisé que pour un nombre réduit d'article sinon l'entreprise risque de se fragiliser.
- Il peut favoriser la spéculation.
- Il faut constater que l'organisation en flux tendu fragilise l'entreprise. En l'absence de stock de sécurité, tout arrêt de production entraîne de lourdes conséquences. Le juste à temps exige un système de relations sociales stables que favorise un dialogue social approfondi.

Annexes

Annexe B : informations sur l'unité des transformateurs.

L'effectif inscrit au 31/12/2023 est de 825 agents contre 845 inscrits au 31/12/2022.

Tableau B 1 : Répartition des effectifs par Unités/Direction générale et par CSP

Unité	C.S.P	Effectif inscrit	Dont			
			CDI	CDD	Inactif	Femme
UTR	Cadre	35	33	2	3	7
	Maîtrise	87	87	0	7	3
	Exécution	165	164	1	15	2
	Total	287	284	3	25	12
UPT	Cadre	44	42	2	2	5
	Maîtrise	39	39	0	2	1
	Exécution	17	17	0	0	1
	Total	100	98	2	4	7
DG	Cadre	95	92	3	8	39
	Maîtrise	41	41	0	2	14
	Exécution	80	80	0	2	6
	Total	216	213	3	12	59
UME	Cadre	42	42	0	2	11
	Maîtrise	79	79	0	6	3
	Exécution	101	101	0	2	5
	Total	222	222	0	10	19
Total	Cadre	216	209	7	15	62
	Maîtrise	246	246	0	17	21
	Exécution	363	362	1	19	14
Total Général	825	817	8	51	97	

Un effectif de 51 travailleurs est inactif pour diverses raisons de suspension de la relation de travail, à savoir la disponibilité, maladie de longue durée, congé de maternité et congé sans solde, détachement,...etc

L'effectif permanent (CDI) au niveau de l'entreprise est en nombre de 817 agents soit 99 % de l'effectif global de l'entreprise.

Par nature, les emplois temporaires représentent 1% de l'effectif total correspondant à 8 emplois à durée Déterminée (CDD).

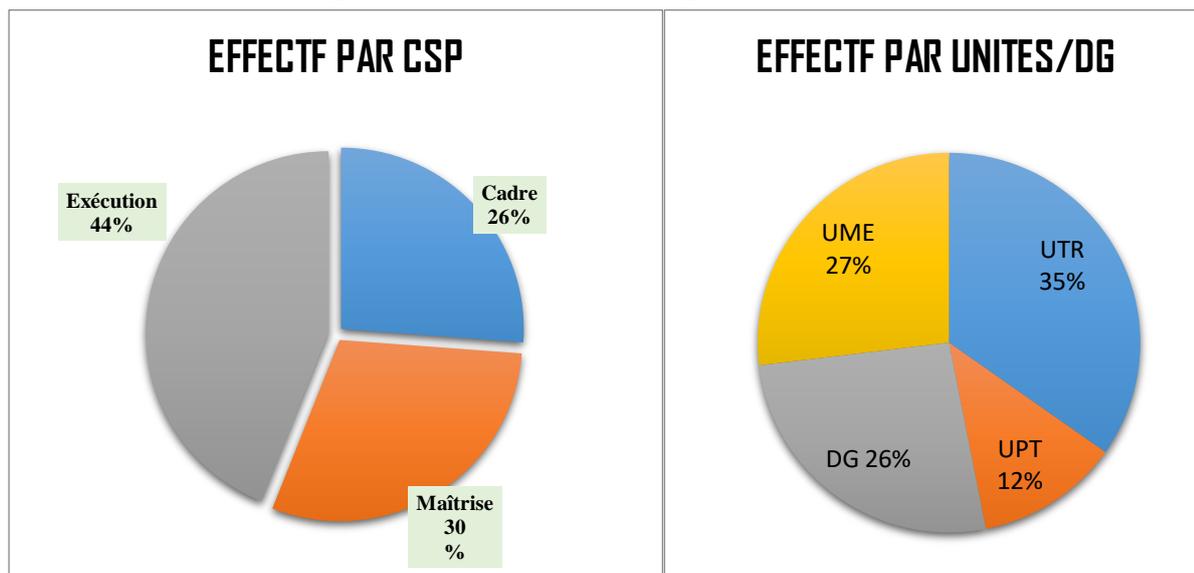
La structure de l'ensemble des effectifs, par catégories socio- professionnelles est la suivante:

Cadre: 216 agents soit 26% de l'effectif global

Maîtrise: 246 agents soit 30% de l'effectif global

Annexes

Exécution: 363 agents soit 44% de l'effectif global



Les deux unités de production et l'unité prestations techniques à savoir l'UME, L'UTR et l'UPT totalisent un effectif de 609 agents toutes catégories Socio-professionnelles confondues. Quant à l'effectif de la Direction Générale il est de 216 travailleurs, y compris l'effectif de la structure sécurité interne et de l'intervention.

Tableau B 2 : La répartition des ouvriers au niveau de la production de l'U.T.R

	hommes	Femmes	Total
pourcentage	94%	6%	100%

À partir des données de ce tableau on constate que la majorité de la main d'œuvre est d'un sexe masculin, car, la fabrication des Transformateurs nécessite un travail forcé.

Représentation de la tranche d'âge des ouvriers, au niveau de la production de l'U.T.R, dans le tableau suivant

Tableau B 3: tranche d'âge des ouvriers

AGES	EFFECTIF			TOTAL
	CADRES	MAITRISE	EXECUTION	
< à 24 ans	0	0	0	0
24 à 26 ans	0	0	2	2
27 à 29 ans	0	0	15	15
30 à 32 ans	0	2	11	13
33 à 35 ans	0	10	16	26

Annexes

36 à 38 ans	1	14	23	38
39 à 41 ans	7	13	27	47
42 à 44 ans	7	10	26	43
45 à 47 ans	5	10	14	29
48 à 50 ans	3	5	19	27
51 à 53 ans	2	6	4	12
54 à 56 ans	7	12	3	22
57 à 59 ans	3	4	1	8
□ à 60 ans	0	1	4	5
TOTAL	35	87	165	287

PYRAMIDE DES AGES DE L'EFFECTIF INSCRIT AU 31.12.2023

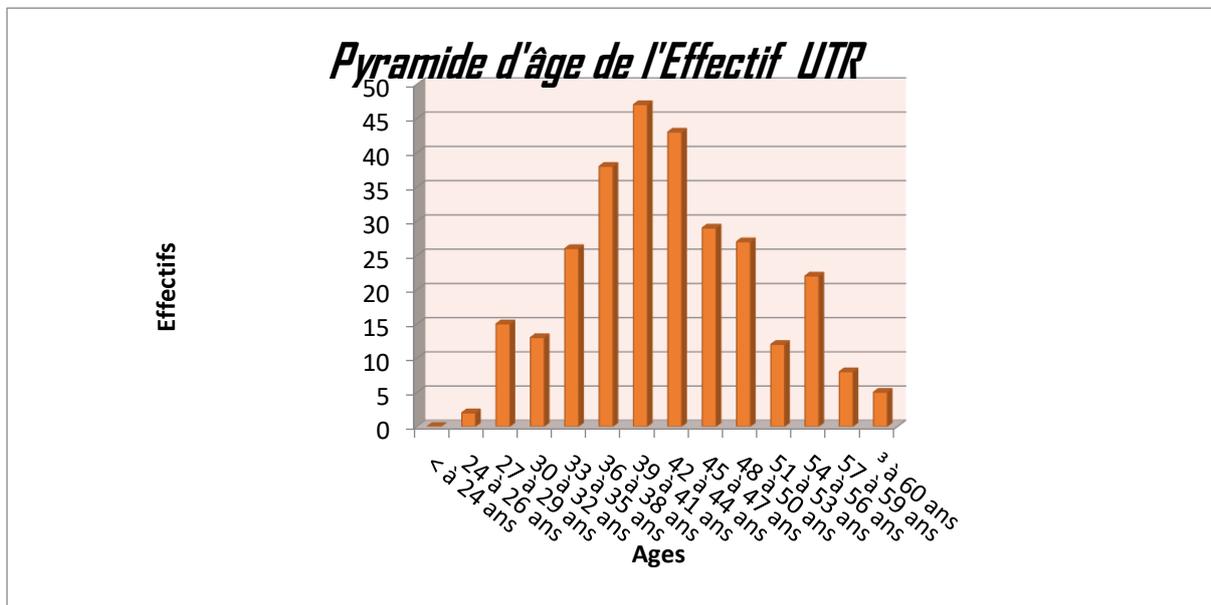


Figure B 1 : Pyramide d'âge de l'Effectif UTR

L'analyse de la pyramide des âges ci-dessus fait ressortir que :

La plus forte concentration des effectifs au sein de L'UTR se situe dans les tranches d'âge allant de 39 ans à 41 ans avec une proportion plus élevée dans la catégorie exécution.

À partir du schéma précédent on constate que la majorité de la main d'œuvre au niveau de production de l'U.T.R ont entre 35ans et 50ans, car: la production des Transformateurs nécessite beaucoup d'effort physique ainsi que des ouvriers dynamique avec une expérience.

Annexes

La pyramide de l'ancienneté

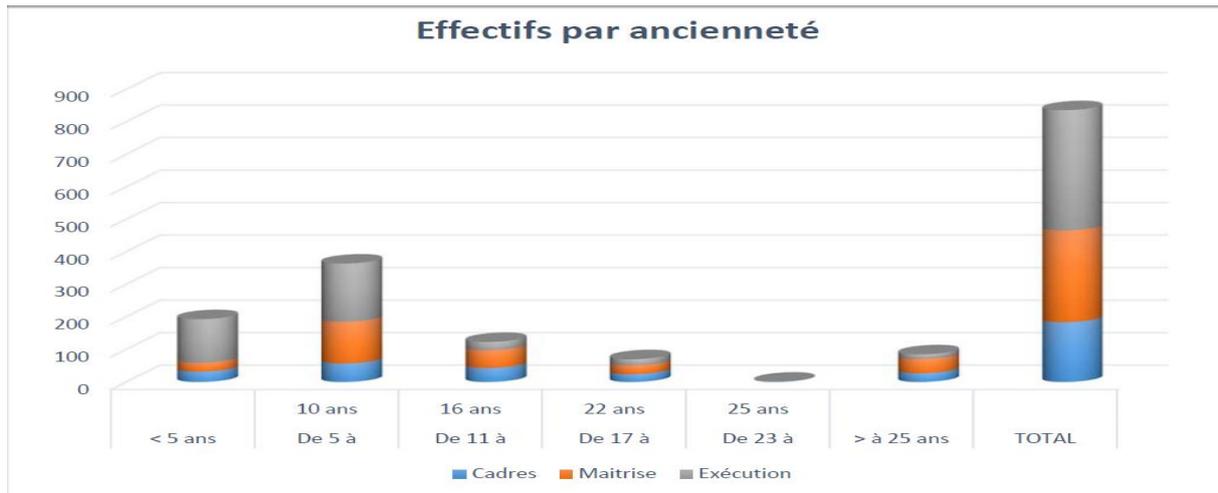


Figure B 2 La pyramide de l'ancienneté

-1 La capacité de production

La capacité de production de cette unité est fonction de puissance des transformateurs fabriqués.

Tableau B 4 :La capacité de production des transformateurs

	Transformateurs de petite et moyenne puissance	Transformateurs de grande puissance
Capacité journalière	20 à 24	05 à 09
Capacité mensuelle moyenne	400	
Capacité annuelle moyenne	4000 à 5000	

Source : Document interne de « E.I »

La capacité de production des transformateurs par l'entreprise couvre environ 70% du marché Algérien. Il est signalé que « E.I » est leader de ces produits en Algérie dont les clients principaux sont : SONELGAZ et ses filiales (il couvre jusqu'à 90% de la production totale des transformateurs).

Annexes

Il existe deux départements intervenant pour la production des transformateurs comme il montre le schéma suivant :

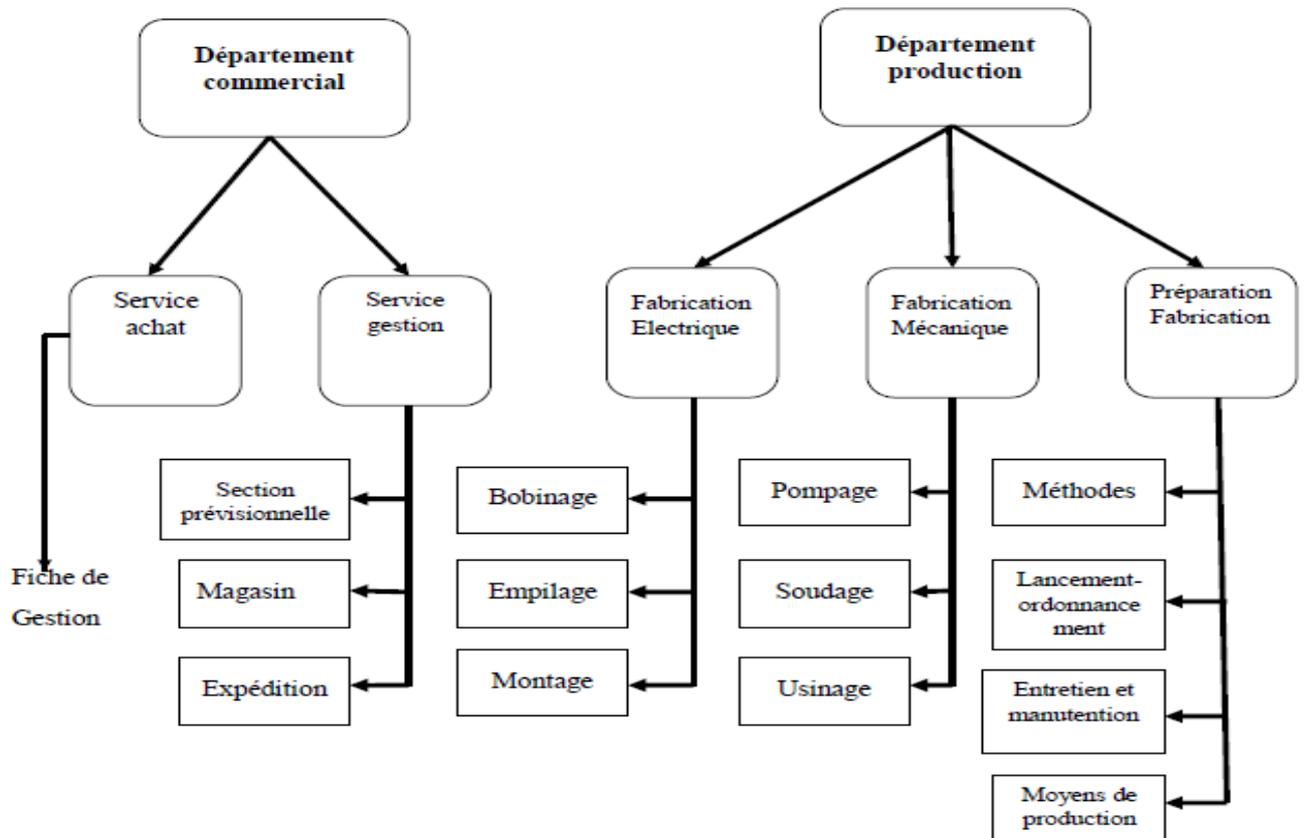


Figure B 3 :La planification des transformateurs au sein de l'U.T.R

Source : Informations collectées au sein du service lancement, ordonnancement

Le département commercial pour les inputs et la définition du programme de production par contre le département production pour la préparation de la fabrication de la partie mécanique et électrique.

A. Partie mécanique : est la partie constructive du transformateur, constitué des éléments

Suivants :

- a. La cuve
- b. Le couvercle
- c. Le conservateur : pour réaliser un conservateur il faut :
 - Le découpage et le poinçonnage de différentes pièces nécessaires à la construction du transformateur.
 - La fabrication des parois ondulées avec une machine semi-automatique.
 - Le sondage des pièces à fixer sur le couvercle par exemple poche du thermomètre, du montage de la cuve.

B. La partie électrique : Cette partie comporte tous les composants constituant la partie active du transformateur et elle est réalisée par les phases suivantes :

- a. La phase de préparation qui s'occupe de la confection d'isolation et des tâches de menuiserie.
- b. La disposition de bobinage à basse tension qui se fait du fil méplat isolé en papier.

Annexes

c. Le bobinage à haute tension est constitué du bobinage en couches qui est réalisé avec des fils rond isolé en vernis, et de bobinage de galettes.

Modes de fabrication des transformateurs par Electro-industries.

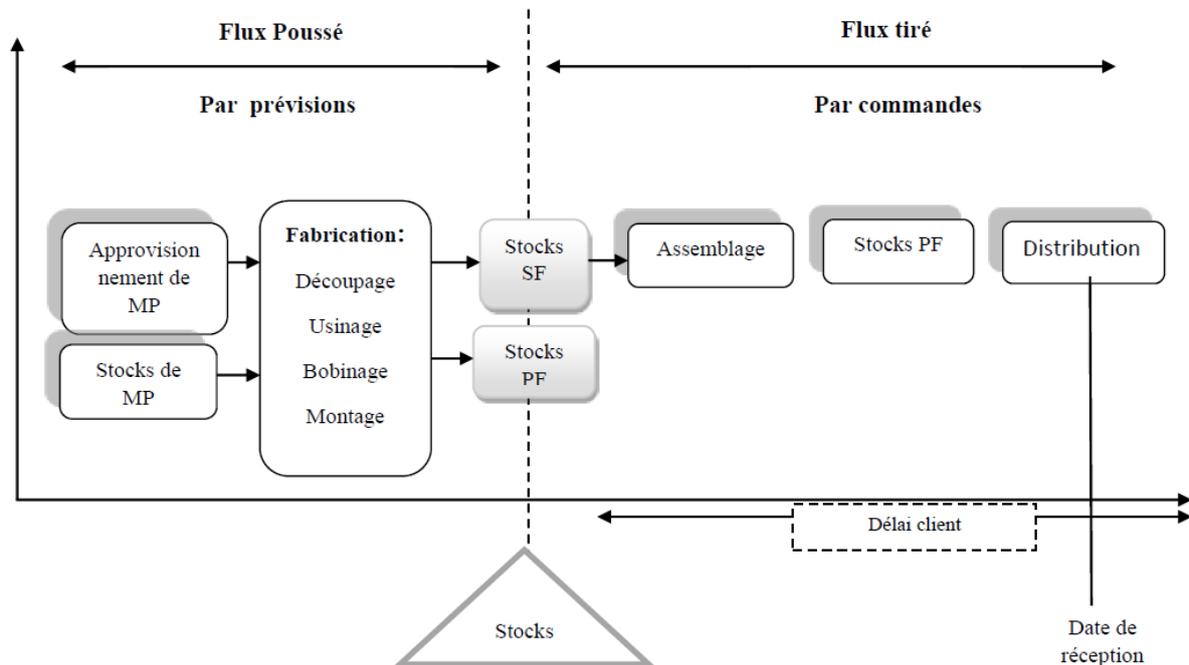


Figure B 4 : Modes de fabrication des transformateurs par Electro-industries

1- Fabrication des transformateurs par flux poussé (programme)

Electro Industries utilise deux méthodes de fabrication : le flux tiré et le flux poussé. Elle utilise la stratégie du flux poussé pour fabriquer ses transformateurs en prévoyant les commandes avant qu'elles ne soient passées. Cette approche implique la création de stocks à chaque étape de fabrication, ce qui permet à l'entreprise de répondre rapidement à la demande des clients et d'améliorer la satisfaction client en réduisant les délais de livraison. Bien que cette méthode nécessite des prévisions précises pour éviter les pertes financières, elle présente des avantages tels que la réduction des coûts de main-d'œuvre, la diminution des coûts d'inventaire et l'optimisation de l'utilisation des équipements. En résumé, le flux poussé offre à Electro Industries une gestion efficace de sa production tout en améliorant ses performances opérationnelles et sa compétitivité sur le marché.

2- Fabrication des transformateurs par flux tiré (commande)

Le flux tiré, basé sur la demande des clients, évite la surproduction et gère efficacement les stocks. Bien qu'il réduise les coûts, il peut entraîner des délais plus longs pour les consommateurs. En revanche, le flux poussé, prévoyant la production avant la demande, assure la pérennité de l'entreprise en évitant les retards de livraison et maximisant l'utilisation des ressources. Electro Industries privilégie le flux poussé pour maintenir sa compétitivité.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] : V. ZILLE. « Modélisation et évaluation des stratégies de maintenance complexes sur des systèmes multi-composants », thèse de doctorat de l'Université de Technologie de Troyes. France 2009.
- [2] : P. LYONNET. « La maintenance, Mathématique et méthodes », 4ème Edition. Lavoisier, 2000.
- [3] : JEAN HENG : pratique de la maintenance préventive, Dunod, paris, 2011, Les ressources de la maintenance.
- [4] Guide Complet De La Planification Des Interventions De Maintenance 11 juin 2023 Nomadia Group SAS au capital de 8 804 440,00 Euros. Siège social : 40 rue Eugène Dupuis, 94000 Créteil RCS Créteil – SIRET 88491111600025.
- [5] CLAUDE Levy-Leroyer, op cite, P 55.
- [6] LETHIELLEUX Laetitia, op cite, P19.
- [7] : Classement des équipements par ordre de priorité pour la maintenance : une approche multicritère Par : Anis Chelbi Daoud Ait-Kadi.
- [8] : Mémoire de fin d'étude de M. HERMI Haithem « Gestion de la maintenance » Institut supérieur des études technologique de kef 2019.
- [9] Mohamed Hamouda chapitre 04.la documentation en maintenance ISET Nabeul AU 2013-2014.pdf
- [10] : Dr. LAGGOUNE : Cours « techniques et méthodes de sûreté de fonctionnement » université Abderrahmane mira, Bejaia, 2013.
- [11] [Pimor, 2008] Logistique, Production, Distribution, Soutien, Dunod, Paris. R [Furtuna, 2010] guide des travaux pratiques, « Organisation et gestion des pièces de rechange », Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail, Direction recherche et ingénierie de formation, Maroc. Disponible sur internet à partir du lien : <http://www.scribd.com/doc/51551562/M16-ORGANISATION-ET-GESTION-DES-PIECES-DE-RECHANGE-TH-RMC>.
- [12] K. Gaiter. " L'entreprise et la gestion des opérations ". Hrw Edition, 1983.
- [13] A Rambeux. "Gestion économique des stocks" Edition Dunod, 1982.
- [14] Jean-Pierre Briffaut, Systèmes d'information en gestion industrielle, Edition Hermes science publication, Paris, 2000.
- [15] 1 - Med Bellacel « la gestion des stocks », éd gestion Alger, 1994, p 72.- amortissement des constructions et des équipements.
- [16] [https : //fr.m.wikipedia.org](https://fr.m.wikipedia.org).
- [17] **PIERRE RUPIN** [Doc] Les différents types de stocks | *blog.pro-spare.com* | **Mis en ligne le 03/09/2015.**
- [18] « Introduction à la maintenance », ISET Nabeul, 2014 /2015- 28-2013.
- [19]: A. EL JEMLI, « Élaboration et mise en place d'une politique de maintenance des équipements de l'USINE TRANSFIX MAROC groupe CAHORS », Sidi Mohamed Ben Abdellah, Maroc, 2014.

Bibliographie

- [20] OUHADJ.A, SADOU.F. Optimisation de la gestion des stocks au sein de l'entreprise LALLA KHEDIDJA. Mémoire de fin d'étude. 2017
- [21] Georges Javel: Organisation et gestion de la production, édition DUNOD, 2ème édition, Paris, 2000.
- [22] COURTOIS, A. MARTIN-BONNEFOUS, C et PILLET, M. (2003).Gestion de Production.4ème édition.

ملخص

ترتبط الجودة المثلى لخدمة الصيانة ارتباطاً مباشراً بالإدارة الجيدة لموارد الصيانة. تم إجراء دراسة لتحسين إدارة موارد الصيانة داخل الشركة. بدأ عملنا بتحليل متعمق للبيانات التي تم جمعها عن الموارد، من أجل تحديد القيود والصعوبات التي تواجهها بوضوح. وبناءً على هذه المعلومات، اقترحنا نموذج إدارة المخزون والحلول الموثوقة الأخرى التي تناسب استراتيجية هذه الشركة.

Bête à corne, Abaque de Noiret, analyse de Pareto, GMAO.

Résumé

La qualité optimale du service de maintenance est directement liée à une bonne gestion des ressources de maintenance. Une étude a été menée pour améliorer la gestion des ressources de maintenance au sein de l'entreprise. Nos travaux ont commencé par une analyse approfondie des données recueillies sur les ressources, afin de définir clairement leurs contraintes et leurs difficultés. En se basant sur ces informations, nous avons suggéré un modèle de gestion des stocks ainsi que d'autres solutions fiables qui correspondent à la stratégie de cette entreprise.

Mots clés : *maintenance industrielle, les ressources de maintenance, la gestion des stocks,*

Bête à corne, Abaque de Noiret, analyse de Pareto, GMAO.

Abstract

The optimal quality of the maintenance service is directly linked to good management of maintenance resources. A study was conducted to improve the management of maintenance resources within a company. Our work began with an in-depth analysis of the data collected on the resources, in order to clearly define their constraints and difficulties. Based on this information, we suggested an inventory management model as well as other reliable solutions that correspond to the strategy of this company.

Keywords: *industrial maintenance, maintenance resources, inventory management,*

Bête a corne, Abaque de Noiret, Pareto analysis, CMMS.

Table des matières

Chapitre 1 : Présentation des ressources de la maintenance	4
1.1 Introduction	4
1.2 Définition du terme « maintenance »	4
1.3 Situations de la Fonction Maintenance au sein de l'entreprise	4
1.4 Objectifs de la fonction maintenance.....	5
1.5 Domaine d'action du service maintenance	5
1.6 Organisation des opérations de maintenance	6
1.7 Définition des ressources de la maintenance.....	6
1.8 Classifications types des ressources	7
1.8.1 Les ressources humaines	7
1.8.2 Les Outils et équipements.....	8
1.8.3 La documentation technique	9
1.8.4 Les ressources financières (les coûts)	11
1.8.5 La pièce de rechange	13
1.9 Conclusion.....	19
Chapitre 2 : Analyse des ressources de maintenance liées à l'unité transformatrice (U.T.R)	21
2.1 Introduction :	21
2.2 Présentation de l'entreprise ELECTRO-INDUSTRIES	21
2.3 L'unité transformatrice (U.T.R)	22
2.3.1 Les Départements de l'unité	23
2.4 La gestion de la production des transformateurs	24
2.4.1 Données statistiques sur la fabrication des transformateurs	25
2.4.2 Analyse du tableau	25
2.5 Analyse de la production avec la méthode Ishikawa	26
2.6 La gestion des ressources humaines de maintenance	28
2.6.1 L'équipe de maintenance	28
2.6.2 Echelons de maintenance.....	28
2.6.3 Niveaux de maintenance.....	28
2.6.4 La politique de formation	28
2.6.5 Étapes pour élaborer un plan de formation.....	29

2.6.6	Suivi et la gestion du plan de Formation	30
2.6.7	Types de formations pour le service maintenance	30
2.6.8	Les choix des organismes formateurs	30
2.6.9	Analyse des ressources humaines de service maintenance	31
2.7	Les équipements	31
2.7.1	L'analyse Pareto des machines de chaque atelier	32
2.7.2	Mise en œuvre de l'analyse de Pareto de l'atelier électrique	35
2.7.3	Mise en œuvre de l'analyse de Pareto de l'atelier mécanique	36
2.7.4	Analyse des pannes mécaniques et électriques de l'unité des transformateurs ..	38
2.7.5	Interprétation générale	39
2.8	Les coûts de maintenance.....	40
2.8.1	Collecte des données	40
2.8.2	Analyse des données des couts de maintenance.	41
2.8.3	Histogramme de hiérarchisation des coûts annuels	42
2.8.4	Interprétation des résultats	42
2.9	Les documents de maintenance	43
2.9.1	Le bon de réparation.....	43
2.9.2	Carte de machine.....	44
2.9.3	Le Plan et les numéros des points de lubrification pour une machine	44
2.9.4	Relevé des travaux de lubrification.....	45
2.9.5	Fiche historiques de machine.....	46
2.9.6	Planning de maintenance préventive d'une machine	46
2.9.7	Bon d'entrée de marchandise.....	47
2.9.8	Fiche navette.....	48
2.9.9	Demande d'approvisionnement	48
2.9.10	Analyse de la documentation	49
2.10	La gestion des stocks	49
2.10.1	Analyse de la gestion des Stocks de la maintenance.....	49
2.10.2	L'inventaire.....	51
2.10.3	Le Calcul des Coûts de Stocks chez ENEL.....	52
2.10.4	Interprétation.....	53
2.11	Conclusion.....	53

3.	Chapitre 3 : Propositions de solution pour la gestion des ressources de la maintenance.	56
3.1	Introduction	56
3.2	Solution 1 : Les ressources humaines	56
3.2.1	La méthode "Bête à corne"	56
3.2.2	Formulation de la Bête à corne	57
3.2.3	La démarche d'amélioration de la Bête à corne.....	57
3.2.4	Le plan de formation interne.....	58
3.2.5	La formation externe	61
3.3	Solution 2 :Propositions de nouvelles Procédures de Maintenance	64
3.3.1	Procédure de Maintenance Corrective.....	64
3.3.2	Procédure de Maintenance Préventive	68
3.4	Solution 3 : La méthode abaque de Noiret.....	71
3.4.1	Les critères de l'abaque de Noiret.....	71
3.4.2	La mise en œuvre de la méthode.....	72
3.4.3	Méthode analytique	73
3.4.4	Interprétation.....	74
3.4.5	Autres Recommandations sur les moyens matériels	74
3.5	Solution 4 : Proposition des indicateurs pour la création d'un modèle de tableau de bord	74
3.6	Des solutions pour faciliter la gestion des stocks	76
3.6.1	Arguments en faveur de la sélection du Modèle de Point de Commande	76
3.6.2	Conception du modèle point de commande par Python.....	78
	Conclusion générale.....	79
	Perspectives	82
	Annexe A : les modèles de gestion des stocks.....	80
	Annexe B : informations sur l'unité des transformateurs.....	85
	Bibliographie.....	91
	ملخص	96
	Résumé	96
	Abstract	96

