



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

– المدرسة الوطنية العليا للتكنولوجيا والهندسة – عنابة
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE TECHNOLOGIE ET D'INGENIERIE – ANNABA

Département Génie Industriel

MEMOIRE

En vue d'obtention du diplôme d'INGÉNIEUR D'ETAT

Domaine : Science et Technologie

Filière : Génie Industriel

Spécialité : Maintenance et Fiabilité des Systèmes Industriels

Présenté par

YAKOUB MAOUI
ABDERRAOUF YAHIA

OPTIMISATION DE LA MAINTENANCE PAR LA FIABILITE D'UN EQUIPEMENT STRATEGIQUE AU NIVEAU DU COMPLEXE IRIS-TYRES

Encadré par

Dr. Nouredine KHELIFA
ENSTI Annaba

Co-Encadrant par

Dr. Tarek KEBABSA
ENSTI Annaba

Membres du jury :

Pr. Messaoud DJEGHABA	Président	ENSTI Annaba
Dr. Mohamed DJEMANA	Examineur	ENSTI Annaba
Dr. Naamane BENHASSINE	Examineur	ENSTI Annaba

Année 2024



Remerciement

Tout d'abord, je voudrais exprimer ma profonde gratitude envers le bon Dieu pour m'avoir accordé la force et la patience nécessaires pour mener à bien mon étude.

Je souhaite également adresser mes plus sincères remerciements à ma famille pour son soutien indéfectible et son encouragement tout au long de mon parcours scolaire.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance particulière à Monsieur le Docteur **Nouredine KHELIFA**, pour son encadrement et son engagement et son soutien tout au long de la réalisation de ce mémoire. Mes remerciements à Monsieur Dr. **Tarek KEBABSA** Co-encadreur de ce projet de fin d'étude.

Enfin, je tiens à exprimer ma gratitude à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Leurs encouragements et leurs conseils ont été précieux pour moi.

Je vous adresse à tous mes sincères remerciements.



Dédicace

Je suis reconnaissant envers le Tout-Puissant pour nous avoir accordé la force et l'opportunité de mener à bien ce travail.

À mes parents,

Mes frères et sœurs,

Vous avez toujours été présents pour moi, m'entourant de votre bienveillance et faisant tous les sacrifices possibles.

J'espère être à la hauteur de vos attentes.

Que Dieu vous protège et vous accorde une longue vie emplie de bonheur.

YAKOUB





Dédicace

Avec l'aide de Dieu, j'ai pu réaliser ce travail que je dédie

À mes parents pour leur bienveillance et leur dévouement à m'encourager à terminer mon travail dans les meilleures conditions.

Je tiens également à remercier tous les membres de ma famille ainsi que tous mes amis, chacun nommément. En particulier,

Je souhaite exprimer ma gratitude à ceux qui ont été mes compagnons tout au long de ce chemin, en leur adressant tous mes vœux de succès.

ABDERRAOUF



Résumé

Dans une entreprise industrielle, la maintenance est essentielle pour maintenir les équipements en bon état de fonctionnement. Les utilisateurs et les concepteurs sont souvent confrontés à des limites de ressources ou à un manque de modèles pour mener des études prévisionnelles précises. En réponse à cette situation, la maintenance a créé des méthodes combinant une évaluation des risques, une analyse du retour d'expérience et une logique de sélection des tâches de maintenance.

L'application de la méthode d'optimisation de la maintenance par la fiabilité (OMF) dans l'entreprise Iris Pneumatique a permis de proposer un plan de maintenance préventive afin d'éviter des défaillances inattendues.

Mots clé : OMF, Optimisation, Maintenance, Méthode de Pareto, Diagnostic

Abstract

In an industrial enterprise, maintenance is essential to keeping the equipment in good working condition. Users and designers often face resource constraints or lack of models to conduct precise forecasting studies. In response to this situation, maintenance has developed methodologies that combine risk assessment, experience feedback analysis and a logic for selecting maintenance tasks.

The application of the Reliability Maintenance Optimization (OMF) method in the company Iris Pneumatique has enabled a preventive maintenance plan to be proposed to avoid unexpected failures.

Keywords : OMF, Optimization, Maintenance, Pareto Method, Diagnostic

الملخص

تعتبر الصيانة ضرورية بالنسبة للشركات الصناعية وذلك للحفاظ على المعدات في حالة عمل جيدة. غالبًا ما يواجه المستخدمون والمصممون قيودًا على الموارد أو نقصًا في النماذج لإجراء دراسات تنبؤية دقيقة. واستجابة لهذا الموقف، أنشأت الصيانة أساليب تجمع بين تقييم المخاطر وتحليل ردود الفعل ومنطق اختيار مهام الصيانة.

إن تطبيق طريقة تحسين الموثوقية والصيانة (OMF) في شركة Iris Pneumatique جعل من الممكن اقتراح خطة صيانة وقائية لتجنب الأعطال غير المتوقعة.

الكلمات المفتاحية: التحسين، الصيانة، طريقة باريتو، التشخيص

Liste des abréviations

TBM : Tire Building Machines

RCM : Reliability Centered Maintenance

EDF : Électricité de France

OMF : Optimisation de la Maintenance par la Fiabilité

AMDEC : l'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité

GMAO : la gestion de maintenance assiste par ordinateur

AdD : arbre de défaillance

MBF : La maintenance basée sur la fiabilité

DT : Demande de Travail

OT : Ordre de Travail

CAO : Conception assistée par ordinateur

Liste des tableaux

Tableau 3.1 : Historique des pannes de la presse de vulcanisation (année 2023)	12
Tableau 3.2 : Sous Système - Système de lubrification	14
Tableau 3.3 : Sous Système - Système de chauffantes	14
Tableau 3.4 : Sous Système - Système de commande	15
Tableau 3.5 : Plan de maintenance proposé	16
Tableau 4.1 : Résultats du diagnostic	21
Tableau 4.2 : Critère des niveaux de la fonction maintenance	22

Liste des figures

Fig. 1.1 : Composants d'un pneu fabriqué par Iris-Tyres	3
Fig. 2.1 : Méthode d'optimisation basée sur la fiabilité	7
Fig. 3.1 : Presse de vulcanisation	8
Fig. 3.2 : Arbre fonctionnel de la presse de vulcanisation	9
Fig. 3.3 : Arbre matériel de la presse de vulcanisation	10
Fig. 3.4 : Arbre de défaillance	11
Fig. 3.5 : Histogramme représente les pannes de la presse (janvier 2023 – juin 2023)	12
Fig. 3.6 : Histogramme représente les pannes de la presse (juillet 2023–décembre 2023)	13
Fig. 4.1 : Graphe en radar du diagnostic	22

Sommaire

Introduction Générale	1
Chapitre 01 : Complexe IRIS-TYRES et fabrication des pneus	2
1.1 Description de l'entreprise	2
1.2 Process de fabrication de pneu	2
1.2.1 Le mixage	2
1.2.2 Composant	3
1.3 Construction de pneus	4
1.4 La vulcanisation	4
1.5 Test et Stockage	4
Chapitre 02 : Méthode d'Optimisation de la Maintenance par la Fiabilité	5
2.1 Introduction	5
2.2 Présentation de la méthode	5
2.3 Définition de l'OMF	5
2.4 Les phases de l'OMF	6
Chapitre 03 : Application de l'OMF dans le complexe IRIS-TYRES	8
3.1 Introduction	8
3.2 Application de la méthode OMF	8
3.2.1 Choix du sujet	8
3.2.2 Arborescence fonctionnelle de la presse de vulcanisation	9
3.2.3 Arborescence matérielle de la presse	10
3.2.4 Analyse de dysfonctionnement des systèmes (arbre de défaillance)	11
3.3 Application de la loi de Pareto	12
3.4 Analyse de la presse par la méthode AMDEC	13
3.5 Solutions et recommandations	15
Chapitre 04 : Diagnostic de la fonction maintenance	17
4.1 Introduction	17
4.2 Diagnostic de la fonction maintenance	17

4.2.1 Etapes de l'évaluation	17
4.2.1.1 Définition des missions et responsabilités	17
4.2.1.2 Méthodes de travail	18
4.2.1.3 Préparation de la réalisation	18
4.2.1.4 Réalisation des opérations de maintenance	19
4.2.1.5 Gestion et tenue des pièces de rechange	20
4.2.1.6 Contrôle des coûts globaux	20
4.2.1.7 Ressources humaines et animation	21
4.2.1.8 Système d'information et utilisation de l'informatique	22
4.3 Résultats du diagnostic	22
4.3.1 Diagramme « radar » ou de « Kiviat »	23
4.3.2 Niveau de la fonction maintenance	23
4.4 Analyse des résultats	24
4.4.1 Méthodes de travail	24
4.4.2 Ressources humaines et animation	24
4.5 Propositions	25
4.5.1 Méthodes de travail	25
4.5.2 Ressources humaines et animation	25
4.6 Conclusion	25
Conclusion générale	26
Références bibliographiques	27

Introduction Générale

Le développement de toute entreprise quel que soit son objectif dépend essentiellement du degré de l'efficacité de sa maintenance, les bonnes décisions et la bonne gestion de cette dernière permet d'augmenter la fiabilité et la disponibilité des équipements. Pour cela les entreprises doivent choisir avec précaution une politique de maintenance convenable et optimale pour le suivi de leurs équipements, ceux-ci se sont efforcés d'améliorer à la fin la rentabilité du matériel, autrement dit : le matériel reste plus longtemps en sécurité et plus sûrement en service.

Les travaux de recherche dans ce domaine mettent en lumière l'importance de considérer à la fois les aspects techniques et organisationnels dans le processus de maintenance. Des méthodes comme : l'optimisation de la maintenance par la fiabilité (OMF), ont été développées pour aider les industries à optimiser leurs stratégies de maintenance en prenant en compte les risques, l'expérience passée et une sélection judicieuse des tâches de maintenance. Ces approches permettent d'éviter les détériorations des équipements qui pourraient entraîner des coûts directs ou indirects supplémentaires, tout en assurant un fonctionnement optimal des installations.

Le présent mémoire s'intéresse à l'optimisation de la maintenance par la fiabilité dans le complexe iris à Sétif.

Le travail réalisé est structuré en quatre chapitres :

- Le premier chapitre présente une description de l'entreprise IRIS-TYRES et fabrication des pneus.
- Le chapitre 2 traite d'une recherche bibliographique sur la méthode d'Optimisation de la maintenance par la fiabilité (OMF) et ces différentes phases.
- Le chapitre 3 est consacré à l'application de la méthode OMF dans le complexe IRIS-TYRES fini par élaborer un plan de maintenance.
- Le quatrième chapitre présente un Diagnostic de la fonction maintenance au niveau du complexe qui nous a permis de juger que la performance globale de la maintenance nécessite une amélioration générale associé par des propositions pour améliorer les domaines faibles.

Chapitre 01

Complexe IRIS-TYRES et fabrication des pneus

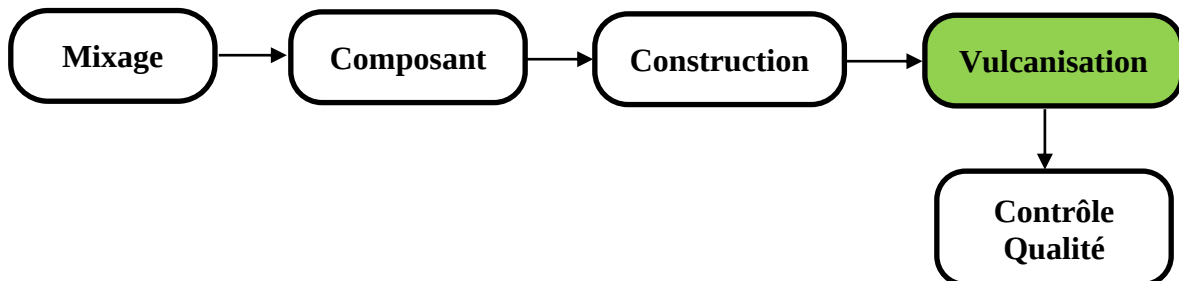
1.1 Description de l'entreprise

IRIS TYRES est une entreprise algérienne. Elle a été fondée en fin de l'année 2017, IRIS a diversifié ses activités et élargi son portefeuille, en passant par l'électro-domestique au complexe électronique, arrivant jusqu'au complexe pneumatique, un projet géant mûrement réfléchi, se classant le premier en Algérie et le troisième en Afrique. [1]

IRIS TYRES est un projet grandiose, un méga complexe industriel bâti sur une superficie de 5,5 Hectares située à la zone industrielle de Sétif. Le complexe est un concentré de technologie au point de parler même « d'Usine Intelligente - Industrie 4.0 - ». Un système d'information et de gestion très développé et des logiciels ont été mis en place afin de gérer à l'instant (t) tous flux d'information et d'assurer une traçabilité et une fiabilité des données et des produits.

1.2 Process de fabrication de pneu

La fabrication des pneus passe par les phases suivantes :



1.2.1 Le mixage

Le mixage se fait sous deux étapes :

- mélangeur de maître-batch : Après avoir choisi la recette selon la table Kanban, le mélangeur de maître-batch alimente automatiquement les polymères (caoutchouc), le noir de carbone, les huiles et les produits chimiques. Les pneus sont utilisés pour le transport et la sélection est automatique. Par la suite, on ajoute davantage de matières premières et de produits chimiques en fonction de la recette afin d'améliorer la dispersion et la qualité du composé. On effectue un troisième mélange afin d'obtenir une viscosité plus élevée, puis un quatrième pour un traitement plus efficace. À la fin de chaque étape, le mélange est conservé dans le tampon et un échantillon est envoyé au laboratoire afin de vérifier sa qualité.

- mélangeur de lot final : de manière similaire à la ligne principale, en fonction de la recette indiquée par la table Kanban, nous mesurons d'abord et ajoutons ensuite le caoutchouc provenant de la ligne principale (transporté par vis), ainsi que les produits chimiques et le caoutchouc restant utilisés vers la fin du processus de mélange.

1.2.2 Composant

Le pneu est constitué de 6 couches différentes (figure 1.1), chaque couche a sa propre recette selon la famille de pneu, et une machine spécifique produit chaque couche.

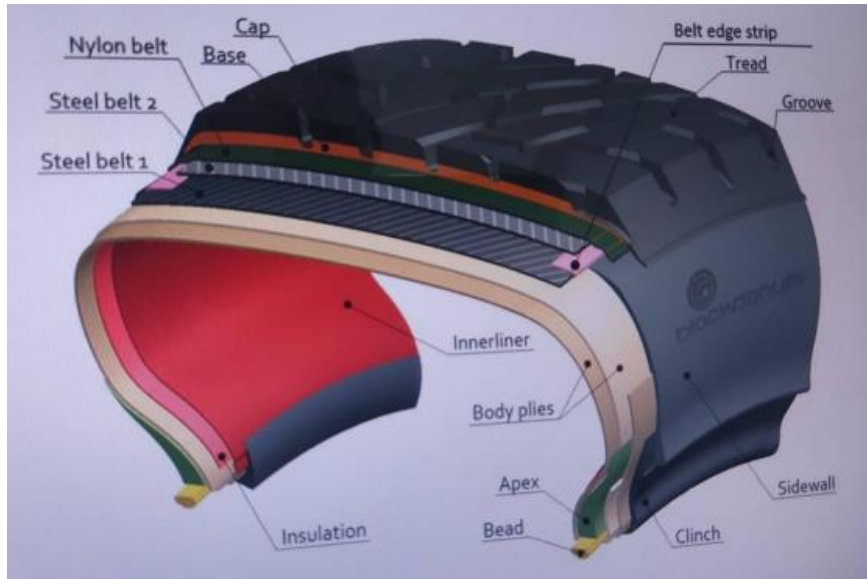


Fig. 1.1 : Composants d'un pneu fabriqué par Iris-Tyres

Les couches constituant un pneu sont :

- *Bande de roulement (Tread)* :

Il est fabriqué à partir du caoutchouc synthétique et naturel, il assure un kilométrage élevé, bonne adhérence sur route, expulsion de l'eau.

- *Flanc (Sidewall)* :

Il est fabriqué à partir du caoutchouc naturel, Il a pour but de protéger le boitier contre les dommages externes.

- *Revêtement intérieur (Innerliner)* :

Il est fabriqué à partir du caoutchouc butyle, a pour but de sceller les jarrets intérieurs de l'air-Field.

- *Couches de carcasse (Body plies)* :

Cordon textile caoutchoute, il a pour but de maintenir la forme de pneu

- *Ceinture en acier (Steel belt)* :

Est fabriqué de courroie en acier pour ceinture, a pour but d'augmenter les performances du kilométrage des pneus et réduire la résistance au roulement.

- *Sommet de talon (Bead apex) :*

Talon (Bead) : Est constitué de fil d'acier incorpore dans du caoutchouc

Sommet (apex) : fabriqué à partir de caoutchouc synthétique Les deux ont pour but d'assurer que le pneu repose fermement sur l'anneau

1.3 Construction de pneus

L'avant-dernière étape de la fabrication des pneus consiste à assembler les parties préfabriquées. L'usine utilise six Tire Building Machines (TBM), chacune ayant deux côtés : BT SIDE pour la ceinture et la bande de roulement, où les composants sont appliqués successivement, et CC SIDE pour le flanc et le revêtement intérieur, fixés par des rouleaux presseurs, tandis que les autres composants sont chargés manuellement. Avant la vulcanisation, les pneus sont peints à l'intérieur et à l'extérieur pour faciliter le processus. Les pneus verts ainsi obtenus sont stockés dans un hall et dirigés vers les presses avec la température et le moule appropriés.

1.4 La vulcanisation

La vulcanisation ou bien curage est la dernière étape du processus de production de pneus. Dans cette étape, les couches individuelles d'un pneu sont « cuites » ensemble à l'aide d'une chaleur intense et d'une forte pression. Le profil et le lettrage sur les parois latérales sont gaufrés dans le produit selon les spécifications du client.

La vulcanisation des pneus nécessite du temps, de l'énergie, ainsi qu'une pression et une température élevées. Avoir la bonne pression et la bonne température pendant le processus de vulcanisation a un impact direct sur la qualité du produit final et sur l'efficacité de l'ensemble du processus.

1.5 Test et Stockage

Le pneu arrive à la phase finale de test premièrement le test visuel de l'opérateur et après le test d'équilibre, frottement avec le sol etc... Le stockage est effectué à l'aide d'un robot Cimcorp et Kuka.

Chapitre 02

Méthode d'Optimisation de la Maintenance par la Fiabilité

2.1 Introduction

Pour trouver un équilibre entre des objectifs souvent contradictoires est nécessaire pour gérer efficacement une installation industrielle tout au long de son cycle de vie, de la conception au démantèlement. Ces objectifs comprennent des critères de fiabilité, de disponibilité, de sécurité des personnes et de sécurité des installations, ainsi que des aspects économiques tels que les coûts et les bénéfices. Il est essentiel de disposer d'outils et de méthodes permettant d'analyser les installations industrielles et d'évaluer de manière quantitative leurs performances en matière de maintenance, tout en tenant compte des contraintes économiques, afin de fournir des éléments de décision face à ce défi complexe.

2.2 Présentation de la méthode

Cette méthode, connue sous le nom de RCM (Reliability Centered Maintenance), est née dans l'industrie aéronautique civile et militaire américaine dans les années 1980 dans le but de rationaliser les coûts d'exploitation des avions. Initialement développée par EDF en 1990 pour les centrales nucléaires, elle a été progressivement étendue à d'autres systèmes jugés cruciaux en termes de sécurité, de disponibilité et de coûts opérationnels.

Au fil du temps, cette technique a été adaptée pour être appliquée à différents types d'installations telles que les centrales thermiques au charbon, les turbines à combustion, les lignes de transport d'électricité, les éoliennes, etc. Des entreprises spécialisées dans les services de maintenance l'ont également introduite dans d'autres secteurs industriels tels que l'automobile et l'industrie offshore.

Grâce à cette méthode, il devient possible de sélectionner une stratégie de maintenance préventive en fonction des objectifs spécifiques de disponibilité et de sécurité. [2]

2.3 Définition de l'OMF

L'OMF peut être défini comme une méthode d'aide à la décision visant à élaborer un programme de maintenance préventive pour une installation, tout en tenant compte de contraintes spécifiques et en optimisant divers critères. Ces critères incluent typiquement la disponibilité, la qualité du produit ou du service rendu, ainsi que les coûts d'exploitation. Parmi

les contraintes à prendre en considération, on retrouve notamment la sécurité des individus et la préservation de l'environnement. [2]

L'application de cette méthodologie provoque des effets positifs indirects :

- ✓ Elle permet une meilleure connaissance de son système sur le plan statique et dynamique (comportement dans le temps)
- ✓ Elle permet de mieux appréhender l'environnement dans lequel le système évolue
- ✓ Elle responsabilise le personnel
- ✓ Elle assure une cohésion entre différentes entités de l'entreprise (production, maintenance, qualité, services économiques et direction) et amorce une nouvelle Organisation dans un axe TPM,
- ✓ Elle agit sur la sécurité des biens et des personnes,
- ✓ Elle valide les modifications réalisées au fur et à mesure de la vie du produit ou du process. [3]

2.4 Les phases de l'OMF [4]

Phase 1 : Identifier les actifs critiques :

Identifier les actifs les plus critiques au sein d'une organisation. Il s'agit de l'équipement, de la machinerie ou des systèmes dont la défaillance pourrait avoir l'impact le plus important sur la sécurité, la production ou les résultats financiers.

Phase 2 : Comprendre les modes de défaillance :

Une fois les actifs critiques identifiés, les équipes de l'OMF se plongent dans la compréhension des modes de défaillance. Cela implique d'identifier toutes les manières possibles dont un actif pourrait échouer, y compris les causes profondes et les conséquences de la défaillance.

Phase 3 : l'analyse du retour d'expérience :

La compréhension des processus de détérioration pouvant éventuellement entraîner des défaillances en exploitant les données archivées dans les diverses bases de données nationales et locales des retours d'expérience technique.

Phase 4 : Déterminer les stratégies de maintenance :

Après une analyse approfondie des modes de défaillance et de leurs conséquences, les équipes de l'OMF déterminent la stratégie de maintenance la plus adaptée pour chaque matériel.

Phase 5 : Mise en œuvre et Révision :

Une fois les stratégies de maintenance établies, elles sont mises en pratique. L'OMF met également l'accent sur la révision continue et l'amélioration des plans de maintenance basés sur des données réelles et des retours d'expérience.

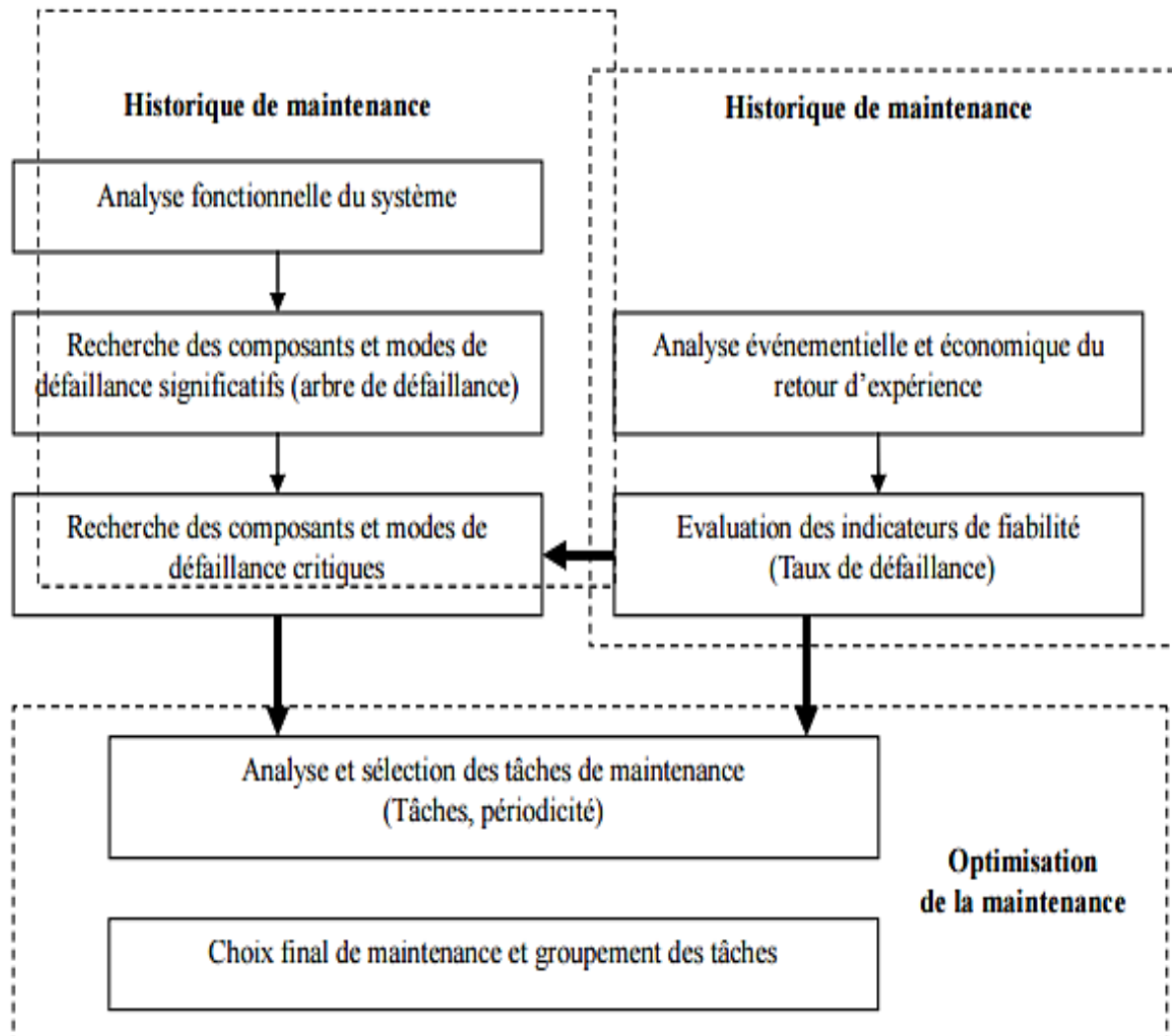


Fig. 2.1 : Méthode d'optimisation basée sur la fiabilité [5]

Chapitre 03

Application de l'OMF dans le complexe IRIS-TYRES

3.1 Introduction

Une défaillance est définie comme la non-réalisation ou la cessation des fonctions attendues d'un composant du système. Chaque composant peut avoir une ou plusieurs défaillances. Le mode de défaillance (mode de panne) est la manière selon laquelle une défaillance se produit.

L'Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité est un outil de gestion de la qualité d'analyse et d'évaluation des risques. Les résultats vont permettre d'identifier les éléments critiques et en suite définir un plan d'action d'une maintenance préventive qui conduit à la réduction des coûts de maintenance tout en visant l'augmentation du bénéfice de l'entreprise.

3.2 Application de la méthode OMF

3.2.1 Choix du sujet

La recherche d'un équipement stratégique dans l'unité de production, nous a permis d'identifier certaines machines stratégiques qui jouent un rôle vital dans l'usine et nécessitent des investissements significatifs en maintenance. Cela a été fait en consultant les ingénieurs et techniciens spécialisés en production et en maintenance. Parmi ces machines la presse de vulcanisation (figures 3.1), sur laquelle nous avons choisi d'appliquer la méthode OMF.



Fig. 3.1 : Presse de vulcanisation

3.2.2 Arborescence fonctionnelle de la presse de vulcanisation

Dans cette analyse fonctionnelle de la presse de vulcanisation, les sous-fonctions sont dérivées de sa fonction principale, mettant en lumière leurs interactions, comme illustré dans la figure.

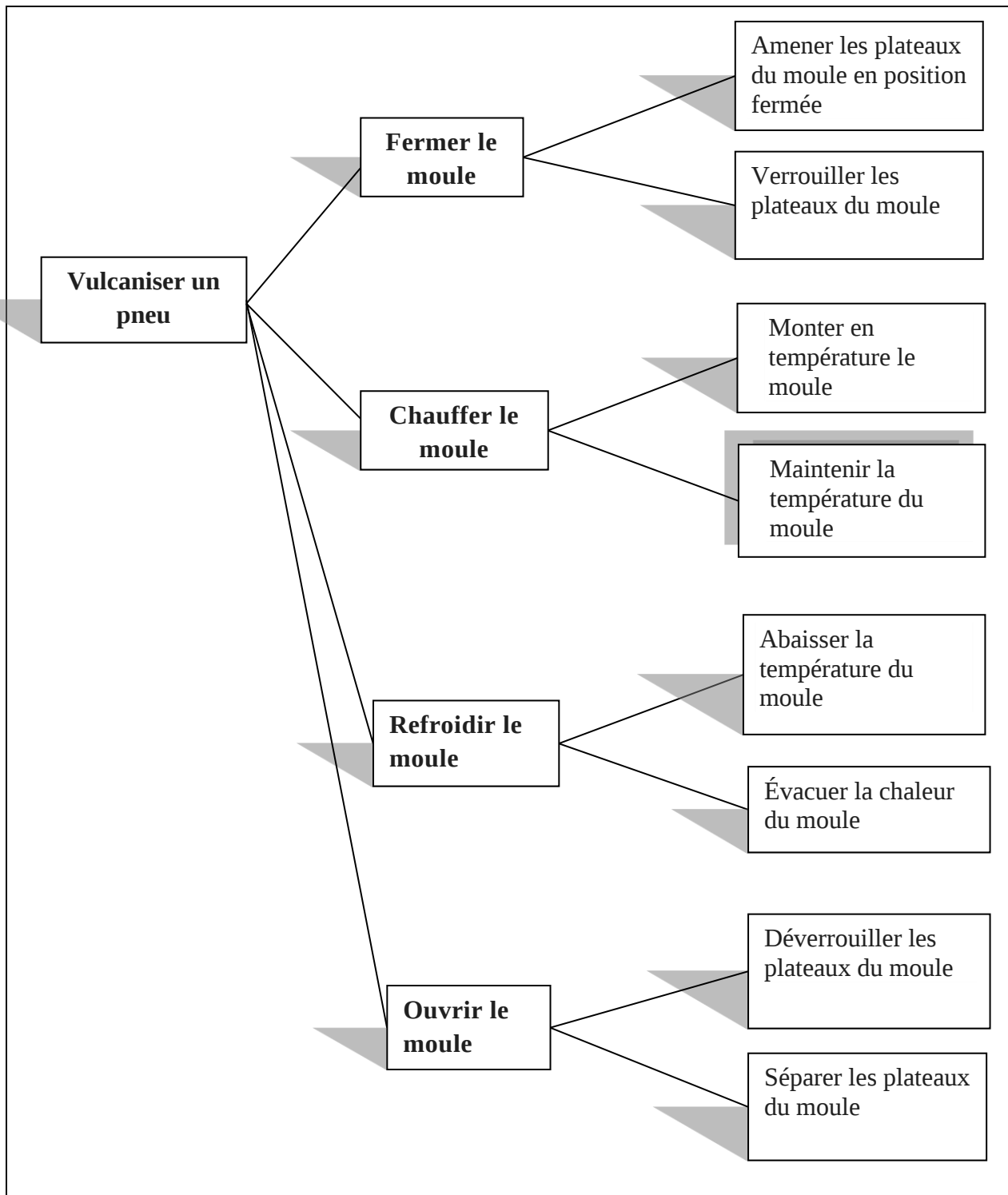


Fig. 3.2 : Arbre fonctionnel de la presse de vulcanisation

3.2.3 Arborescence matérielle de la presse

Dans cette étude, nous explorerons les différentes parties composant une presse de vulcanisation, mettant en évidence leur fonctionnement interconnecté pour assurer un processus efficace et fiable de vulcanisation.

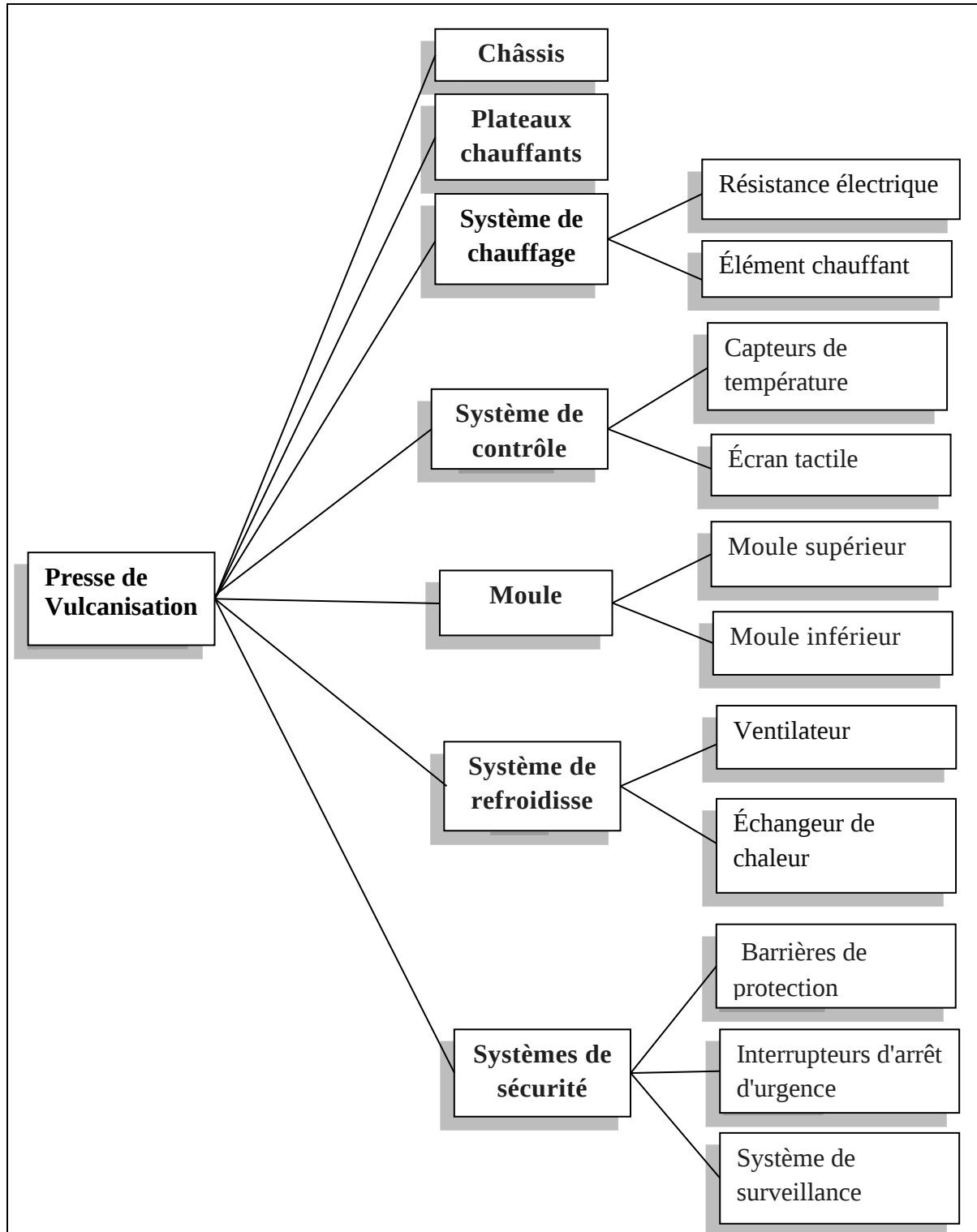


Fig. 3.3 : Arbre matériel de la presse de vulcanisation

3.2.4 Analyse de dysfonctionnement des systèmes (arbre de défaillance)

La méthode OMF tient compte de toutes les fonctions liées à un équipement et examine tous les types de pannes. Il est pratique d'avoir les arbres de défaillance pour chaque composant dans cette optique. On utilise principalement l'arbre de défaillance pour repérer les facteurs clés qui contribuent à la défaillance des composants de la presse.

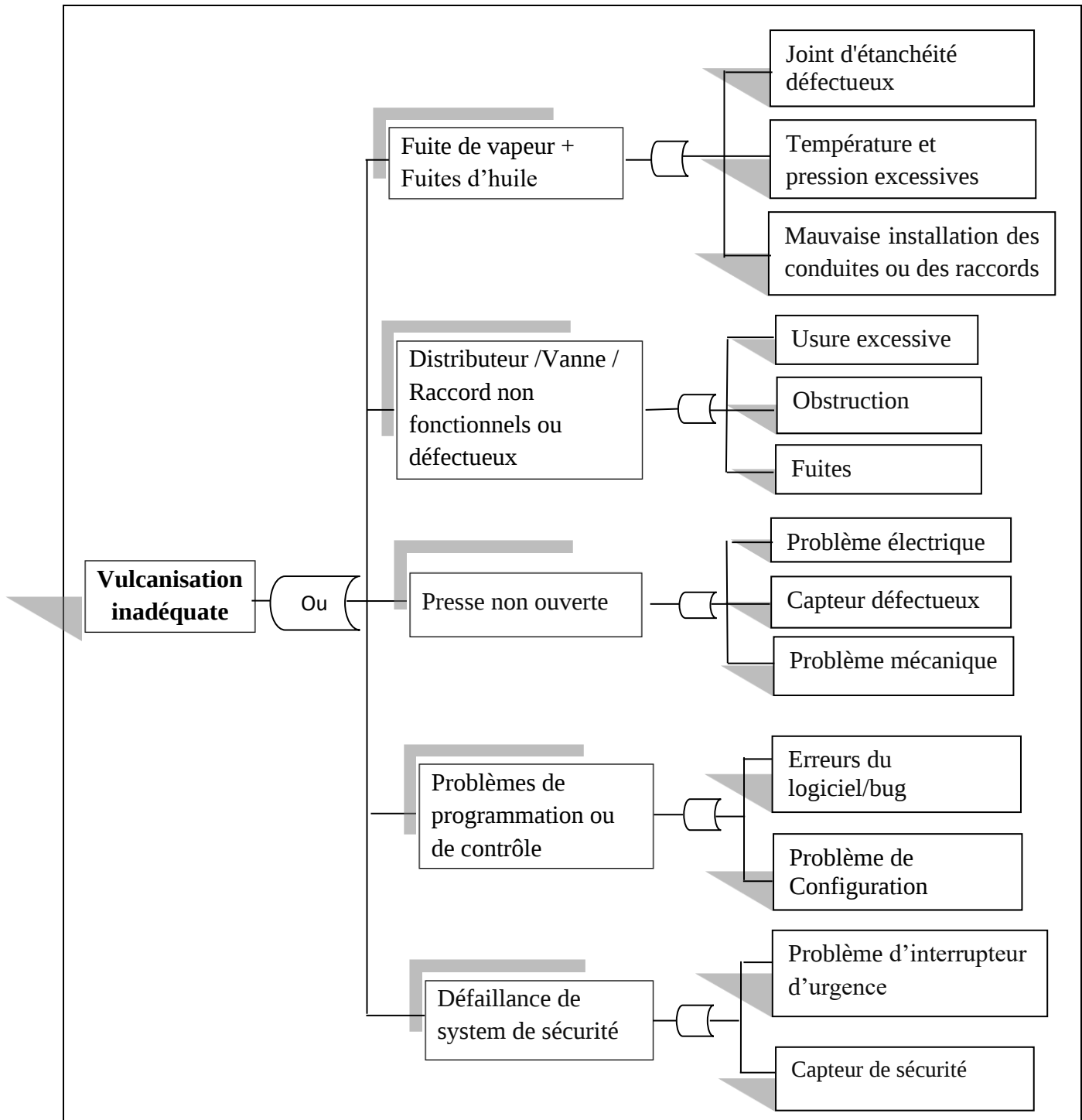


Fig. 3.4 : Arbre de défaillance

3.3 Application de la loi de Pareto

Le tableau suivant présente le nombre de pannes de la machine analysée en fonction de la nature de la panne rencontrée. Ces données nous aideront ensuite à représenter les diagrammes de Pareto.

La nature de la panne	Pannes mécaniques	Pannes électriques	Fuites et pertes de substance	Problèmes liés au système de contrôle et de régulation	Autres	
Nombre des pannes (Janvier 2023 – Juin 2023)	34	27	12	7	3	Total =83
Pourcentage cumulée	40.9%	73.4 %	87.9 %	96.38 %	100 %	
Nombre des pannes (Juillet 2023 – Décembre 2023)	46	32	16	4	3	Total =101
Pourcentage cumulée	45.5%	77.22%	93.06%	97.02%	100 %	

Tableau 3.1 : Historique des pannes de la presse de vulcanisation (année 2023)

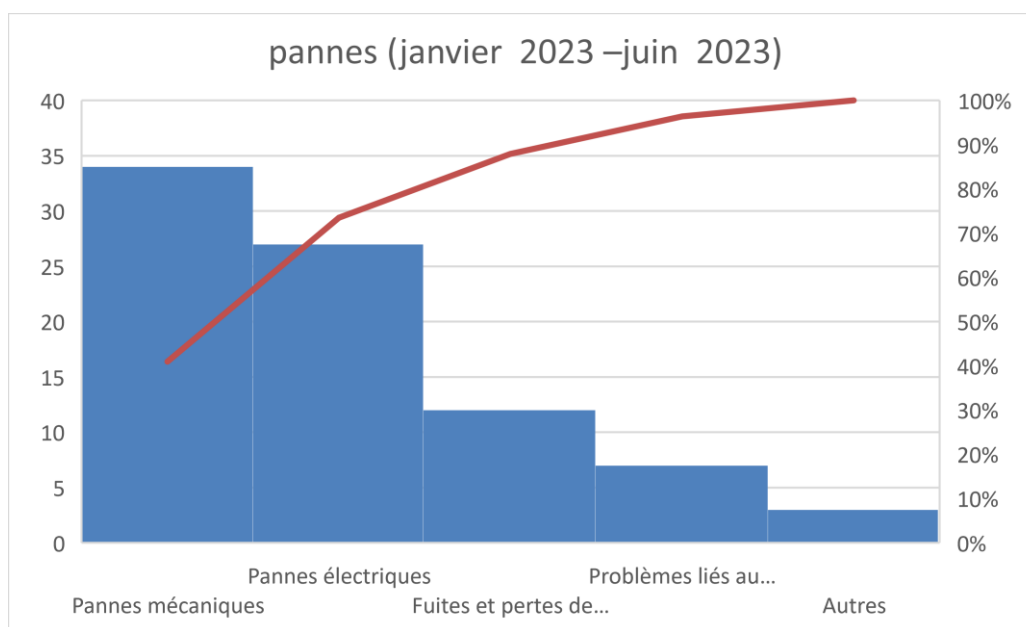


Fig. 3.5 : Histogramme représente les pannes de la presse (janvier 2023 –juin 2023)

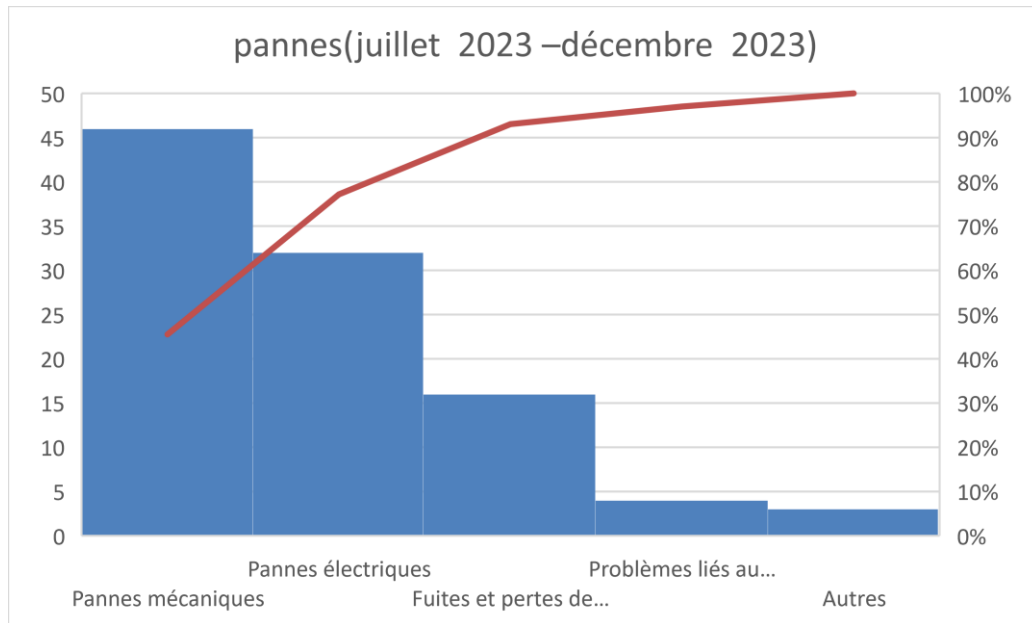


Fig. 3.6 : Histogramme représente les pannes de la presse (juillet 2023 –décembre 2023)

Selon les diagrammes de Pareto, on constate que près de quatre-vingt pour cent des problèmes d'indisponibilité de ce matériel sont liés aux pannes mécaniques, électriques et aux problèmes de fuites et de pertes de substance. Ces trois types de pannes sont les plus préjudiciables à la production.

En ce qui concerne la maintenance, ces pannes identifiées par la loi de Pareto sont considérées comme graves pour la production. Étant donné leur fréquence, nous considérons ces défaillances comme critiques pour la disponibilité et feront l'objet d'une attention particulière. En ce qui concerne la suite de l'analyse, ces résultats nous permettront d'approfondir notre étude de ces pannes spécifiques.

3.4 Analyse de la presse par la méthode AMDEC

Pour identifier les pannes les plus critiques et les points de pénalisation de notre système, nous avons réalisé une étude quantitative en utilisant la méthode AMDEC. À l'issue de cette analyse, nous obtiendrons une vue d'ensemble des pannes et des défauts, ce qui nous permettra de nous concentrer sur les pannes critiques. Les tableaux suivants résument notre étude.

F : fréquence ; G : gravité ; D : Détection ; C: Criticité

Système : Presse de vulcanisation									
1. Sous Système : Système de lubrification									
Elément	Fonction	Mode de la défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité			
						F	G	D	C
Pompe à huile	Garantir une lubrification adéquate	Blocage Usure	Contamination de l'huile la Température extrême	Perte totale de pression et arrêt immédiat de la presse	Surveillance de la pression d'huile et de la température	2	2	1	5
Tuyauterie et conduites	Transporter l'huile	Fuites d'huile	Obstructions Usure	Bruit anormal Surchauffe	Inspection visuelle	4	2	1	8
Système de contrôle et de distribution	Contrôler le débit	Fuites d'huile	Défauts électriques ou électroniques	Risque de surchauffe et de panne	Mesure	3	3	2	12
Filtres à huile	Eliminer les impuretés	Colmatage	Les contaminants	Perte de débit d'huile	Inspection visuelle	2	3	1	6

Tableau 3.2 : Sous Système - Système de lubrification

2. Sous Système : Système chauffantes									
Elément	Fonction	Mode de la défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité			
						F	G	D	C
Les plaques chauffantes	Chauffer les moules et les plateaux	Déformation	Surcharge électrique	Défauts de qualité des pneus	Tests et vérifications	1	4	1	4
Résistances électriques	Convertissent l'électricité en chaleur	Déformation	Court-circuit	Distribution inégale de la chaleur	Inspection par thermographie infrarouge	2	2	2	8
Contrôleurs	Réguler la température	Dysfonctionnement	Surcharge électrique	Perte de tous les paramètres de contrôle	Tests	3	3	2	8
Moule	Donner la forme souhaitée des pneus	Déformation dommages mécaniques	Corrosion surchauffe	Vulcanisation inadéquate	Inspection visuelle	1	4	1	4

Tableau 3.3 : Sous Système - Système de chauffantes

3. Sous Système : système de commande									
Elément	Fonction	Mode de la défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité			
						F	G	D	C
Tableau de commande	Fournir un moyen pour contrôler et surveiller	Panne de l'écran d'affichage	Surtensions électriques	Erreurs de processus	Tests fonctionnels	1	3	1	3
Capteurs	Mesurer la température et la pression	En dommage	Changements rapides de pression et de température	Erreurs dans les mesures ou les réglages	Tests diagnostics	2	2	2	8
Logiciel de contrôle	Surveiller enregistrer ajuster les paramètres de production	Les bugs	Les erreurs de programmation	Perturber le processus		2	3	1	6
Dispositifs d'arrêt d'urgence	Arrêter les opérations	Dysfonctionnement	Surcharges électriques	Risques accrus d'accidents	Tests fonctionnels réguliers	1	4	1	4

Tableau 3.4 : Sous Système - Système de commande

3.5 Solutions et recommandations

Une fois l'étude et l'analyse de la presse terminées, ainsi que la discussion avec le personnel qui travaille sur celle-ci, nous proposons un nouveau plan de maintenance pour garantir et améliorer son fonctionnement.

L'ancien plan élaboré par le constructeur ne peut plus être utilisé en raison de sa durée de vie et du vieillissement de ses éléments.

Le tableau 3.5 résume le plan de maintenance préventive proposé :

Q : Quotidien ; H : hebdomadaire ; M : Mensuel ; T : Trimestriel

PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIVE				
Machine : Presse de vulcanisation				
Opération	Fréquence			
	Q	H	M	T
1) Étudier l'ensemble des lignes hydrauliques afin de repérer les fuites d'huile et de les résoudre en resserrant les raccords et en éliminant l'excès d'huile.		x		

2) Assurez-vous de bien serrer les boulons autour de la zone d'outillage.			x	
3) Assurer une propreté optimale de la presse afin de faciliter la détection de nouvelles fuites et garantir un fonctionnement plus performant.				x
4) Contrôler régulièrement le niveau d'huile et le compléter si nécessaire.	x			
5) Assurer une surveillance régulière des niveaux et des températures des huiles	x			
6) Inspecter et lubrifier les plateaux.			x	
7) Prendre en place des compteurs d'heures et de cycles afin de simplifier la maintenance prévue.				x
8) Vérifier annuellement le câblage de commande.				x
9) Maintenir la propreté de la presse pour assurer un fonctionnement optimal.	x			
10) Effectuer des mesures de pression et de température pendant la vulcanisation.			x	
11) Contrôler les tuyaux du circuit et les remplacer en cas de besoin.			x	
12) Effectuer une vérification visuelle des flexibles et des raccords, puis les remplacer si besoin.	x			
13) Maintenir les standards des distributeurs pour les moules.				x
14) Vérifier la pression et l'état des tuyaux pneumatiques.		x		
15) Assurer le bon fonctionnement des thermocouples.			x	
16) Contrôler l'état des vérins.			x	
17) Vérifier l'état des résistances et du circuit électrique.			x	
18) Prévoir les pièces de rechange nécessaires.				x
19) Vérifier les jeux des pièces mécaniques.				x
20) Assurer un nettoyage régulier des filtres.				x
21) Préserver la propreté de l'environnement en retirant les poussières et les salissures.		x		
22) Créer des registres de vérification afin de faciliter l'inspection autonome.				x

Tableau 3.5 : Plan de maintenance proposé

Chapitre 04

Diagnostic de la fonction maintenance

4.1 Introduction

Le diagnostic des fonctions de maintenance est une étape importante. L'efficacité d'une intervention dépend de sa pertinence et de sa rapidité. Le diagnostic est l'examen systématique des conditions pertinentes à une organisation ou à un service de maintenance pour vérifier le respect des règles de maintenance établies. En effet, chaque fois que nous décidons de changer l'organisation ou d'améliorer les pratiques de maintenance, nous travaillons avec les parties concernées pour en faire un diagnostic. [6]

4.2 Diagnostic de la fonction maintenance

Afin de diagnostiquer la fonction de maintenance, nous utiliserons une méthode qui indique objectivement l'opinion du consultant (l'ingénieur de gestion de l'entreprise) sur le degré de réalisation de la fonction analysée dans l'utilisation réalisée par l'ensemble de l'organisation de maintenance. Le questionnaire est basé sur 8 sujets et chaque sujet comporte 08 à 10 questions avec des notations appropriées.

4.2.1 Etapes de l'évaluation

L'étude sera basée sur huit thèmes du Questionnaire de Diagnostic de la Fonction de Maintenance :

4.2.1.1 Définition des missions et responsabilités

Questions	0	25	50	75	100
1- Existe-t-il un organigramme où toutes les fonctions sont décrites ?			x		
2- Existe-t-il un organigramme de la fonction maintenance où toutes les structures sont définies				x	
3- Est-il connu des collaborateurs cadre et maîtrise ?				x	
4- L'organigramme est-il connu des agents d'exécution ?		x			
5- Existe-t-il des fiches de postes ?			x		

6- Existe-t-il une politique de maintenance écrite définissant les objectifs et la mesure des résultats ?		x			
7- Les opérations de maintenance sont-elles suivies par nature d'opération (correctif, préventif, amélioration, conduite...) ?			x		
8- Les opérations de maintenance sont-elles suivies par corps de métiers ?				x	
9- Existe-t-il un tableau de bord de performances permettant de faire un management par objectifs ?			x		
10- La maintenance fonctionne-t-elle sous assurance ISO 9000 ?				x	

4.2.1.2 Méthodes de travail

Questions	0	25	50	75	100
1- Existe-t-il une politique de maintenance préventive ?	x				
2- Existe-t-il une structure méthodes maintenance prenant en charge l'élaboration du plan de préventif ?	x				
3- Le plan de préventif a-t-il été réalisé à partir de méthodes du type MBF, AMDEC, historique, données constructeur... ?		x			
4- Existe-t-il un enregistrement spécifique des actions importantes (rénovations) permettant le retour d'expérience ?		x			
5- La majorité des interventions sont-elles décrites par des modes opératoires et des gammes d'intervention ?				x	
6- Existe-t-il un rapport d'incident comportant une analyse basée sur la chaîne causale : (cause, mode, effet) ?				x	
7- Existe-t-il des réunions formelles cycliques dédiées à l'analyse des principaux dysfonctionnements constatés ?			x		
8- Existe-t-il une procédure de gestion de la documentation technique ?			x		
9- La documentation existante est-elle suffisante pour l'activité ?				x	

4.2.1.3 Préparation de la réalisation

Questions	0	25	50	75	100
1- Existe-t-il des procédures écrites définissant la création, la validation et le traitement des documents (DT, DI, OT, DR) ?				x	

2- Toutes les demandes d'intervention sont-elles analysées et validées avant leur exécution ?				X	
3- Le personnel des méthodes maintenance est-il formé aux méthodes d'analyse des défaillances et diagnostic ?		X			
4- Revoit-on systématiquement les gammes et modes opératoires en fonction de la réalisation effectuée ?			X		
5- Analyse-t-on les écarts entre le temps prévu et réalisé ?				X	
6- La production prend-elle en charge le premier niveau de maintenance ?					X
7- Les documents (consignes, recommandations, contrôles, réglementaires) sont-ils à jour ?				X	
8- Les contrôles obligatoires (appareils soumis à réglementation) sont-ils effectivement réalisés ?			X		
9- Existe-t-il des compétences pour la préparation, la planification et le suivi des grands arrêts ?			X		
10- La maintenance prend-elle en charge les exigences de l'ISO en matière de qualité (procédures d'étalonnage, de contrôles et essais) ?			X		

4.2.1.4 Réalisation des opérations de maintenance

Questions	0	25	50	75	100
1- Les équipes sont-elles opérationnelles dans les 10 minutes suivant le début de poste ?					X
2- Chaque professionnel connaît-il précisément le travail qu'il aura à entreprendre à l'issue du travail en cours ?					X
3- Peut-on connaître en moins de 10 minutes l'état d'avancement de tous les travaux ?				X	
4- Le programme de préventif est-il respecté ?				X	
5- L'accumulation des reports perturbe-t-il le plan de charge ?				X	
6- L'outillage est-il la cause des perturbations dans la réalisation des interventions ?				X	
7- Le retour des O.T. est-il contrôlé afin de garantir qu'ils sont renseignés de manière complète avant leur enregistrement ? (Quoi et pourquoi)		X			

8- Existe-t-il une procédure de réception des travaux réalisés ?			x		
9- Existe-t-il une procédure interne ou externe permettant d'avoir une démarche permanente d'amélioration ?				x	

4.2.1.5 Gestion et tenue des pièces de rechange

Questions	0	25	50	75	100
1- Y-a-t-il une politique de gestion des stocks ?				x	
2- Les règles de stockage sont-elles respectées ?				x	
3- Les pièces de rechange sont-elles regroupées dans un catalogue qui précise tous les paramètres de gestion et tenue des stocks ?					x
4- Existe-t-il une analyse de dépenses par équipement ?				x	
5- Existe-t-il une codification morphologique permettant d'éviter les doublons et permettre une standardisation ?		x			
6- Existe-t-il une procédure efficace de réservation de pièces pour les travaux planifiés ?				x	
7- Les pièces stratégiques sont-elles particulièrement identifiées et suivies ?			x		
8- Existe-t-il une analyse systématique des pièces à forte valeur de consommation, afin d'en limiter le montant ?		x			
9- Les écarts d'inventaires sont-ils inférieurs à 10 % ?			x		
10- Existe-t-il une procédure de réception qualitative de la pièce de rechange ?				x	

4.2.1.6 Contrôle des coûts globaux

Questions	0	25	50	75	100
1- Existe-t-il un système de calcul des coûts directs de maintenance ?				x	
2- Les budgets de maintenance sont-ils concertés entre production, qualité et maintenance ?		x			
3- Les budgets sont-ils la traduction d'un plan d'actions reposant sur une analyse technique et économique ?			x		

4- La structure maintenance reçoit-elle des informations permettant une comparaison par rapport aux objectifs ?		x			
5- Fait-on une évaluation périodique des pertes de production imputables à l'indisponibilité et à la non capabilité des moyens ?			x		
6- Suit-on les dépenses par destination (équipements, chaînes de maintenance, centres de responsabilités, etc.) ?			x		
7- Existe-t-il un tableau de bord mensuel conjuguant résultats comptables, indicateurs de disponibilité et indicateurs d'états divers (préparation, urgences, sécurité, etc.) ?			x		
8- Existe-t-il un tableau de bord mensuel comportant des indicateurs de performance de la maintenance ?			x		
9- Existe-t-il des indicateurs d'efficacité de la maintenance à travers les résultats de production (disponibilité et qualité) ?		x			
10- La maintenance est-elle consultée sur le renouvellement ou achats de nouveaux équipements ?			x		

4.2.1.7 Ressources humaines et animation

Questions	0	25	50	75	100
1- Le climat social en maintenance est-il favorable ?			x		
2- Existe-t-il une procédure de gestion des compétences ?		x			
3- La pyramide des âges est-elle un élément de gestion des personnels ?			x		
4- Le personnel d'intervention et de méthode est-il formé aux concepts de la maintenance et de résolution des problèmes ?		x			
5- Existe-t-il une démarche de fonction et de perfectionnement du personnel de maintenance ?		x			
6- Connait-on la nature et le volume des compétences disponibles pour maintenir chaque installation ?			x		
7- Le management du personnel s'effectue-t-il avec des objectifs de résultat et de comportement ?			x		
8- Existe-t-il un système de suggestions faisant appel aux propositions du personnel ?		x			
9- La maintenance possède-t-elle une démarche de mobilité du personnel ?				x	

10- Existe-t-il un support d'information papier, informatique, permettant d'informer le personnel sur la vie de son service ou de l'entreprise ?					x
--	--	--	--	--	---

4.2.1.8 Système d'information et utilisation de l'informatique

Questions	0	25	50	75	100
1- Le programme d'amélioration de l'efficacité de la maintenance est-il supporté par un système d'information efficace ?			x		
2- La maintenance utilise-t-elle la GMAO ?			x		
3- La gestion des stocks est-elle informatisée ?				x	
4- La gestion de la documentation est-elle informatisée					x
5- La maintenance possède-t-elle un système de CAO pour la réalisation de gamme et schémas ?				x	
6- L'analyse des incidents est-elle informatisée ?		x			
7- Les tableaux de bords sont-ils informatisés et présentés sous la forme de graphes ?				x	
8- La maintenance utilise-t-elle des applications informatiques spécifiques (logiciels de simulation, AMDEC, Systèmes experts) ?		x			

4.3 Résultats du diagnostic

Après avoir remplir les tableaux de questionnaire et faire la somme des notes pour chaque thème. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant : (Tableau 4.1)

N°	THEME	Note obtenue	Note maximale	%
1	Définition des missions et responsabilités	550	1000	55
2	Méthodes de travail	375	900	41,66
3	Préparation de la réalisation	625	1000	62,5
4	Réalisation des opérations de maintenance	650	900	65
5	Gestion et tenue des pièces de rechange	625	1000	62,5
6	Contrôle des couts globaux	450	1000	45

7	Ressources humaines et animation	475	900	47,5
8	Système d'information et utilisation de l'informatique	475	800	59,37
Totaux Partiels en « items »		4225	7500	-

Tableau 4.1 : Résultats du diagnostic

4.3.1 Diagramme « radar » ou de « Kiviat »

Les résultats du diagnostic 1 (Tableau 4.1), sont présentés sur le graphe en radar suivant :

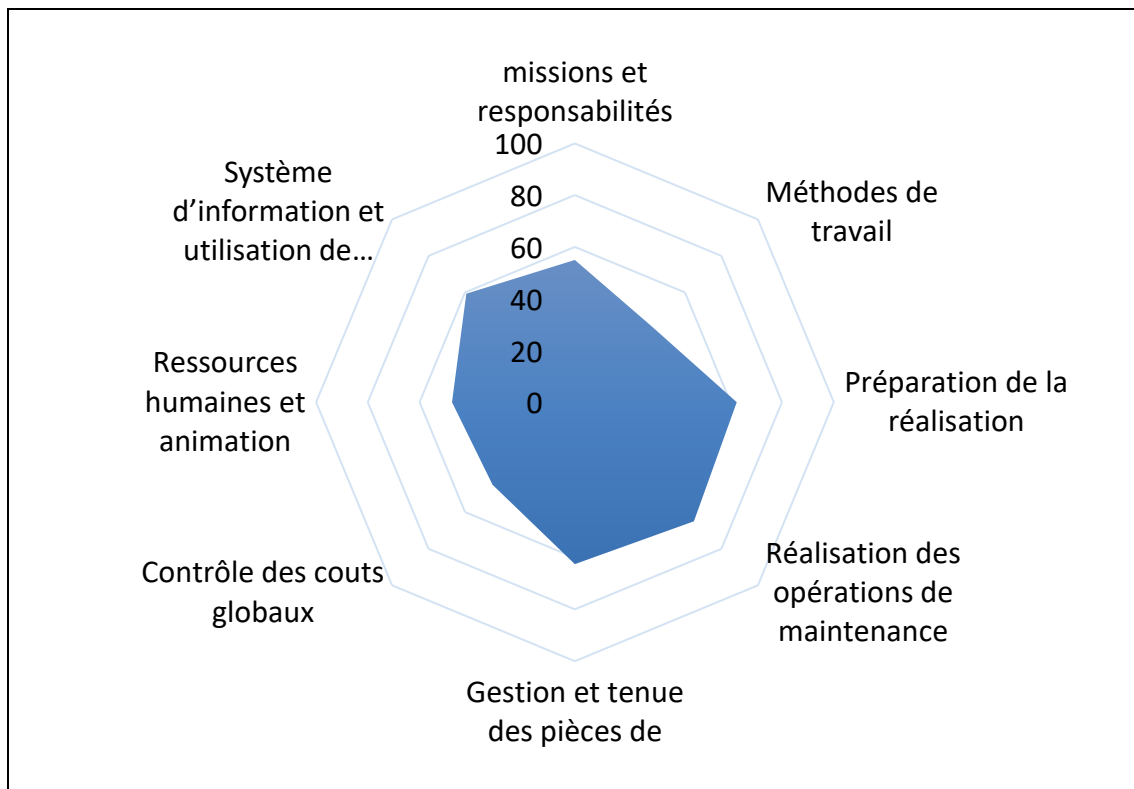


Fig. 4.1 : Graphe en radar du diagnostic

4.3.2 Niveau de la fonction maintenance

Le niveau de la fonction étudiée est déterminé en appliquant les critères suivants :

Niveau « Initiation »	0 à 25 % des Points
Niveau « Engagement »	26 à 50 % des Points
Niveau « Performance »	51 à 75 % des points
Niveau « Exemplarité »	76 à 100 % des points

Tableau 4.2 : Critère des niveaux de la fonction maintenance

Dans le tableau 4.1, la note totale de la fonction maintenance selon le diagnostic est égale à 4225 points. Cette note est divisée par la note max (7500) pour obtenir le ratio en pourcentage

$$\text{Niveau de la fonction maintenance} = (4225/7500) * 100 = \mathbf{56,33 \%}$$

On constate que la fonction maintenance dans l'entreprise étudiée est d'un niveau « **Performance** ». L'analyse des résultats obtenus permet de juger que la performance globale de la maintenance nécessite une amélioration générale, notamment dans les modules inférieurs à la moyenne. Sur la base des résultats ci-dessus, 3 domaines ont été identifiés qui nécessitent une attention particulière :

- Méthodes de travail
- Ressources humaines et animation

4.4 Analyse des résultats

4.4.1 Méthodes de travail

Basé sur les données précédentes, On peut constater les observations suivantes :

- Manque d'existence d'une politique de maintenance préventive.
- Manque d'existence d'une structure méthodes maintenance prenant en charge l'élaboration du plan de préventif.
- Insuffisance d'existence d'un enregistrement spécifique des actions importantes (rénovations) permettant le retour d'expérience.
- Insuffisance d'une procédure de gestion de la documentation technique.
- Non-respect de réalisé à partir des méthodes du type MBF, AMDEC, historique, données constructeur Le plan de préventif.

4.4.2 Ressources humaines et animation

Pour ce thème, on a relevé les remarques suivantes :

- Manque d'existence d'une procédure de gestion des compétences.
- Absence de la formation du personnel des méthodes maintenance aux concepts de la maintenance et de résolution des problèmes.
- Manque d'existence d'une démarche de fonction et de perfectionnement du personnel de maintenance.
- Manque d'existence d'un système de suggestions faisant appel aux propositions du personnel.
- Non-respect de suivre la nature et le volume des compétences disponibles pour maintenir chaque installation.

4.5 Propositions

4.5.1 Méthodes de travail

La notation du thème Méthodes de travail est de 41,66 % de la performance maximum (Tableau 4.1). Pour améliorer la performance de ce thème, nous faisons les suggestions suivantes :

- Développer une politique de maintenance préventive avec des objectifs spécifiques, mesurables, réalisables, réalistes et limités dans le temps (SMART).
- Mettre en place une équipe ou un service dédié à la maintenance préventive et à la planification de la maintenance.
- Créer une base de données historique pour stocker ces enregistrements et faciliter les commentaires.
- S'assurer que la documentation technique est régulièrement mise à jour avec des modifications et de nouvelles informations.
- Élaborer des plans de maintenance préventive en utilisant des méthodes de planification telles que l'analyse des modes de défaillance, leurs effets et leur gravité (AMDEC), les données du fabricant et l'historique des équipements.

4.5.2 Ressources humaines et animation

La notation du thème Ressources humaines et animation est de 47,5 % de la performance maximum (Tableau 4.1). Nous faisons les suggestions suivantes :

- Créez une matrice de compétences pour chaque poste qui détaille les compétences requises et leur niveau de maîtrise requis.
- Organiser régulièrement des formations sur les concepts de maintenance (préventive, corrective, prédictive) et les méthodes de résolution de problèmes (5 pourquoi, diagramme d'Ishikawa, etc.).
- Effectuer des évaluations régulières des performances et des compétences du personnel de maintenance.
- Faire le suivi des suggestions soumises et fournir des commentaires aux employés sur la faisabilité et la mise en œuvre de leurs idées.

4.6 Conclusion

La fonction maintenance a été étudiée par la réalisation d'un diagnostic. Cela nous a permis d'obtenir des données sur les différentes thématiques présentes dans le complexe Iris-Tyres. Le diagnostic est suivi par une analyse des résultats qui nous a permis de juger que la performance globale de la maintenance nécessite une amélioration globale des modules en dessous de la moyenne.

Des recommandations sont proposées pour améliorer la performance globale des différents modules existants au sein de l'entreprise.

Conclusion Générale

Ce projet de fin d'études axé sur l'optimisation de la maintenance par la fiabilité d'un équipement stratégique, a pour objet principal d'améliorer la fiabilité et l'efficacité opérationnelle de l'équipement critique au sein du complexe Iris Pneumatique.

La recherche a débuté par une collecte de données à partir des fichiers historiques. Grâce à l'analyse de ces données, nous avons d'abord pu repérer les équipements les plus affectés. On a utilisé l'arbre de défaillance, la loi de Pareto et l'analyse AMDEC afin d'atteindre cet objectif. Finalement, effectuer une évaluation de la fonction de maintenance, suivie de suggestions visant à améliorer la performance globale des divers modules présents au sein de l'entreprise.

En premier lieu, l'utilisation de l'arbre de défaillance nous a donné la possibilité de repérer les différentes formes de défaillance possibles ainsi que leurs origines. De plus, grâce à l'AMDEC, nous avons acquis une compréhension approfondie des différentes formes de défaillance, de leurs conséquences et de leur importance, ce qui nous a permis de développer des stratégies de maintenance proactive et première. L'étude de Pareto a enrichi notre approche en repérant les principales raisons des dysfonctionnements.

En résumé, ce projet a non seulement confirmé l'importance primordiale de la maintenance proactive dans la gestion d'équipements stratégiques, mais a également mis en évidence l'efficacité des méthodes analytiques telles que l'arbre de défaillance, l'AMDEC et l'analyse de Pareto pour améliorer les processus de maintenance. Les suggestions formulées fournissent un plan précis pour l'entreprise pour poursuivre l'amélioration de ses méthodes de maintenance et optimiser la durée de vie et les performances de ses équipements essentiels.

La fonction maintenance a été étudiée par la réalisation d'un diagnostic. Cela nous a permis d'obtenir des données sur les différentes thématiques présentes dans le complexe Iris-Tyres. L'analyse des résultats du diagnostic permet de juger que la performance globale de la maintenance nécessite une amélioration globale des modules en dessous de la moyenne.

Des recommandations sont proposées pour améliorer la performance globale des différents modules existants au sein de l'entreprise.

Généralement, ce projet présente une contribution significative à la discipline de la gestion de la maintenance et de la fiabilité des équipements, offrant des perspectives précieuses pour les futures initiatives de recherche et de développement dans ce domaine crucial pour la réussite opérationnelle et stratégique de toute organisation.

Références bibliographiques

- [1] IRIS-TYRES. (s.d.). *Site officiel du complexe IRIS-TYRES*. <https://iris-tyres.com/>
- [2] A. Despujols, Optimisation de la maintenance par la fiabilité (OMF). *Techniques de l'ingénieur*. (2004).
- [3] I. Verzea, M. Gabriel, & D. Richer (s.d.). MBF GLOBALE : une étape stratégique vers la TPM.
- [4] L. Rätty, Understanding Reliability-Centered Maintenance (RCM). (2024, 5 février).
- [5] Halimi, D. *Contribution à l'amélioration de la maintenance préventive des machines dynamiques dans l'industrie des hydrocarbures*. Thèse de Doctorat. Université M'hamed Bougara, Boumerdes. (2014).
- [6] B. Mahfoud, Analyse de la fonction maintenance à l'unité TSS-SIDER Annaba , Mémoire de Master. Université Badji Mokhtar Annaba. (2017).