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

Ecole Nationale Superieure de Technologie
Departement de Genie Industriel et Maintenance

Memoire pour l'obtention du **diplôme** de **Ingénieur d'Etat** 2ème cycle
Spécialité : MANAGEMENT ET INGENIERIE DE LA MAINTENANCE INDUSTRIELLE

- Thème -

Optimisation et application de la méthode de Totale productive maintenance (TPM). Cas d'étude : « ligne de production de polystyrène à l'entreprise IRIS - ALGÉRIE »

Présenté Par : MEDRAR Yasser HAMMOU Med Seddik

Soutenue publiquement, le 03/07/2023, devant le jury composé de :

M	GHOUMARI Leila	Maître de Conférences	à l'ENST	Précédente
M	GHAZI Nawel	Maître de Conférences	à l'ENST	examinatrice
M	SALHI Nedjma	Maître de Conférences	à l'ENST	Encadrante de PFE
M.	BOUGECHICHE Faiza	Maître de Conférences	à l'ENST	Co-directeur de PFE

À la mémoire de nos chères mères, de nos chers pères, À nos frères, à nos sœurs et à nos amis, 19.16, À nos guides Michel V. Bizen et à le maître Charafechtain, À tous ceux qui nous ont aidés pendant la période d'éducation merci...

Remerciement

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à toutes les personnes qui nous ont soutenus tout au long de notre projet de fin d'études sur la Total Productive Maintenance (TPM).

Tout d'abord, nous souhaitons remercier notre encadrante dans ce travail, Madame SALHI Nedjma, pour son encadrement précieux et ses conseils avisés. Sa passion pour le domaine de la maintenance industrielle et son expertise ont été des sources d'inspiration tout au long de ce projet. Nous tenons également remercier les ingénieurs de l'entreprise d'IRIS qui nous ont accueillis pendant notre stage et ont partagé leurs connaissances avec nous.

Nous aimerions également remercier sincèrement les membres de notre jury d'évaluation, pour avoir consacré leur expertise à évaluer notre projet de fin d'étude. Nous tenons à exprimer notre reconnaissance envers nos camarades de classe et nos amis qui nous ont soutenus pendant cette période intense. Leurs encouragements, leur soutien moral et les discussions fructueuses que nous avons eues ont été d'une grande valeur pour nous.

Enfin, nous souhaitons exprimer notre reconnaissance envers nos familles pour leur soutien inconditionnel et leur amour. Leur encouragement constant et leur compréhension durant cette période de travail intense ont été essentiels pour notre succès.

Ce projet de fin d'études n'aurait pas été possible sans l'aide et le soutien de toutes ces personnes. Nous leur sommes profondément reconnaissants pour leur contribution à la réalisation de ce travail.

١.٠ ملخص

تقدم هذه الرسالة مساهمة أصلية تهدف إلى تحسين الصيانة الإنتاجية الكلية بهدف تنفيذها لتحسين القدرة التنافسية للشركات الصناعية. يتميّز هذا العمل بتطوير منهج خاص لإدارة تدابير الصيانة الإنتاجية الكلية يتلاءم مع قيود البيئة الصناعية في الجزائر تكمن أصالتها في النظر في كل من الجوانب التقنية والإدارية ، وكذلك في اقتراح نهج محسّن للصيانة الإنتاجية الكلية يلبي متطلبات الشركات في الجزائر.

الكلمات المفتاحية: ةص‌ش، ةضض، المردود، جودة،الفعالية، شةس، شةةض، التوفر،طضش،ص‌ش‌ص

Abstract

This thesis presents an original contribution aimed at optimising Total Productive Maintenance (TPM) with a view to its implementation to improve the competitiveness of industrial companies. This work is distinguished by the development of a specific approach to TPM adapted to the constraints of the industrial environment in Algeria. Its originality lies in taking into account both the technical and managerial aspects, and in proposing an optimised TPM approach that meets the requirements of companies in Algeria. To achieve this objective, a structured approach was proposed, combining traditional and innovative methods such as FMECA, VSM and autonomous maintenance. The focus was on implementing the priority pillars of TPM in order to optimise the performance of an IRIS-ALGERIE household electrical appliance production company. This approach takes into account the specific dimensions of this company in order to identify the priority areas for optimisation.

The solutions presented in this thesis are valid, feasible and can be generalised to other similar companies.

Keywords: TPM, TRS, performance, qualite, MTBF, MTTR, Disponibilité,VSM,PMP

Résumé

Cette thèse présente une contribution originale visant à implémenter la Maintenance Productive Totale (TPM) pour améliorer la compétitivité des entreprises industrielles. Ce travail se distingue par le développement d'une approche spécifique de la TPM adaptée aux contraintes de l'environnement industriel en Algérie.

Afin d'atteindre cet objectif, une approche structurée a été proposée, combinant des méthodes classiques et innovantes telles que l'AMDEC, la VSM et la maintenance autonome. L'accent a été mis sur la mise en œuvre des piliers prioritaires de la TPM afin d'optimiser les performances d'une entreprise de production électroménager IRIS-ALGERIE. Cette approche prend en considération les dimensions spécifiques de cette entreprise dans le but d'identifier les axes prioritaires d'optimisation .

Les solutions présentées dans cette thèse sont à la fois valides, réalisables et peuvent être généralisées à d'autres entreprises similaires.

Mots Clées : TPM, TRS, performance, qualite, MTBF, MTTR, Disponibilité,VSM,PMP

Table des matières

0.1 ملخص . . . . .

Table des figures **i**

Liste des tableaux **iii**

Liste des Algorithmes **iv**

Introduction Générale **1**

1 État de l'art de la Total Productive Maintenance **3**

1.1 Introduction 3

1.2 La maintenance industrielle et la productivité 3

1.2.1 Le concept de la productivité 3

1.2.2 la maintenance 4

1.3 Le choix de la stratégie de maintenance 5

1.3.1 Les indicateurs de performance 5

1.4 La philosophie de La TPM Total Productive Maintenance 7

1.4.1 Origines de la démarche TPM 7

1.4.2 Définition de la TPM 8

1.4.3 Les bénéfices de la TPM 8

1.4.4 Les huit pilier de la TPM 9

1.4.5 Stratégie de développement de la TPM 15

1.4.6 Programme d'implémentation de la TPM 16

1.5 la TPM à l'échelle internationale 17

1.6 La TPM en Algérie 18

1.6.1 Définitions de la culture d'entreprise 18

1.6.2 Quelques pratiques pour diminuer l'influence négative de la culture d'entreprise sur le succès de la TPM 19

1.7 Obstacles et défis de la mise en œuvre du TPM dans les industries manufacturières . . . 21
1.8 Conclusion . . . 24

2 Analyse de la situation actuelle 25
2.1 Introduction . . . 25
2.2 Présentation de l'organisme d'accueil . . . 25
2.2.1 Présentation d'IRIS . . . 25
2.2.2 fiche technique d'IRIS . . . 26
2.2.3 Organigramme de l'entreprise d'IRIS . . . 27
2.3 Élaboration d'un diagnostic initial sur l'état de l'entreprise . . . 27
2.3.1 Analyse rétrospective des interventions de maintenance : Un regard approfondi sur l'historique . . . 27
2.3.2 Analyse des données de production de la ligne polystyrène . . . 34
2.3.3 Évaluation du taux de rendement synthétique TRS . . . 37
2.4 Étude technique sur la machine de moulage de forme en polystyrène . . . 37
2.4.1 Description de la Machine "presse d'injection" . . . 38
2.4.2 Différentes parties de la presse à injection . . . 39
2.4.3 description de la machine d'expansion de polystyrène . . . 41
2.4.4 Les phases de fabrication de polystyrène . . . 42
2.4.5 classification des problèmes ou défis de la ligne de polystyrène . . . 44
2.5 Conclusion . . . 44

3 Optimisation des piliers de la TPM en fonction des spécificités du Cas d'étude 46
3.1 Introduction . . . 46
3.2 Identification des pistes prioritaires pour l'implémentation de la solution TPM "chasse des pertes" . . . 46
3.2.1 Problème de réactivité de service maintenance . . . 47
3.2.2 Problème en disponibilité de la machine de moulage de forme en polystyrène EPS04 . . . 47
3.2.3 Problème en performance de la ligne de polystyrène . . . 48
3.3 Analyse de l'historique de maintenance de la machine de moulage par injection de polystyrène EPS-04 . . . 49
3.4 Application de l'AMDEC sur la machine de moulage de forme par d'injection de polystyrène EPS-04 . . . 53

3.4.1 Décomposition fonctionnelle du machine de moulage de forme par d'injection de polystyrène EPS-04 . . . 53
3.4.2 Analyse AMDEC de la centrale hydraulique . . . 55
3.4.3 Analyse AMDEC de l'unité d'injection . . . 57
3.4.4 Analyse AMDEC de l'unité de fermeture . . . 57
3.4.5 L'analyse AMDEC pour l'armoire électrique . . . 58
3.4.6 Analyse AMDEC sur la machine d'expansion de polystyrène . . . 58
3.4.7 Résultats de l'étude AMDEC sur la machine d'injection polystyrène EPS 04 . . . 58
3.5 Etude de performance opérationnelle de la ligne de polystyrène à l'aide de l'application de la méthode VSM (Value Stream Mapping) . . . 59
3.5.1 La méthode de VSM . . . 59
3.6 Élaboration d'une solution TPM pour augmenter la performance de l'entreprise . . . 69
3.6.1 Implémentation de troisième pilier de la TPM "maintenance planifiée" sur la machine de moulage de forme par d'injection de polystyrène EPS-04 . . . 69
3.6.2 Implémentation de deuxième pilier de la TPM "maintenance autonome" sur la machine de moulage de forme par d'injection de polystyrène EPS-04 . . . 80
3.6.3 Implémentation de quatrième pilier de la TPM "amélioration des compétences et du savoir-faire" afin de satisfaire les besoins de la Maintenance autonome . . . 84
3.6.4 Implémentation de cinquième pilier de la TPM "Maîtrise de la conception des produits et équipements" . . . 88
3.6.5 Implémentation de sixième pilier de "Maîtrise de qualité" . . . 89
3.7 Comparaison entre les deux approches d'implantation de la TPM . . . 91
3.7.1 Programme d'implémentation de la TPM selon le JIPM . . . 91
3.7.2 Programme d'implémentation de la TPM optimisée . . . 92
3.8 Conclusion . . . 94

Conclusion Générale **96**

Bibliographie **98**

A Title of the Appendix **A**

Table des figures

1.1 Short title of the figure 6
1.2 Le rendement globale par apport la maîtrise de conception de produit . . . 13
1.3 La maîtrise de la qualité 14
1.4 Programme de développement de TPM 17
1.5 La culture de l'entreprise 19

2.1 fiche technique d'IRIS 26
2.2 Organigramme de l'entreprise d'IRIS 27
2.3 illustration de principe de classification ABC 28
2.4 classification ABC des temps d'arrêts des machines en graphique en barre . 29
2.5 disponibilités des machines en graphique en barre 31
2.6 taux de defaillance des machines en graphique en barre 33
2.7 Taux de performance de production de la ligne de polystyrène 35
2.8 Le taux de qualité de la ligne de polystyrène 36
2.9 La machine d'injection polystyrène 39
2.10 illustration de l'unité d'injection plastique 40
2.11 description du moule de la machine d'injection plastique 41
2.12 Expansion de polystyrène avec expander 42
2.13 La machine d'expansion polystyrène 43
2.14 La machine d'injection polystyrène EPS04 43

3.1 illustration de tendance des temps d'arrêts de la machine 50
3.2 illustration de tendance mensuelle des temps d'arrêts de la machine 50
3.3 Illustration de temps d'arrêts cumulatif de la machine 51
3.4 Illustration des causes principales des temps d'arrêts de cette machine . . . 52
3.5 Décomposition fonctionnelle de la Presse d'injection 54
3.6 Décomposition fonctionnelle de la partie stockage d'huile 56
3.7 Décomposition fonctionnelle de la partie pompage de huile 56
3.8 Décomposition fonctionnelle de la partie de distribution de huile 57

3.9 Décomposition fonctionnelle de l'unité d'injection 57
3.10 Analyse fonctionnelle de l'unité de fermeture 57
3.11 Décomposition fonctionnelle de l'armoire électrique 58
3.12 Carte VSM de la situation actuelle de la ligne de production de polystyrène 61
3.13 Comparaison des sommes des rebuts et de la production par UNITE 65
3.14 Comparaison des taux de rebuts et de la production par UNITE 67
3.15 Comparaison du temps de cycle des processus avec le Taket time 68
3.16 Diagramme de Gant de l'approche de la TPM selon le JIPM 92
3.17 Diagramme de Gant de l'approche de la TPM optimisée 93

A.1 Short title of the figure . . . . . B
A.2 Short title of the figure . . . . . D

Liste des tableaux

2.1 classification ABC des temps d'arrêts 29
2.2 classification ABC des disponibilités des machines 30
2.3 Taux de défaillance des machines en graphique en barres 32
2.4 Historique de production de la ligne de polystyrène 35

3.1 Tableau de bord de la machine de moulage de polystyrène EPS-04 48
3.2 Historique des pannes de la machine de moulage en polystyrène-EPS04 . . 49
3.3 Tableau de décomposition fonctionnelle machine d'expansion de polystyrène 54
3.4 La décomposition fonctionnelle de la centrale hydraulique 55
3.5 Les données de processus de la ligne de production de polystyrène 60
3.6 les données de production de polystyrène 63
3.7 Les sommes de production de polystyrène par UNITE 64
3.8 total rebut de polystyrène pour chaque UNITÉ 65
3.9 Les taux des rebuts et de la production par UNITE 66
3.10 Plan de maintenance préventive du constricteur 70
3.11 Plan de maintenance préventive de la presse d'injection 75
3.12 Tableau recapitulatif de PMP de la machine d'expansion 78
3.13 Suite tableau recapitulatif de PMP de la machine d'expansion 79
3.14 Fiche de maintenance autonome 82
3.15 Programme d'implémentation de la TPM selon le JIPM 91
3.16 Programme d'implémentation de la TPM optimisée 93
3.17 Tableau de comparative entre la TPM optimisée et la TPM selon JIPM . . 94

A.1 Colonnes de tableau AMDEC . . . . . G
A.2 L'échelle de gravite(G) de chaque défaillance . . . . . H
A.3 L'échelle de la fréquence (F) d'apparition d'une défaillance . . . . . H
A.4 L'échelle La non-détection de défaillance (D) I

Liste des Algorithmes

Introduction Générale

Les industries algériennes sont confrontés à des enjeux majeurs en matière de maintenance industrielle et de productivité. Les pannes imprévues et les arrêts de production fréquents sont souvent la conséquence d'une maintenance réactive insuffisante. Ces problèmes entraînent des pertes financières considérables pour les entreprises. Dans ce contexte, et afin de remédier à cette situation, il est impératif de mettre en œuvre des méthodes et des stratégies efficaces pour optimiser la maintenance industrielle et améliorer la productivité globale.

Le présent mémoire a pour objectif l'implantation de la méthode de Total Productive Maintenance (TPM) optimisée dans l'entreprise IRIS Algérie, spécialisée dans l'industrie électroménagère. Selon Jostes et Helms (1994), la maintenance productive totale (TPM) décrit une relation synergique entre toutes les fonctions organisationnelles, mais particulièrement entre la production et la maintenance, en vue d'une amélioration continue de la qualité du produit, de l'efficacité opérationnelle, de la garantie de capacité et de la sécurité. [1]

La première partie de ce mémoire est consacrée à l'état de l'art de la TPM. Elle aborde des concepts clés tels que la productivité, les différents types de maintenance industrielle, le lean manufacturing et la philosophie de la TPM. L'application de la TPM à l'échelle internationale et en Algérie est également étudiée, en mettant l'accent sur les pratiques adaptées à la culture d'entreprise algérienne.

La deuxième partie de ce mémoire se focalise sur l'analyse de l'état actuel de l'entreprise IRIS Algérie. Elle inclut plusieurs parties telles que l'analyse de l'industrie électroménagère en Algérie, la présentation de l'organisme d'accueil ainsi qu'une méthodologie détaillée pour l'analyse de la situation actuelle. L'étude technique de la machine d'injection plastique et l'application de l'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) sont également abordées dans cette partie. Enfin, une solution TPM (Total Productive Maintenance) optimisée est élaborée afin d'améliorer les performances de l'entreprise. Cette solution met l'accent sur des aspects tels que la maintenance préventive, la maintenance autonome et l'amélioration de la ligne de production

du polystyrène.

En résumé, l'objectif de ce mémoire est de fournir des recommandations pratiques pour optimiser la TPM et améliorer la productivité de l'entreprise IRIS Algérie en appliquant la méthode TPM. Il est essentiel de mettre en place une approche de maintenance proactive et de favoriser une culture d'amélioration continue afin de garantir la compétitivité et la durabilité des entreprises industrielles. [2]

Chapitre 1

État de l'art de la Total Productive Maintenance

1.1 Introduction

Nous présentons, dans ce chapitre l'état de l'art dans le domaine de la maintenance industrielle et de la productivité. Il vise à fournir une compréhension approfondie des concepts, des pratiques et des outils utilisés dans ce domaine, ainsi qu'à examiner plus spécifiquement la Total Productive Maintenance (TPM) et son application dans les entreprises.

1.2 La maintenance industrielle et la productivité

1.2.1 Le concept de la productivité

Dans le cadre de concurrence accrue, les entreprises industrielles cherchent constamment de nouvelles opportunités dans le but d'améliorer leur efficacité et baisser leurs coûts.

La productivité s'entend comme la corrélation entre ce qui a été produit et les ressources mis en œuvre pour y parvenir telles que les travailleurs, les matières premières et l'énergie. En perspective économique, La productivité est généralement associée à l'efficacité et au temps : moins on investit de temps pour atteindre le résultat souhaité, plus la nature productive du projet est satisfaite.

1.2.2 la maintenance

D'un point de vue linguistique, Le terme "maintenance" trouve son origine dans les racines latines "manus" et "tenere" et a été introduit dans la langue française au XIIème siècle. En 1169, l'étymologiste Wace a découvert l'utilisation de la forme "mainteneor", qui signifiait "celui qui soutient", et qui correspond à une forme ancienne de "mainteneur" [3]

La maintenance définie comme un ensemble de mesures visant à maintenir ou à rétablir le fonctionnement d'un système.

En 1994, l'AFNOR (Association Française de Normalisation) a accordé une définition normative de la maintenance, à « l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé » (norme NFX 60-010). [4]

Depuis 2001, une nouvelle définition européenne (NF EN 13306 X 60-319) a pris la place de la définition précédente, qui considère la maintenance comme un ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management qui ont lieu pendant le cycle de vie d'un bien et qui visent à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir sa fonction requise. [5]

Les techniques de maintenance impliquent souvent l'utilisation d'informations basées sur l'expertise afin de prédire les performances futures. Elles sont systématisées dans une discipline méthodique qui nécessite une évaluation technique des événements survenus pendant les phases expérimentales ou d'exploitation.

Nous pouvons comprendre l'utilité de la maintenance à travers les bénéficient lequel se reflète dans les quatre domaines suivants :

La productivité :

La maintenance réglementaire des équipements contribue à maintenir une productivité optimal en limitant les défaillances et en réduisant le temps d'arrêts de production ou de ralentissements « T ».

La qualité :

La politique de maintenance préventive peut contribuer à maintenir la qualité des produits en limitant le vieillissement ou l'usure des équipements.

La sécurité :

En veillant à la conformité des équipements aux normes de sécurité en vigueur, la maintenance avoir part à assurer la sécurité dans le milieu de travail.

Le coût :

La maintenance permet de prévenir et de les problèmes à un stade précoce, ce qui réduit les coûts de réparation et évite les arrêts coûteux de la production.

1.3 Le choix de la stratégie de maintenance

La mission la plus critique dans la maintenance c'est l'affectation d'excellent choix de stratégie de maintenance et cette sélection repose sur plusieurs facteurs clés qui doivent être soigneusement analysés pour prendre une décision éclairée dont les objectifs stratégiques et opérationnels de l'entreprise, La criticité des équipements leurs coût leurs gamme de complexités et les condition d'environnements afin d'atteindre les résultats et les inputs souhaités de ce choix.

Les équipements industriels sont soumis à plusieurs types d'avarie, tels que la perte de fonction, le fonctionnement intempestif, le refus de s'arrêter, le refus de démarrage et le fonctionnement dégradé. problèmes peuvent entraîner des défaillances et avoir un impact sur le bon fonctionnement de l'ensemble de l'installation. [4] Face à la diversité des équipements et à leur comportement au sein d'une installation, les responsables de la maintenance doivent élaborer de véritables stratégies en mettant en place une politique de maintenance proactive. Cela permet de prévenir les pannes coûteuses en identifiant et en résolvant les problèmes avant qu'ils ne deviennent critiques. En effectuant des inspections régulières, en réalisant des entretiens préventifs et en remplaçant les pièces usées, l'entreprise peut éviter les temps d'arrêt imprévus et les coûts de réparation importants. Cela se traduit par une optimisation du taux de disponibilité des équipements, garantissant ainsi que les machines et les actifs de l'entreprise sont opérationnels lorsque les opérations en ont besoin.

L'efficacité de la stratégie de maintenance et le choix approprié pour cette dernière permet de maintenir une production continue et d'éviter les pertes et ont répondu à la demande plus rapidement. En outre, une politique de maintenance efficient contribue à protéger la quantité des actifs de l'entreprise. En maximisant la durée de vie utile de l'équipement et avec cela les entreprises peuvent retarder le besoin de remplacements coûteux, ce qui représente d'importantes économies au terme de durabilité et la rentabilité à long terme. [6]

1.3.1 Les indicateurs de performance

"It is not possible to manage what you cannot control and you cannot control what you cannot measure" (Peter Drucker)" [7]

Les indicateurs de performance jouent un rôle crucial dans le cycle d'amélioration, car ils reflètent la réalisation des objectifs et sont pris en compte lors du processus de prise de décision pour choisir une action. Les indicateurs de performance sont des outils de mesure dont le but est d'établir un lien entre l'état atteint et l'état attendu, en termes de progrès réalisés pour combler les écarts. [7] Des indicateurs clés de performance soigneusement sélectionnés permettent de cibler les domaines dans lesquels il convient d'agir pour améliorer le système.

Les expressions de performance, exprimées en termes de "coût - qualité - délai", ne sont pas indépendantes les unes des autres. Aujourd'hui, la définition de la performance repose sur une combinaison de critères divers, en lien avec l'environnement industriel. Cela est dû à la nécessité d'une productivité suffisante et conduit à une recherche conjointe de [8] :

- L'efficience du système.
- L'efficacité des processus.
- L'effectivité des objectifs

D'un point de vue managérial, la sélection adéquate des indicateurs de performance permet de déterminer précisément les domaines où intervenir pour améliorer la productivité. Les travaux de maintenance doivent être alignés sur les objectifs et la stratégie opérationnelle de l'entreprise. Une manière efficace de le démontrer est d'établir un lien entre les performances de maintenance et l'intensité de la production, ce qui accroît la probabilité de gagner une position sur le marché. [9]
Dans la figure 3, la pyramide des objectifs, et de l'autre côté, la hiérarchie des objectifs, vous pouvez observer comment les indicateurs clés de performance (KPI) correspondent aux objectifs de l'entreprise, ainsi que comment les activités de maintenance et de fiabilité découlent de la mission de l'entreprise et de la hiérarchie des objectifs.

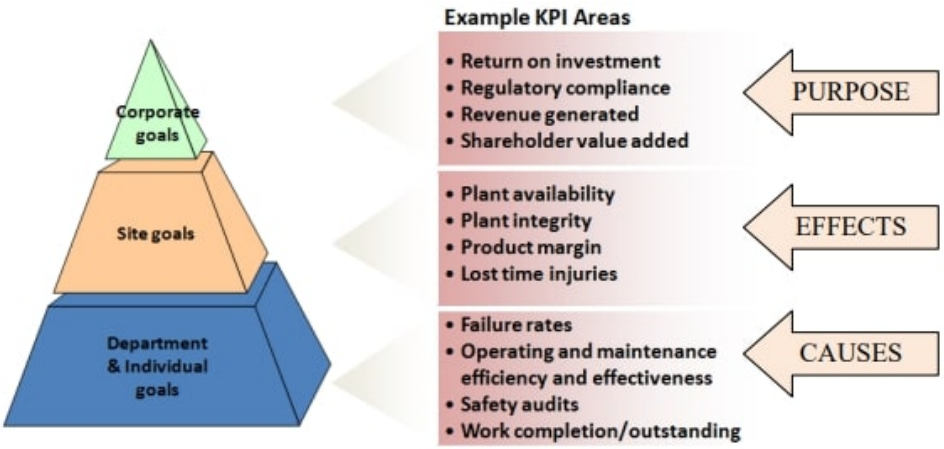


Figure 1.1: La contribution des indicateurs de performance clés (KPI) à l'atteinte des objectifs de l'entreprise. [10]

1.3.1.1 Le taux de Rendement Synthétique (TRS)

Le TRS (Taux de rendement synthétique) est un indicateur de performance pertinent pour mesurer la performance de la productivité de la fabrication. En termes simples, il identifie le pourcentage de temps de fabrication qui est réellement productif. Si sa structure est toujours de la forme **TRS=A.B.C** , ses composantes sont variables en nature de saisies, en mises en familles et en désignation. Elles représentent toujours les pertes qu'un bon managaire d'entreprise a pour vocation de mesurer pour les réduire.
L'indication TRS met en évidence l'efficacité de la TPM comme outil d'amélioration de compétitivité de l'entreprise. [8]

$$\text{TRS} = TD \times TP \times TQ \tag{1.1}$$

Avec :

TD = Taux de Disponibilité ou Taux brut de fonctionnement

TD = (Temps requis - Temps d'arrêt curative) / Temps requis

Temps requis : Temps d'ouverture- temps d'arrêt préventive (planifié)

TP : Taux de Performance ou Taux net de fonctionnement

TP= (Temps de cycle théorique X Production réelle) / Temps de production réelle

TQ : Taux de Qualité
TQ = (Production réelle - Production rejetée) / Production réelle

1.4 La philosophie de La TPM Total Productive Maintenance

1.4.1 Origines de la démarche TPM

La TPM d'origine a été médiatisée par Seïchi Nakajima (Directeur de JIPM, Japan Institute of Plan Maintenance). De ce concept découle de grosses évolutions dans l'entreprise, où la maintenance est l'affaire de tous, ce qui se traduit par le fait que l'exploitant assure une partie des tâches dites de « maintenance de conduite ou de niveau 1 », comme le graissage, la surveillance, le nettoyage et le contrôle.

La renommée de la TPM (Total Productive Maintenance) a été portée par Seïchi Nakajima, Directeur de JIPM (Japan Institute of Plan Maintenance). Ce concept a engendré d'importantes transformations au sein de l'entreprise, où la maintenance est désormais

l'affaire de tous. Cela se traduit par le fait que les opérateurs sont responsables d'une partie des tâches de maintenance dites de « maintenance de conduite ou de niveau 1 », telles que le graissage, la surveillance, le nettoyage et le contrôle. [11]

1.4.2 Définition de la TPM

La stratégie Total Productive Maintenance (TPM) s'inscrit dans une stratégie du zéro défaut, zéro délai, zéro stock et zéro panne. Elle met l'accent sur l'organisation des ressources productives pour améliorer la disponibilité des équipements qui, par définition est « l'aptitude d'un bien à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou durant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs est assurée » [12]. Et pour cela il est recommandé d'intégrer de plus en plus les différents services dans une même gestion globale. C'est particulièrement le cas des fonctions production et maintenance.

La maintenance productive totale (TPM) est un concept nouvellement défini de la maintenance qui s'intègre à part entière au processus de production. Ce concept consiste, également à maximiser la performance des équipements, la disponibilité et la qualité de l'équipement avec la participation de tout le personnel de l'usine

1.4.3 Les bénéfices de la TPM

L'objectif principal de La TPM est de régénérer la culture de l'entreprise par l'amélioration de performance des ressources humaines et du système de production, ce changement de culture consiste à rendre le manager des ressources de production responsable de la qualité des équipements, du savoir-faire du personnel et de l'efficacité de son organisation. c'est aussi rendre les opérateurs responsables de la qualité de leur équipement c'est-à-dire :

- les utiliser conformément aux conditions de base, les nettoyer, surtout aux endroits stratégiques.

- détecter et signaler les prémices des dégradations, les réparer eux-mêmes lorsque c'est possible.

Donc pour concrétiser cet objectif il faut travailler sur 3 axes principaux qui sont :

- **Amélioration des ressources humaines**

L'obtention des objectifs de productivité et de qualité dépend de manière cruciale de l'expérience, du savoir-faire et de personnels. La TPM a pour objectif également d'utiliser et de mettre en valeur l'expérience et le savoir-faire de chacun ainsi que l'améliorés ce qui nécessite :

- faires des formations continues pour le personnelles de l'unité concernée par le projet TPM.

- Le savoir écouter, de faire participer les opérateurs de productions avec les techniciens de maintenance lors des interventions.

La TPM, c'est aussi redonner conscience à l'ensemble du personnel de l'importance des équipements dans la performance industrielle. ce qui exige :

- Le respect par la production des conditions normales d'exploitation et de la maintenance (graissage, qualité des réparations, refus de l'approximatif, absence de laxisme, analyse des pannes, maintenance préventive appropriée et optimisée, etc.).

• **Amélioration du système de production**

La TPM permet d'améliorer les équipements, les méthodes, les procédés et l'organisation du système de production. ce sont ces actions qui seront les plus bénéfiques mais il faut, avant tout, être sûr que les conditions de base sont respectées sur le terrain si non les problèmes sont masqués, les solutions souvent palliatives résultent d'un renvoi de responsabilités et de luttes d'influence surtout entre les services Production et Maintenance. Donc pour éviter cette situation indésirable Il faut donc mener simultanément deux actions :

- Retrouver l'état normal des équipements.
- Etudier et supprimer les causes réelles d'inefficacité des ressources de production.

• **Création de l'exigence de rigueur**

Dans la TPM, il y a un enjeu essentiel qui n'apparaît qu'au fur et à mesure que l'on progresse dans la démarche. c'est apprendre à tous à détecter les vrais problèmes, à aller au fond de ceux-ci, en faisant preuve de :

- Rigueur (examiner toutes les causes, les vérifier).
- Modestie (ne pas vouloir tout faire du premier coup).
- Ténacité (s'assurer des résultats obtenus et continuer à progresser).

1.4.4 Les huit pilier de la TPM

• **Pilier n1 : amélioration au cas par cas.**

Ce pilier vise à éliminer toutes les sources de pertes d'efficacité du système de production. L'objectif est de réduire ces pertes à zéro. La TPM identifie 16 causes principales de pertes qui entravent l'obtention d'une efficacité maximale des équipements, du personnel, des matières premières et de l'énergie. Pour éliminer ces pertes, la participation de tous les services et fonctionnels est requise. [13]

La recherche des pertes ne se limite pas uniquement à l'amélioration du Taux de Rendement Synthétique (TRS), qui mesure la performance des équipements. Elle englobe toutes les pertes ayant une valeur financière. Ce pilier utilise deux outils clés : le TRS et la matrice des pertes. Ils permettent de dresser l'inventaire de toutes les pertes et aident la direction à fixer des objectifs de gains à moyen et long terme.

Pilier n2 : maintenance autonome ou gestion autonome des équipements.

Ce pilier a pour objectif principal d'utiliser les équipements dans leur état de fiabilité intrinsèque. Cela nécessite que la production et la maintenance respectent les conditions normales d'exploitation des équipements. En particulier, les opérateurs doivent être compétents et se sentir responsables de l'utilisation adéquate de leurs équipements, notamment en effectuant les réglages et les nettoyages nécessaires, ainsi qu'en détectant les anomalies et les signes précurseurs de problèmes, et éventuellement en étant en mesure de les résoudre. Cette responsabilité est directement liée à la qualité de leur outil de travail. Pour chaque équipement, groupe, cellule ou ligne, l'action des opérateurs et des techniciens de maintenance pour rétablir l'état normal des équipements est essentielle pour "identifier les véritables causes de pertes" et mobiliser les ressources humaines. [10]

Pour montrer que la participation des opérateurs dans la chasse aux anomalies et dans l'amélioration des conditions d'utilisation des équipements a une grande importance, la Direction doit réaliser rapidement les réparations ainsi que les bonnes propositions d'amélioration. elle doit aussi accepter comme un investissement le temps consacré par les opérateurs à leur formation sur le terrain, à la résolution des problèmes en petit groupe ainsi que l'arrêt des équipements pour retrouver ou maintenir leur état normal.

Les étapes de la maintenance autonome :

1- Nettoyage simple pour éliminer les sources de pollution des machines.

2- identifier et réduire les sources de contamination dans les parties ou bien les différentes composantes des équipements.

3- standard nettoyage réduire les sources de dégradation du machines.

4- inspection pour maintenir l'operateur qui est le responsable de la machine dans un état de savoir le permet traiter ou fixer les problèmes des équipements.

5- c'est la combinaison de la phase 3 et 4 plus précisément maintenir l'Equipment on bon êta au bon moment.

6- la qualité de production, le rôle de managers et d'improuver les standards de processus cette phase et assurer par des déférent méthodes de prédiction comme poka-yuki qui permet de éviter et détecter l'anomalie avant d'apparaitre dans la prochaine phase du system.

7- l'amélioration continue qui base sur la collection de data pour analyser les sources probables du problème au but d'improuvée le processus et évaluer d'autre solution permet d'optimisé plusieurs facteurs visées.

• Pilier 3 Maintenance planifiée

Pour limiter les imprévus occasionnés par les pannes et pouvoir planifier son activité, il est nécessaire que la maintenance développe Un plan de maintenance préventive efficace s'appuie sur des prévisions de fiabilité basées sur des statistiques et des probabilités (maintenance basée sur la fiabilité MBF) ne s'appliquant qu'à des équipements ou procédés sous contrôle statistique (donc on doit d'abord éliminés les causes spéciales de défaillance. La TPM montre bien que, tant qu'il existe des causes de dégradations forcées, la maintenance préventive est onéreuse et peu efficace, d'où l'importance du pilier 2. [4]

• Pilier 4 : Amélioration des compétences et du savoir-faire du personnel

Afin d'effectuer efficacement des contrôles, des réglages ou des inspections, il est essentiel que les opérateurs comprennent la raison d'être de ces tâches. Par conséquent, il est nécessaire de leur fournir les connaissances expliquant le but de ces actions. Ensuite, ils pourront participer à l'élaboration de normes et de procédures en contribuant à leur création. [2]

Dans le cadre de la TPM, les normes de nettoyage, d'inspection et de maintenance de premier niveau sont toujours provisoires, car l'objectif des opérateurs et des groupes de travail est de les simplifier, de les adapter et surtout de les éliminer en traitant la cause première du problème. L'amélioration des normes constitue la base du progrès continu, de l'innovation et du développement personnel des employés.

Pour faciliter l'amélioration des compétences et des connaissances du personnel, plusieurs actions clés peuvent être mises en place :

— Élaborer des programmes de formation réguliers destinés aux opérateurs afin de renforcer leurs connaissances techniques et leur compréhension des processus.
— Encourager les échanges de connaissances et les partages des bonnes pratiques entre les membres du personnel.
— Promouvoir l'apprentissage continu en mettant à disposition des ressources pédagogiques telles que des manuels, des guides de procédures ou des vidéos éducatives.
— Encourager la participation des opérateurs à des projets d'amélioration continue et leur donner la possibilité de proposer des idées novatrices pour résoudre les problèmes rencontrés.
— Reconnaître et valoriser les employés qui font preuve d'initiative, d'engagement et qui contribuent activement à l'amélioration des processus.

En investissant dans le développement des compétences du personnel, l'entreprise peut bénéficier d'une main-d'œuvre qualifiée, motivée et capable de contribuer activement à

l'amélioration continue des opérations.

Pilier 5 : Maîtrise de la conception des produits et équipements

Le principal objectif de ce pilier est d'accélérer la conception de produits qui sont compatibles avec les équipements existants, ce qui permet de réduire les délais de mise au point des nouveaux produits. En effet, lorsque les produits ne sont pas adaptés aux équipements existants, cela peut entraîner d'importantes pertes de temps et de coûts. Ces pertes surviennent en raison de réglages fréquents requis, de changements de fabrication prolongés, de rendements médiocres en matière et en énergie, ainsi que d'une sous-utilisation de la main-d'œuvre et des équipements.

Pour atteindre cet objectif, il est essentiel de prendre en compte les éléments suivants :

— La conception de produits faciles à fabriquer et d'équipements faciles à utiliser (en termes de production et de maintenance) nécessite dès l'émergence de la première idée une communication ciblée et une conduite rigoureuse du projet. Cela repose sur la maîtrise des ressources de production, le savoir-faire du personnel de production et de maintenance, ainsi que sur une logique d'amélioration permanente.

— L'objectif principal de ce pilier est de parvenir à éviter les modifications des produits ou des équipements après leur phase de pré-industrialisation. Cela peut être atteint grâce à une meilleure coordination entre les équipes de conception et de production, en favorisant la communication et la collaboration dès les premières étapes du projet.

La valeur ajoutée de ce pilier réside dans le fait qu'en maîtrisant la conception des produits et des équipements, l'entreprise peut réduire les temps de développement, améliorer l'efficacité de la production, éviter les pertes de temps et de coûts liées aux ajustements constants, et optimiser l'utilisation des ressources disponibles. [13]

En mettant en place une approche proactive de la conception, en intégrant les retours d'expérience des opérateurs et du personnel de maintenance, et en favorisant l'amélioration continue, l'entreprise peut optimiser la performance de ses produits et équipements tout en minimisant les perturbations et les coûts supplémentaires liés aux modifications ultérieures.

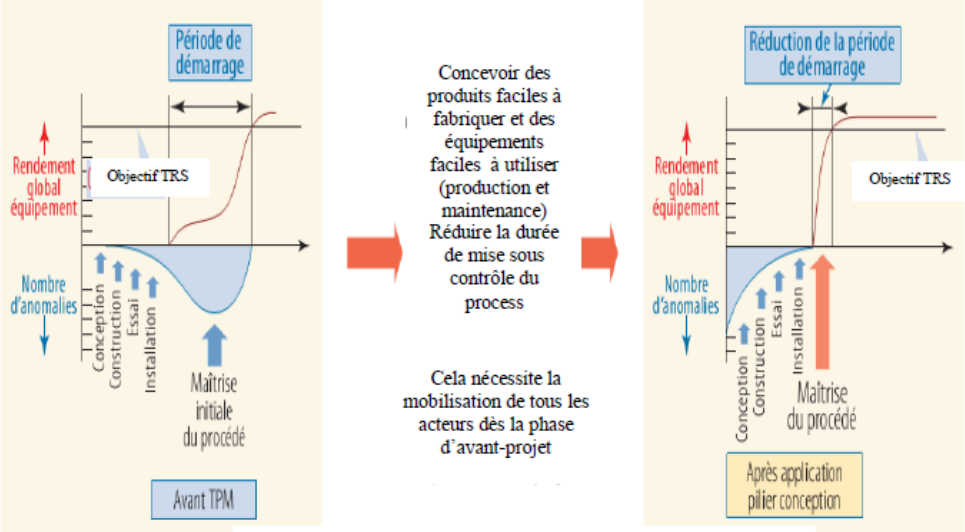


Figure 1.2: Le rendement globale par apport la maîtrise de conception de produit [13]

Pilier 6 : Maintenance de la qualité

Le développement des quatre premiers piliers améliore la performance de production en supprimant les causes spéciales de dysfonctionnements. L'objectif du pilier 6 est de maîtriser la dispersion du processus, de rechercher les conditions optimales garantissant une dispersion minimale afin d'obtenir le zéro-défaut, le zéro-panne, le zéro-défaillance. Cette recherche des conditions idéales rejoint la démarche 6 Sigma. Dans ce domaine, la TPM propose des outils innovants tels que l'analyse PM, la matrice QA, l'analyse 4M.

Il faut noter que pour soumettre un système (machine ou processus) à un tel contrôle statistique, il est nécessaire de supprimer toutes les causes spéciales de dysfonctionnement. Cela signifie identifier et éliminer les sources d'instabilité ou de variation non contrôlée dans le processus, de manière à ce que le système fonctionne de manière prévisible et stable.

La TPM met en œuvre des outils et des méthodes tels que l'analyse des modes de défaillance potentielles (PM), la matrice QA (assurance qualité) et l'analyse des 4M (Main-d'œuvre, Matériaux, Méthodes, Milieu) pour atteindre cet objectif. Ces outils permettent d'identifier les problèmes potentiels, d'analyser les causes racines, de définir des actions correctives et de mettre en place des contrôles préventifs afin de maintenir la qualité du processus et des produits.citer [14]

En maîtrisant la dispersion du processus et en éliminant les causes spéciales de dysfonctionnement, l'entreprise peut atteindre des niveaux de qualité élevés, réduire les défauts, les pannes et les défaillances, et ainsi améliorer la satisfaction des clients. La démarche 6 Sigma, intégrée à la TPM, vise à garantir une performance optimale et à réduire au maximum les variations et les écarts par rapport aux spécifications.

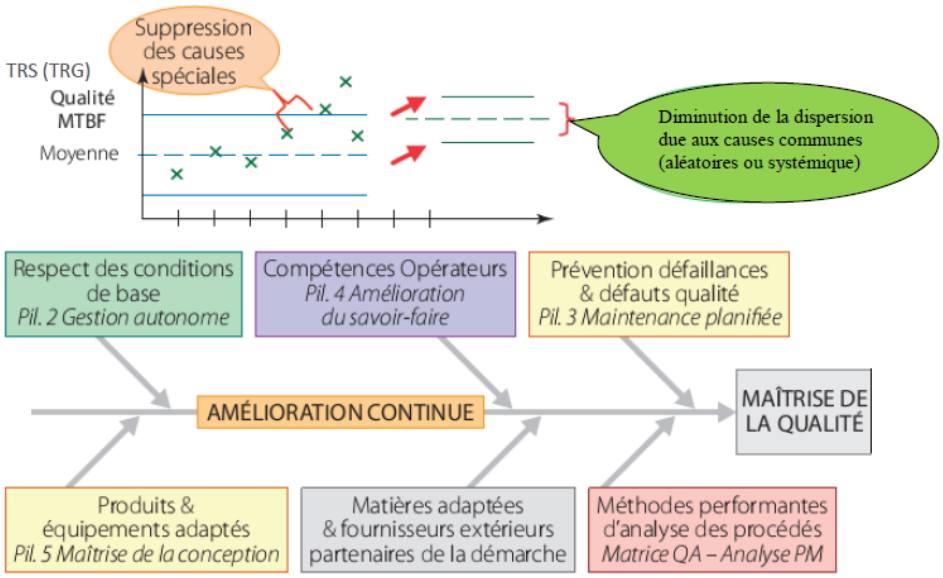


Figure 1.3: La maîtrise de la qualité [13]

Pilier 7 : TPM dans les services fonctionnels ou TPM dans les bureaux

L'application de la TPM dans les services fonctionnels nécessite la volonté de la Direction et une certaine créativité. Son développement prouve au personnel de production et de maintenance que l'ensemble de l'entreprise est engagé dans une démarche de progrès, et cela a un effet boule de neige. Pour mettre en place la TPM dans les services fonctionnels, les actions suivantes sont nécessaires :

- Supprimer les anomalies et rendre les employés responsables de la qualité des informations.
- Entretenir les supports et les outils de travail utilisés dans les services.
- Améliorer la structure des tâches et supprimer les activités sans valeur ajoutée.
- Augmenter les connaissances et le savoir-faire du personnel en fournissant des formations et des opportunités d'apprentissage.
- Implémenter des modèles de gestion informatisés tels que les ERP (Enterprise Resource Planning) et les GMAO (Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur).

La mise en œuvre de la TPM dans les services fonctionnels permet d'améliorer leur efficacité, leur qualité et leur performance globale, en alignant leurs pratiques sur les principes de la TPM.

Pilier 8 : Maîtrise de la sécurité, des conditions de travail et respect de l'environnement

L'accident se produit lorsque l'insécurité combine avec un comportement à risque. En éliminant les situations imprévues et en standardisant les méthodes de travail, la TPM

vise à atteindre le "zéro accident".

Les différents piliers de la TPM contribuent à la création d'un environnement sûr en mettant en place les éléments suivants :

- La standardisation du travail pour assurer des méthodes de travail sécurisées et reproductibles.
- La responsabilisation et l'implication de tous les employés dans la promotion de la sécurité.
- La rigueur dans l'application des procédures et des normes de sécurité.
- La communication efficace pour partager les bonnes pratiques, les consignes de sécurité et les retours d'expérience.
- Le développement du savoir-faire et la culture de l'amélioration permanente pour identifier et éliminer les risques potentiels.
- La suppression des problèmes récurrents qui pourraient compromettre la sécurité.
- Le respect des équipements, du travail effectué et de soi-même en adoptant des comportements sécuritaires.

En intégrant la TPM, l'entreprise s'engage à promouvoir un environnement de travail sûr, à garantir des conditions de travail optimales et à respecter l'environnement. Cela permet de réduire les accidents, d'améliorer la santé et le bien-être des employés, et de contribuer à la durabilité de l'entreprise.

1.4.5 Stratégie de développement de la TPM

Pour mettre en œuvre une stratégie d'implémentation de la TPM, il est essentiel de faire connaître les résultats attendus de cette démarche. La TPM repose sur cinq principes fondamentaux :

Principe n1 : Atteindre l'efficacité maximale du système de production

Pour cela, il est nécessaire de :

- Supprimer les causes de pertes de rendement afin d'atteindre l'efficacité maximale des hommes, des équipements, des matières et de l'énergie. Cela implique de détecter et de traiter les vrais problèmes et de mobiliser toute l'entreprise. Ce principe est abordé dans le pilier n1 : Amélioration au cas par cas.
- Supprimer les causes spéciales ou chroniques de diminution de la fiabilité intrinsèque des équipements en rendant les opérateurs responsables de la qualité de leur équipement. Cela permet de retrouver la fiabilité intrinsèque des équipements et est réalisé à travers le pilier n2 : Maintenance autonome.
- Prévenir les défaillances naturelles en supprimant les causes de dégradations forcées des équipements. Cela rend la maintenance préventive plus efficace et moins

coûteuse. Ce principe est abordé dans le pilier n3 : Maintenance planifiée.

— Améliorer les connaissances et le savoir-faire des opérateurs et des techniciens de maintenance en les formant et en les sensibilisant à la relation entre la qualité de l'équipement et la qualité du produit. Cela est réalisé à travers le pilier n4 : Amélioration du savoir-faire et des connaissances.

Principe n2 : Démarrer rapidement les nouveaux produits et les nouveaux équipements

La maîtrise des ressources de production, le savoir-faire du personnel et la logique d'amélioration permanente sont utilisés pour concevoir des produits faciles à fabriquer et des équipements faciles à utiliser et à entretenir. Cela permet de réduire les cycles de vie des produits. Ce principe est abordé dans le pilier n5 : Maîtrise de la conception.

Principe n3 : Assurer zéro défaut, zéro panne = le TRS maximum

Le développement des quatre premiers piliers permet d'améliorer la performance, mais les phénomènes chroniques persistent et les résultats sont en dents de scie. Il est nécessaire d'améliorer les 4M (Main d'œuvre, Matière, Méthode, Milieu). Ce principe est abordé dans le pilier n6 : Maîtrise de la qualité.

Principe n4 : Obtenir l'efficacité maximale des services fonctionnels

Pour obtenir la performance maximale, tous les services fonctionnels doivent soutenir la production. Il est nécessaire de construire un TPS (Total Production System) qui intègre les machines, les processus et les produits, en rationalisant les processus, les produits et l'ordonnancement, notamment avec la méthode Kanban. Cela permet également de réduire systématiquement les coûts de fabrication. Ce principe est abordé dans le pilier n7 : Application de la TPM dans les services fonctionnels.

Principe n5 : Maîtriser la sécurité, les conditions de travail et respecter l'environnement

La performance des ressources de production passe également par la sécurité, les conditions de travail et le respect de l'environnement. Cela se traduit par des certifications telles que ISO 14001 pour l'environnement et OHSAS 18001 pour la sécurité et les conditions de travail. Il s'agit également de rendre le travail moins pénible, moins salissant et moins dangereux. L'objectif en matière d'accidents est d'atteindre "zéro accident". Ce principe est abordé dans le pilier n8 : Sécurité, conditions de travail et environnement.

1.4.6 Programme d'implémentation de la TPM

Dans la plupart des cas, les entreprises commencent l'implémentation de la TPM par les deux premiers piliers :

— L'élimination des causes de pertes, qui permet de générer des gains financiers et

de mobiliser l'ensemble de l'entreprise.

— La gestion autonome des équipements, qui permet de mettre en évidence les véritables problèmes et d'impliquer le personnel de production et de maintenance. L'avancement de ces deux piliers nécessite naturellement le développement des piliers 3 et 4.

— La TPM exige de la rigueur et de la persévérance, au minimum trois (03) ans de travail sont nécessaires pour pouvoir postuler au premier prix décerné par le JIPM.

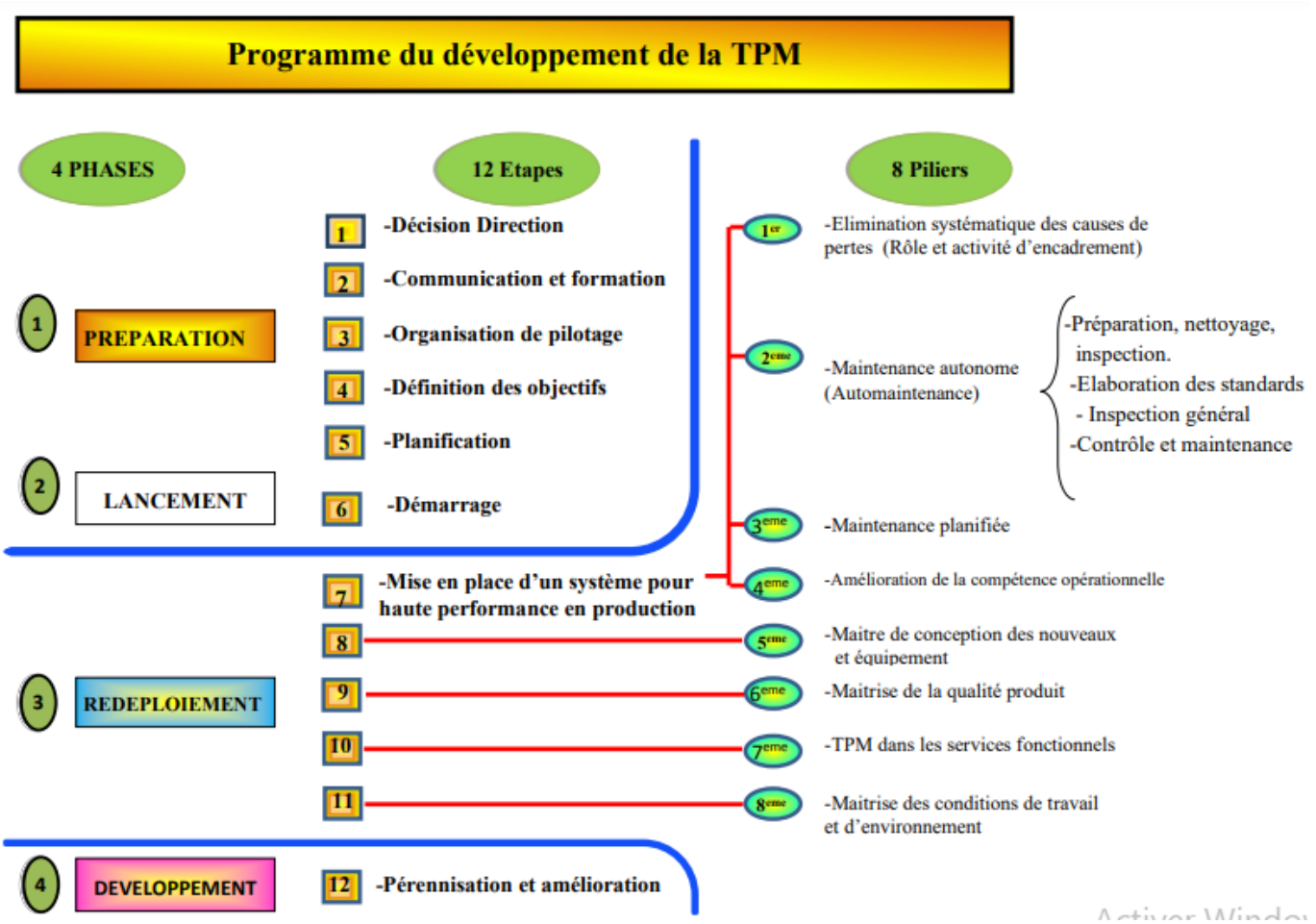


Figure 1.4: programme de développement de TPM [13]

1.5 la TPM à l'échelle internationale

Partant du Japon, la TPM s'est logiquement imposée dans les pays avoisinants, principalement dans les nouveaux pays industrialisés tels que la Corée, Singapour, Taiwan, Hong Kong, où la recherche d'une meilleure performance des équipements est une préoccupation constante. Ces pays se concentrent principalement sur la production de masse

en raison de la demande élevée, ce qui signifie que les équipements doivent fonctionner à leur capacité maximale pour éviter des pertes coûteuses.

Les pays occidentaux ont rapidement dû trouver de nouvelles méthodes de gestion et d'organisation pour rester compétitifs face à cette concurrence sur le marché mondial. Les entreprises ont peu à peu commencé à s'intéresser à la TPM à la suite de missions d'observations effectuées au Japon.

Les entreprises qui ont été les premières à adopter la démarche TPM sont principalement les grandes entreprises utilisant un mode de fabrication en processus continu. Les secteurs les plus intéressés au départ par la TPM étaient la sidérurgie et la construction automobile, où la gestion de la production se fait de manière continue. Les résultats de l'application de la TPM dans des entreprises renommées telles que Sollac ou Citroën, Kodak, Matra ou Renault ont contribué à diffuser le concept au-delà de ces secteurs industriels.

1.6 La TPM en Algérie

La démarche TPM a pour enjeu le changement de culture de l'entreprise. On définit principalement ce changement comme l'exigence vis-à-vis de la qualité des équipements et des produits. L'analyse de cette culture d'entreprise explique la sous-utilisation et les difficultés rencontrées dans la mise en œuvre de la TPM dans les entreprises algériennes. Donc, si on veut bénéficier des avantages de cette méthode, il est nécessaire de prendre en compte le contexte socioculturel de l'entreprise algérienne.

1.6.1 Définitions de la culture d'entreprise

Chaque entreprise a une personnalité représentée par son identité et sa culture, cette culture correspond à l'ensemble des comportements, des valeurs (par exemple : l'engagement, l'entraide, la bienveillance, le respect, etc.), des traditions, des symboles et des normes propres à chaque entreprise. Ce sont toutes ces choses qui la caractérisent et la rendent unique. Cette identité va conduire les membres composant l'entreprise (Dirigeants, personnel) à partager un certain nombre de valeurs, à agir de façon semblable, à réagir de manière analogue face à des opportunités ou des menaces, à avoir des comportements similaires dans la vie quotidienne de l'entreprise.

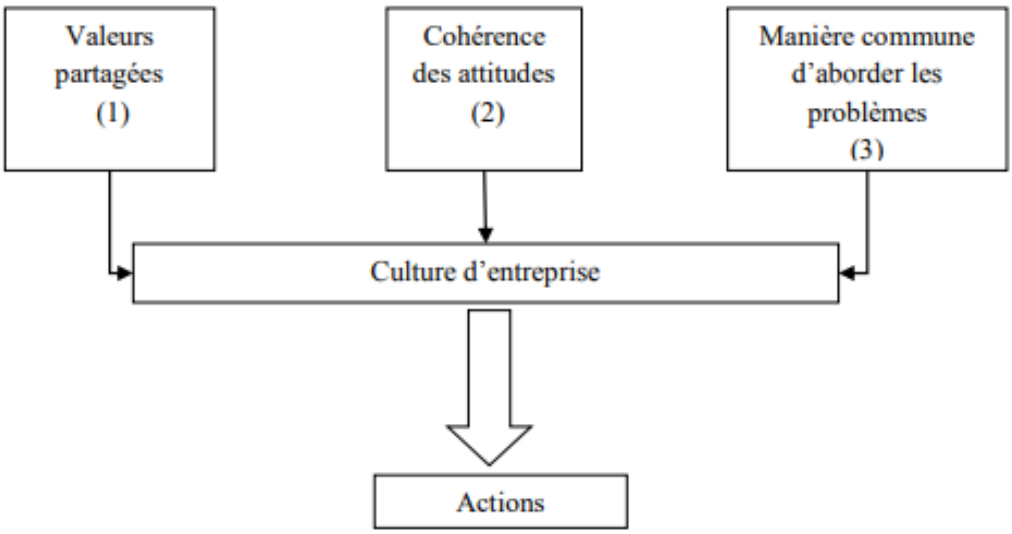


Figure 1.5: La culture de l'entreprise [13]

1.6.2 Quelques pratiques pour diminuer l'influence négative de la culture d'entreprise sur le succès de la TPM

Les méthodes anciennes sont inadaptées à la mouvance économique, technologique et concurrentielle. Il faut donc en expérimenter d'autres. La maintenance appartient à ce champ expérimental, voici quelques pratiques pour cela :

- Le passage de la maintenance traditionnelle où chaque travailleur peut décider ou influencer le bon déroulement des tâches à une maintenance structurée moderne autour d'une fonction « méthodes » forte.
- Récompenser les comportements souhaitables : les managers doivent encourager et récompenser les comportements souhaitables pour renforcer la culture de la TPM. Il peut s'agir de célébrer les réussites, donner des primes, offrir des avantages supplémentaires, ou simplement dire "merci" et féliciter les employés pour leur travail.
- Impliquer les employés : impliquer les employés dans la mise en œuvre. Les employés doivent être impliqués dans la mise en œuvre de la TPM pour qu'ils se sentent investis dans le processus. Les managers peuvent organiser des groupes de travail pour discuter des problèmes et des solutions, et pour mettre en place des plans d'action.
- Formation du personnel (maintenance et production) : la formation est essentielle pour aider les employés à comprendre les nouvelles pratiques et comportements attendus. Les managers peuvent organiser des formations en interne ou faire appel

à des consultants externes spécialisés.

Le processus de mise en œuvre de la TPM peut prendre du temps. Il est important d'être patient et persévérant. Les employés peuvent avoir besoin d'un temps d'adaptation pour intégrer les nouvelles pratiques et comportements dans leur quotidien de travail. Mais en appliquant ces pratiques, nous pouvons contribuer à diminuer l'influence négative de la culture d'entreprise sur le succès de la TPM, voire même la changer à long terme, et à créer un environnement de travail plus efficace, collaboratif et performant.
Du coup, on a proposé une démarche pour la conduite du changement qui comporte six (06) phases :

1. Analyser la culture actuelle : commencez par étudier en détail ce qui caractérise votre culture actuelle, ses effets positifs et négatifs sur l'entreprise et les employés, et de quelle manière elle peut être adaptée à vos ambitions ou à la nouvelle situation (économique, concurrentielle, écologique, etc.) de votre organisation.
2. Définir la nouvelle vision : ensuite, élaborez les bases de votre nouvelle culture d'entreprise. Définissez la nouvelle vision de l'entreprise ainsi que les valeurs et les comportements que vos collaborateurs doivent adopter. Déterminez comment ils doivent interagir entre eux et avec l'extérieur (clients, fournisseurs, partenaires, etc.). Pour garantir une bonne compréhension à l'ensemble de votre personnel, illustrez chaque valeur avec le type de comportements et d'actions attendus au quotidien, et cela pour chaque niveau hiérarchique (secrétariat, management, direction).
3. Expliquer les raisons du changement : il s'agit d'une étape indispensable de toute conduite du changement. Pour faciliter l'acceptation d'un changement, quel qu'il soit, il est essentiel d'en expliquer les raisons. En imposant un changement de culture à vos employés sans leur expliquer pourquoi, ils risquent de s'y opposer vivement. Prenez donc le temps de justifier votre projet et de mettre en place une communication interne pour indiquer ce qui va changer et répondre aux éventuelles questions de vos salariés.
4. Montrer l'exemple : parfois, le changement de culture découle d'un changement d'état d'esprit du dirigeant de l'entreprise qui embrasse naturellement de nouvelles valeurs et modifie son comportement. Mais lorsqu'une nouvelle culture est adoptée pour mieux répondre au marché, le dirigeant, son équipe et les managers doivent montrer l'exemple en étant les premiers à incarner cette nouvelle culture d'entreprise et en adaptant les nouvelles valeurs et les nouveaux comportements. Cette attitude encouragera les salariés à les suivre.
5. Former le personnel à la nouvelle culture : une fois que la direction et le management

ont adopté la nouvelle culture d'entreprise, vous devez organiser des formations pour le reste du personnel afin qu'ils comprennent ce que vous attendez d'eux : quels comportements ils doivent adopter, quels sont les nouveaux processus, quelles valeurs ils doivent défendre, etc. Ainsi, les choses sont claires et rien n'est laissé à l'interprétation personnelle. C'est le meilleur moyen de garantir que l'adoption de votre nouvelle culture d'entreprise soit une réussite.

6. Mesurer les efforts réalisés : quelles que soient les raisons qui vous ont poussé à changer la culture de votre entreprise (augmentation du chiffre d'affaires, meilleur engagement des salariés, amélioration de l'expérience client, etc.), il est important de pouvoir mesurer régulièrement les progrès réalisés. Pour cela, mettez en place des indicateurs ainsi que des enquêtes de satisfaction, et observez les comportements de vos salariés afin de savoir s'ils correspondent aux normes de votre nouvelle culture. Ainsi, vous saurez concrètement si le changement de culture a porté ses fruits.

1.7 Obstacles et défis de la mise en œuvre du TPM dans les industries manufacturières

Un bon nombre d'industries manufacturières, comme au Japon, USA ont jusqu'à présent mis en œuvre avec succès un programme de TPM dans le cadre de leur démarche visant à atteindre la perfection dans la fabrication et ont obtenu des résultats impressionnants en matière d'amélioration de la qualité des produits et de la productivité. Cependant, dans le même temps il existe de nombreuses autres industries manufacturières, comme en Inde, Malaisie, Algérie et pas mal des payes où la TPM n'a pas pu être mise en œuvre avec succès en raison de plusieurs facteurs et en raison de nombreux obstacles ou problèmes.

Les obstacles, les problèmes ou les questions qui font obstacle à la réussite de la mise en œuvre de la TPM et empêcher l'avancement du ce projet dans les industries manufacturières peuvent être classés et divisés en trois catégories principales au cour du processus de mise en œuvre du TPM.

Problèmes organisationnels au stade de la fondation

1. Le style de management : (TOP MANAGMENT) La direction générale doit encourager et être enthousiaste, la participation et l'implication de chaque employé, de la direction jusqu'aux opérateurs. La direction doit également s'assurer de la participation active de tous les employés des différents départements/sections tels que les

concepteurs d'équipements, les opérateurs d'équipements et les experts/travailleurs de la maintenance.

2. Engagement de la direction en matière de ressources, de temps et d'argent : La direction s'engage à allouer tous les ressources, le temps et l'argent nécessaires à la mise en œuvre du programme TPM, celui-ci à peu de chances de réussir. La direction doit être préparée et prête à engager les ressources adéquates, temps et l'argent nécessaires à un programme TPM. L'engagement de la direction envers la mise en œuvre de la TPM se présente sous la forme de temps des opérateurs, ainsi que d'un soutien financier et infrastructurel qui amène l'équipement dans un meilleur état de fonctionnement.
3. Culture des relations de travail : la direction ne doit pas introduire de TPM dans son organisation s'il existe un degré élevé de conflit entre les syndicats et la direction, ou s'il existe des façons de méfiance entre les employés et la direction. Les conflits entre les employés et la direction sont très courants dans de nombreuses industries. Ainsi, avant d'adopter un programme TPM, il convient de résoudre le conflit existant entre les différentes parties de la structure de l'entreprise et de développer la confiance des employés dans la direction.

Problèmes de mise en œuvre de la TPM au stade de la formation

Les problèmes relatifs à la mise en œuvre de la TPM comportent sur l'aspect de la formation de cellules TPM et le lien structurel de la cellule TPM avec la direction générale et les autres départements. Même si l'organisation est prête à mettre en œuvre le programme TPM, le programme peut échouer si la procédure de mise en œuvre du programme TPM est inefficace. Afin d'éviter cette situation, on a proposé les solutions suivantes :

1. Établir une structure de base appropriée pour commencer à faire les premiers pas de l'implémentation de la TPM (Totale Productive Système).
2. Chaque groupe de machines similaires ou de machines dans la même zone fonctionnelle ou le même centre de travail doit former une cellule TPM afin d'augmenter la fluidité d'information.
3. Si la cellule TPM inclut des machines qui ne sont pas vraiment importantes pour le processus de production, cela peut entraîner une perturbation du processus de production, donc cette situation est à éviter.
4. La performance de la cellule et la résolution de problèmes pour une amélioration continue s'appuie sur l'esprit de l'équipe. De plus, chaque opérateur membre de la

cellule TPM doit s'occuper de la maintenance et de la performance de son propre équipement. Et, en même temps, agir en tant que membre de l'équipe ou de la cellule qui est responsable de l'avancement du projet, quelle que soit la nature de son rôle, qu'il soit un contributeur important et efficace ou secondaire.

5. Le service maintenance intervient comme spécialistes pour les tâches les plus complexes. Ils occupent par la formation des opérateurs (pilier 7), ils gèrent les groupes TPM, la rédaction des plans de maintenance préventive (pilier 3 – maintenance planifiée), la rédaction des guides d'intervention pour les opérateurs (maintenance autonome).

Problèmes opérationnels au stade de l'exécution de la TPM

Une fois que la TPM a été mise en œuvre, ses exigences opérationnelles doivent être prises en charge pour le succès autonome du programme. L'un des plus grands changements dans la façon de penser doit se produire dans le domaine des systèmes de mesure de la fabrication. La nature humaine pousse les gens à faire les choses pour lesquelles ils sont récompensés positivement et à s'éloigner des choses pour lesquelles ils peuvent être punis. Si vos systèmes de mesure récompensent les opérateurs pour le nombre de pièces qu'ils exécutent, leur tendance sera de faire tourner les machines aussi vite et aussi fort que possible. Si, cependant, les critères du système de récompense étaient modifiés pour refléter un ensemble de valeurs qui traduisent la préoccupation de la direction pour la qualité et la fiabilité du processus, il y aurait un changement significatif dans la façon dont les opérateurs sont perçus.

Même après la mise en œuvre correcte d'un programme TPM, dans de nombreux cas, il a été observé que pendant le déroulement du programme, les résultats escomptés ne sont pas atteints. Ces problèmes ne provoquent pas toujours l'échec pur et simple de la TPM, mais ils peuvent limiter son succès et son efficacité à long terme ou parfois contribuer à son échec. Mais ils peuvent limiter son succès et son efficacité à long terme. Si la direction est consciente de ces problèmes anticipés et qu'elle s'en occupe, il est plus probable que le programme de TPM soit un succès.

Voici quelques recommandations pour une mise en œuvre réussie de la TPM :

— Sur les premiers temps, les opérateurs sont chargés de tâches de maintenance de premier niveau (nettoyage, lubrification, etc.), autrement dit, les opérateurs sont responsables de leurs machines.

— Pour une bonne pratique de la TPM, il est bien de mettre pour chaque pilier dans lesquels on veut le concrétiser un responsable et d'organiser des réunions hebdomadaires pour voir l'état d'avancement de chacun.

— Pour que la TPM soit efficace, on doit avoir des équipements pas très complexes afin de pouvoir développer le pilier 2 (maintenance autonome).
— Avoir des opérateurs de production et des techniciens de maintenance très compétents.
— Pour la maîtrise de la qualité (pilier 6), on doit avoir des équipements qui ne subissent que des détériorations naturelles, donc on doit éliminer les causes de défaillance imprévues.
— Le succès de la TPM est indépendant de la taille de l'entreprise, vu que le personnel dédié à l'exécution de la TPM augmente avec l'augmentation de la taille de l'entreprise.

1.8 Conclusion

En conclusion, ce chapitre présente un aperçu sur l'application de la TPM et quelques stratégies de la maintenance état de l'art sur la maintenance industrielle, la productivité, le lean manufacturing et la TPM. Il explore les différents types de maintenance, met en évidence l'importance du choix de la stratégie de maintenance et présente la TPM comme une approche proactive pour maximiser la productivité des équipements. Une étude sur l'application de la TPM à l'échelle internationale et en Algérie est également examiné. Ce chapitre constitue une base pour la mise en œuvre pratique de la TPM.

Chapitre 2

Analyse de la situation actuelle

2.1 Introduction

Ce chapitre se concentre sur l'analyse de la situation actuelle de l'entreprise dans le contexte de l'optimisation de la productivité par le biais de la mise en œuvre de la TPM (Total Productive Maintenance). Cette section vise à examiner de manière détaillée les éléments clés de l'entreprise qui ont un impact sur sa productivité. Nous explorerons la méthodologie utilisée pour collecter et analyser les données pertinentes. L'objectif de cette analyse est d'établir un diagnostic initial de l'état de l'entreprise en identifiant les principales sources de pertes en termes de Taux de Rendement Synthétique (TRS), en mettant particulièrement l'accent sur les performances de la ligne de production de polystyrène.

2.2 Présentation de l'organisme d'accueil

2.2.1 Présentation d'IRIS

L'entreprise IRIS, anciennement connue sous le nom de Saterex, est spécialisée dans la fabrication de produits électroniques, électroménagers, pneumatiques et de téléphonie. Tout a commencé en 2004, lorsque cette entreprise algérienne a été fondée. Depuis lors, IRIS a connu une croissance spectaculaire : partant d'un effectif de sept employés il y a 10 ans, elle représente aujourd'hui près de 20% du marché de l'électroménager en Algérie et multiplie les projets d'innovation et de diversification.

Au fil des quinze dernières années, IRIS est devenue un précurseur dans l'industrie de l'électronique grand public et de l'électroménager, et occupe une position incontestable en tant que leader du marché des télévisions. Ce pôle industriel construit par IRIS

a diversifié ses activités et élargi son portefeuille, passant des électroménagers aux composants électroniques complexes, et même au secteur pneumatique. Cette diversification sur des marchés distincts est un succès phénoménal qui ne doit rien au hasard, mais qui repose sur des fondements solides tels que la persévérance, l'ambition, une politique de prix agressive et une fiabilité reconnue. De plus, IRIS dispose d'un personnel de qualité, formé aux nouvelles technologies, qui contribue à cette réussite.

2.2.2 fiche technique d'IRIS

Raison sociale	Entreprise de production
Forme juridique	EURL
Nom de marque	IRIS
Logo	IRIS SPA
Date de création	2004
Pays d'origine	Algérie
Secteur d'activité	Electroménager ; pneumatiques, électronique
Effectifs	Plus de 4000 employés
Point de vente	Plus de 50 points de vente, près de 50 points de centre après-vente (SAV)
Chiffre d'affaire	30 milliards DA en 2018
Siege	Zone d'activité, tranche n°4. Lot n°9 Sétif, 19000Algérie
Site web	www.iris.dz

Figure 2.1: fiche technique d'IRIS

2.2.3 Organigramme de l'entreprise d'IRIS

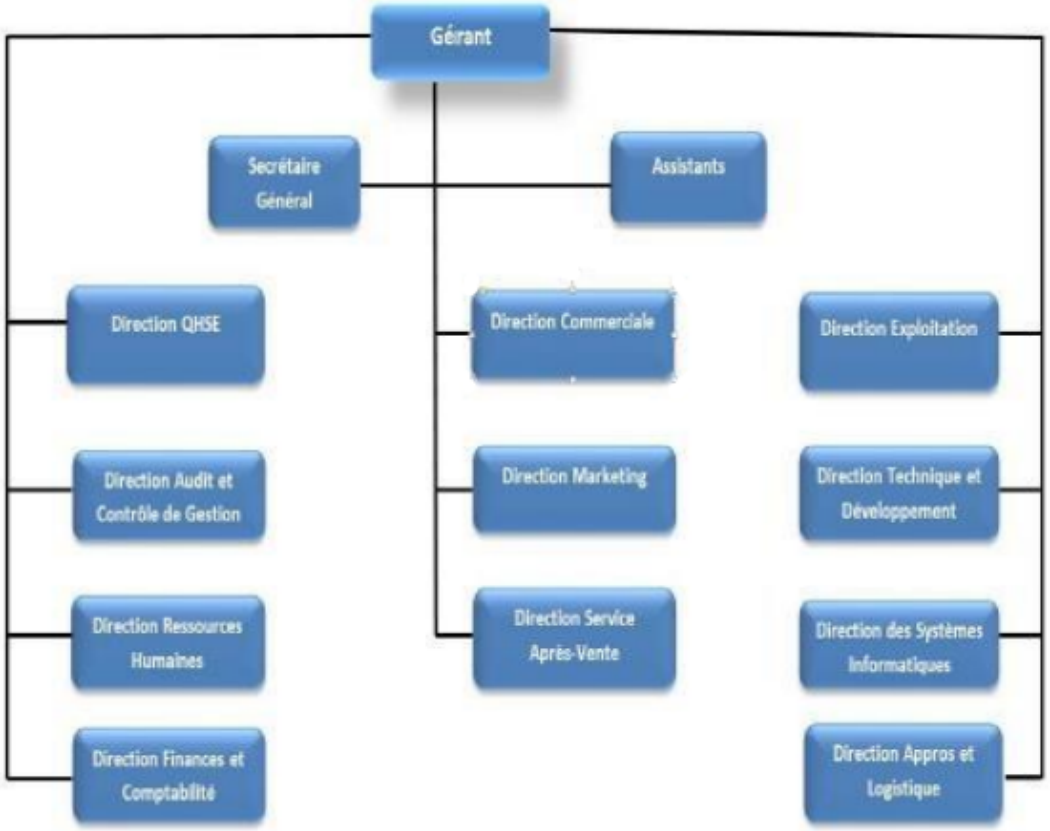


Figure 2.2: Organigramme de l'entreprise d'IRIS

2.3 Élaboration d'un diagnostic initial sur l'état de l'entreprise

2.3.1 Analyse rétrospective des interventions de maintenance : Un regard approfondi sur l'historique

En se basant sur l'historique des interventions de maintenance de l'année de 2022, nous avons réalisé un diagnostic approfondi de l'état de la maintenance au sein de l'entreprise.

2.3.1.1 Classification ABC des temps d'arrêt

La méthode ABC, également connue sous le nom de diagramme de Pareto, a été utilisée pour classer les temps d'arrêt en fonction de leur importance relative.

Définition : Le diagramme de Pareto est un outil statistique qui permet d'identifier l'importance relative de chaque catégorie dans une liste d'enregistrements, en comparant

leur fréquence d'apparition. Un diagramme de Pareto est mis en évidence lorsque 20% des catégories produisent 80% du nombre total d'effets. [15]

Objectif : L'objectif de cette méthode est de suggérer objectivement un choix, c'est-à-dire classer par ordre d'importance les éléments (produits, machines, pièces, etc.) à partir d'une base de connaissances d'une période antérieure (historique de pannes par exemple). Les résultats se présentent sous la forme d'une courbe appelée courbe ABC, dont l'exploitation permet de détecter les éléments les plus significatifs du problème à résoudre et de prendre les décisions permettant sa résolution. [16]

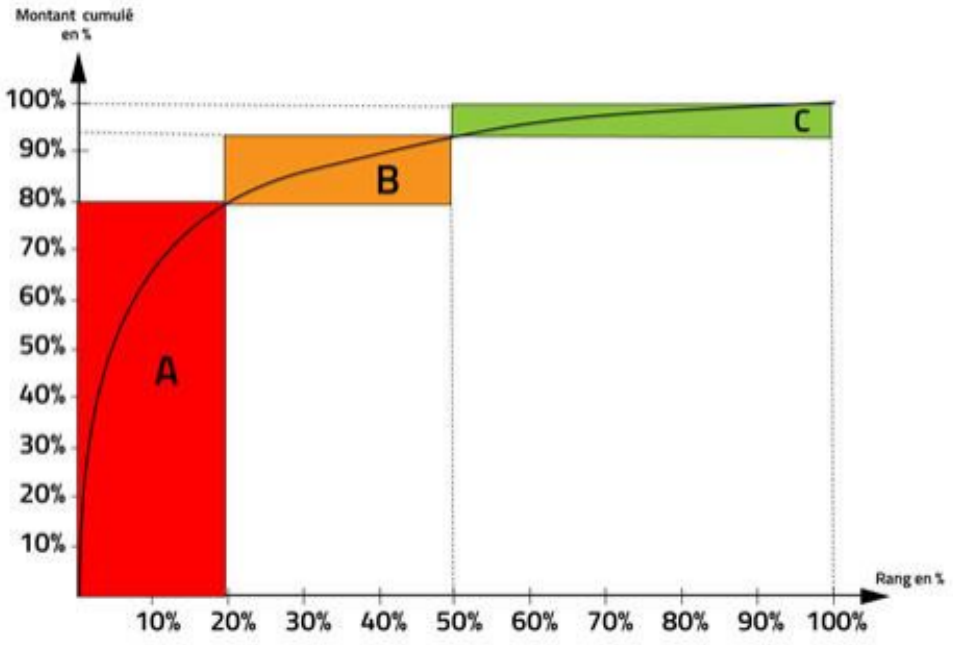


Figure 2.3: i
llustration de principe de classification ABC

Dans notre cas, nous avons classé les machines en fonction de leur temps d'arrêts annuels pendant l'année 2022 en utilisant la méthode de classification ABC.

— Pour calculer le temps d'arrêts de chaque machine, nous avons sommé les temps d'arrêts de chaque intervention qui a eu lieu en 2022.

— Ensuite, nous avons effectué une classification ABC des temps d'arrêts des machines en nous basant sur la loi de Pareto. Voici les résultats obtenus :

	Machine code	Work downtime	Cumulative Percentage Work downtime	ABC Classification
0	CEM-eps-004	6480.030278	0.080415	A
1	CEM-lig-001	1491.272222	0.474178	B
2	CEM-tol-028	1458.000000	0.492271	B
3	CEM-tol-003	1087.429167	0.583348	B
4	CEM-Ligne 01	1073.120556	0.596665	B

Tableau 2.1: classification ABC des temps d'arrêts

— Voici une illustration de cette classification en utilisant un graphique en barre :

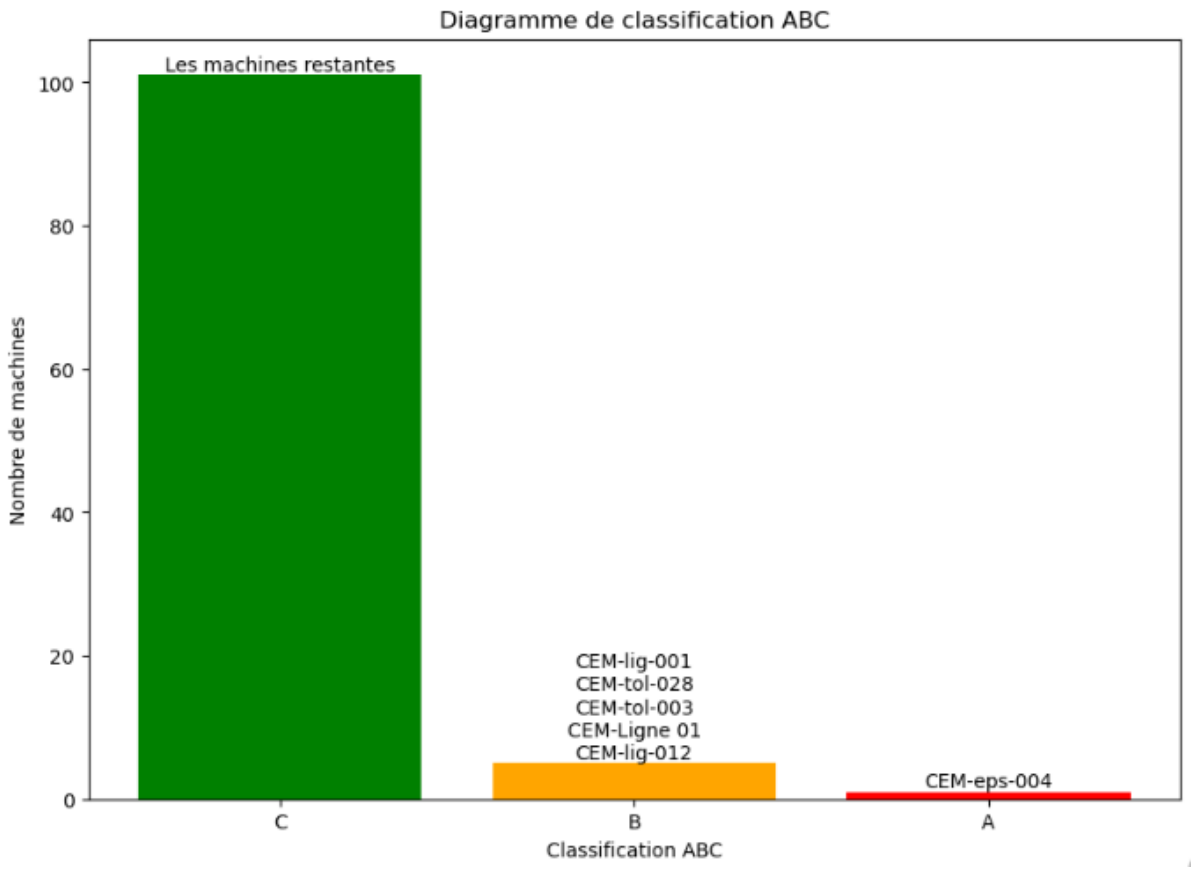


Figure 2.4: classification ABC des temps d'arrêts des machines en graphique en barre

Cette classification nous a permis de classifier les machines en termes de temps d'arrêt et de concentrer notre attention sur celles qui contribuent à 80 % le plus aux pertes de

productivité (la ligne de polystyrène EPS 04).

2.3.1.2 Calcule de disponibilité moyenne

La disponibilité technique sur un intervalle de temps donné peut-être évalué par les rapports suivants : [17]

$$D = \frac{\text{Temps de bon fonctionnement}}{\text{Temps requis}} \tag{2.1}$$

Dans notre cas, on peut la calculer en se basant sur l'historique existant de la manière suivante :

— Temps requis = temps d'ouverture d'usine - temps des arrêts programmés

— Temps de bon fonctionnement = temps requis - temps des arrêts non programmés

Donc, la disponibilité se calcule comme suit :

$$D = \frac{\text{temps d'ouverture d'usine - temps des arrêts programmés - temps des arrêts non programmés}}{\text{temps d'ouverture d'usine - temps des arrêts programmés}} \tag{2.2}$$

— en se basant sur ces formules théoriques, voici le tableau des disponibilités des machines du parc d'équipements de l'entreprise classifié par ordre croissant :

	Machine code	disponibilite_par_machine
0	CEM-eps-004	0.261811
1	CEM-lig-001	0.829763
2	CEM-tol-003	0.875884
3	CEM-Ligne 01	0.878009
4	CEM-lig-012	0.913470

Tableau 2.2: classification ABC des disponibilités des machines

Voici un graphique en barres illustrant les niveaux de disponibilité des machines les moins élevés :

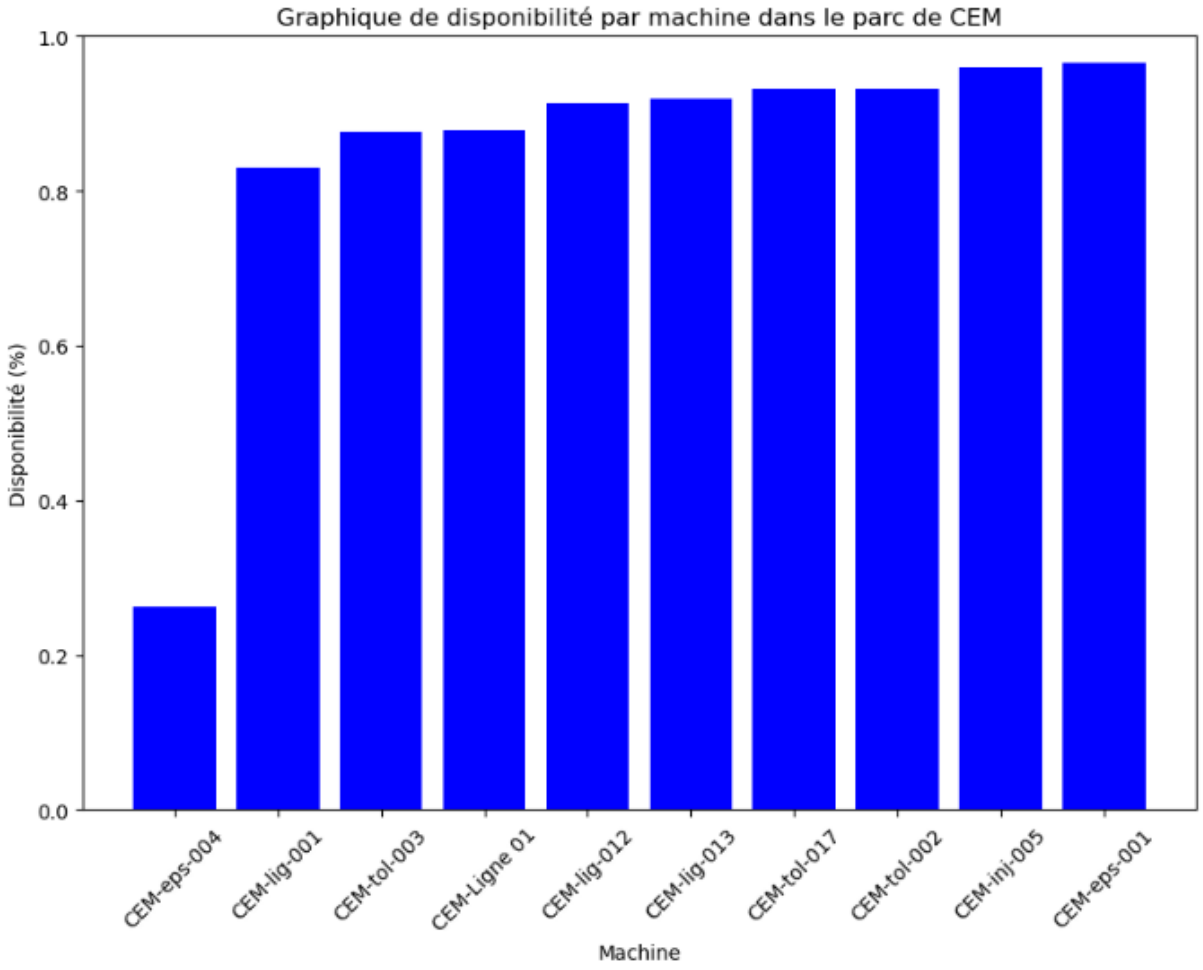


Figure 2.5: disponibilités des machines en graphique en barre

on remarque ici que la ligne de production de polystyrène CEM-EPS-004 a la disponibilité la plus faible. Cette observation suggère que la ligne de production CEM-EPS-004 rencontre probablement des problèmes techniques, des pannes fréquentes ou d'autres problèmes opérationnels qui réduisent sa capacité à fonctionner de manière optimale. En conséquence, cela a un impact direct sur la quantité de polystyrène produit, entraînant une perte de production significative.

2.3.1.3 Calcul du taux de défaillance

Le taux de défaillance λ est défini par l'expression mathématique suivante, à travers un calcul de probabilité :

$$\lambda = \frac{\text{nombre total de défaillances pendant la période de service}}{\text{durée totale de bon fonctionnement}}$$

On peut également l'exprimer par une expression physique. Il caractérise la vitesse de variation de la fiabilité au cours du temps. [15]

ce tableau représente les taux de défaillance des machines du parc d'équipements de l'entreprise classifié par ordre décroissant :

	Machine code	Taux de défaillance (%)
0	CEM-eps-004	1.140386
1	CEM-uti-002-003	0.398816
2	CEM-inj-005	0.321584
3	CEM-inj-002	0.275543
4	CEM-eps-001	0.274426

Tableau 2.3: Taux de défaillance des machines en graphique en barres

Voici un graphique en barres illustrant les taux de défaillance des machines les plus élevés :

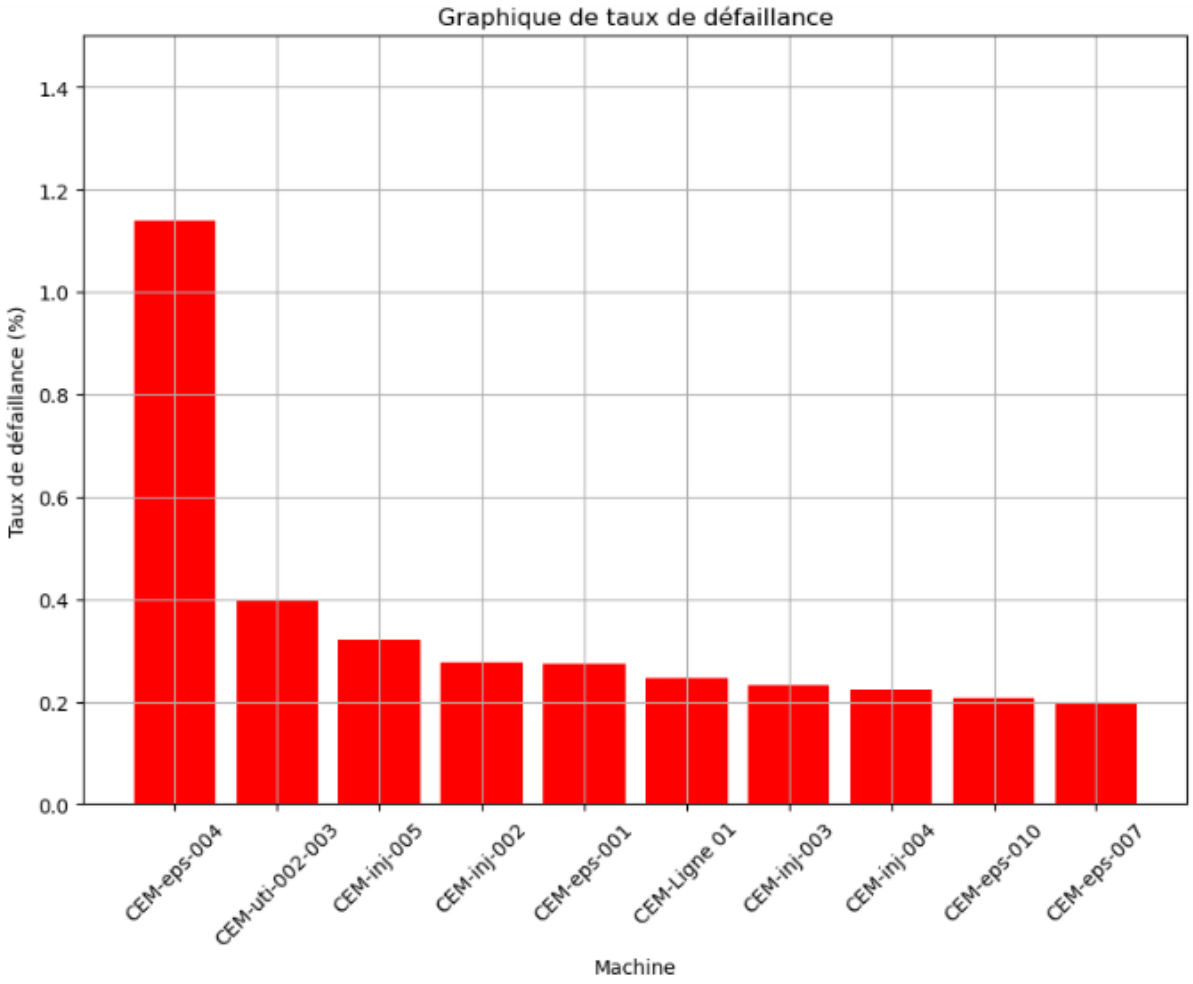


Figure 2.6: taux de defaillance par machine en graphique en barre

Nous avons observés que la ligne de production CEM-EPS-004 présente le taux de défaillance le plus élevé, ce qui entraîne une perte de production importante.

2.3.1.4 Calcule de la réactivité en maintenance

La réactivité en maintenance est une mesure qui évalue la capacité d'une équipe de maintenance à réagir rapidement et efficacement aux pannes et aux arrêts de travail. Elle est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$\text{RM} = 1 - \left(\frac{\text{somme des temps d'arrêt de travail} - \text{somme des heures de travail}}{\text{somme des temps d'arrêt de travail}} \right) \quad (2.3)$$

Dans cette formule, la somme des temps d'arrêt de travail représente la durée totale des pannes et des interruptions de production, tandis que la somme des heures de travail représente la durée totale pendant laquelle l'équipe de maintenance a effectivement travaillé pour résoudre les problèmes.

Un score de réactivité élevé indique une bonne capacité de l'équipe de maintenance à minimiser les temps d'arrêt et à intervenir rapidement pour rétablir la production. En revanche, un score de réactivité faible suggère des retards ou des inefficacités dans la résolution des problèmes de maintenance. [18]
Dans notre cas, **La réactivité en maintenance : 4.92%**
Cela indique que le temps de réponse et d'intervention face aux problèmes de maintenance est relativement lent. Une réactivité plus élevée serait souhaitable pour minimiser les temps d'arrêt et maintenir un niveau de production optimal. Des mesures pour améliorer la réactivité en maintenance pourraient être envisagées afin d'optimiser l'efficacité et la disponibilité des équipements.

2.3.2 Analyse des données de production de la ligne polystyrène

En nous basant sur le programme de production du mois de mai 2023, nous avons effectué un diagnostic afin d'évaluer la performance de cette ligne. Étant donné que cette ligne est critique pour l'entreprise et qu'elle supporte une charge de production très élevée, il est donc essentiel d'évaluer son niveau de performance.

2.3.2.1 Calcule de performance

Cet indicateur mesure la performance en termes de production réelle par rapport à la capacité maximale théorique de la machine.

$$\text{Performance} = \frac{\text{Production réelle}}{\text{Production maximale théorique}} \tag{2.4}$$

La production réelle correspond à la quantité réelle de produits fabriqués par la machine, tandis que la production maximale théorique représente la capacité maximale attendue de la machine dans des conditions idéales.
dans notre cas on a l'historique de production de la ligne de production polystyrène, donc on vas calculer la performance mensuelle de cette machine dans le tableau suivant :

	Model	total transfer	total retour	total rebut	totale production	production maximale	taux de rebuts
0	HAUT POLYSTYRENE MLV IWS128F1	5376	0	311	5687	9200	0.054686
1	Bas MLV 12KG EMB Plast	5412	0	285	5697	9800	0.050026
2	Support Moteur MLV 12KG EMB Plast	5428	0	144	5572	7020	0.025844
3	Papillon MLV 12KG EMB Plast	5428	0	131	5559	8340	0.023565
4	Haut MLV 14 KG EMB Plast	1319	0	103	1422	2600	0.072433

Tableau 2.4: Historique de production de la ligne de polystyrène

La performance de la machine est : 79.40 %

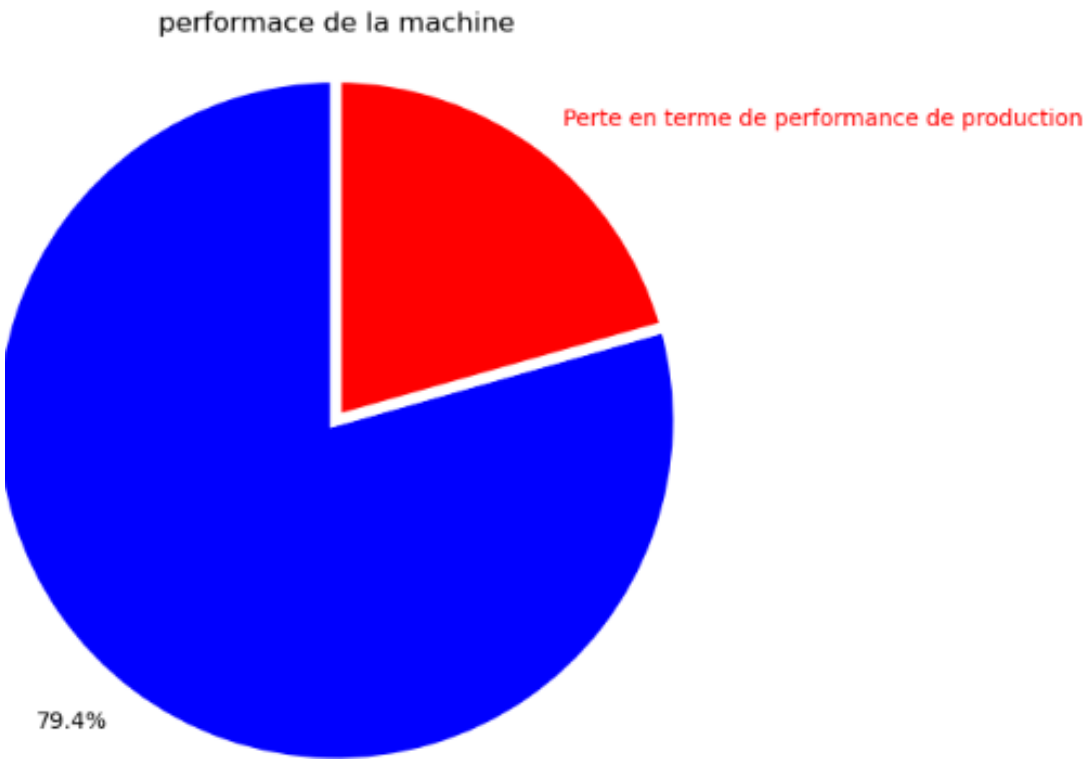


Figure 2.7: Taux de performance de production de la ligne de polystyrène

on remarque que le taux de perte en performance de 20,6 % est significatif, ce qui suggère qu'il existe encore des opportunités d'amélioration pour réduire les pertes et augmenter davantage la performance globale. Une analyse plus approfondie des causes de ces pertes peut aider à identifier les domaines spécifiques nécessitant une attention particulière pour optimiser l'efficacité et les rendements.

2.3.2.2 Calcule de Taux de Qualité

Cela évalue la conformité des produits fabriqués par la machine aux normes de qualité définies. La qualité peut être calculée comme suit :

$$\text{Qualité} = \frac{\text{Produits conformes}}{\text{Production réelle}} \tag{2.5}$$

Les produits conformes désignent la quantité de produits fabriqués qui répondent aux critères de qualité spécifiés.
donc on vas calculer Le taux de qualité mensuelle de cette machine :
Le taux de qualité de la machine est : 95.35 %



Figure 2.8: Le taux de qualité de la ligne de polystyrène

Il est important de noter que le cercle représente un taux de perte en qualité de 4,65%. Bien que relativement faible, cela indique qu'il existe encore une marge d'amélioration pour réduire davantage les pertes et les défauts de qualité. Des efforts supplémentaires peuvent être nécessaires pour identifier et corriger les problèmes sous-jacents afin d'amé-

liorer encore la performance globale en matière de qualité.

2.3.3 Évaluation du taux de rendement synthétique TRS

Le TRS est un indicateur puissant pour évaluer l'efficacité d'un équipement de production.
Pour identifier les domaines d'amélioration potentiels de la performance de la machine de production de polystyrène EPS04 en calculant ce indicateur en multipliant les trois facteurs mentionnés ci-dessus : disponibilité x performances x qualité.
mathématiquement, cela peut être représenté comme suit :

$$\text{TRS} = DISPONIBILITE \times PERFORMANCE \times QUALITE \tag{2.6}$$

TRS = 0.26 x 0.79 x 0.95
TRS = 0.19513 = 19.51%
Un TRS de 19,51%, indique que l'efficacité globale de cette ligne est faible. Cela signifie que sur le temps total disponible, seulement 19,51% ont été utilisés de manière productive, ce qui laisse une marge importante pour l'amélioration.

2.4 Étude technique sur la machine de moulage de forme en polystyrène

Cette machine est composée de deux parties principales : la presse d'injection et la machine d'expansion de polystyrène :
1- Machine d'expansion de polystyrène :
La machine d'expansion de polystyrène est utilisée pour produire les blocs de polystyrène expansé (EPS) à partir de billes de polystyrène. Voici comment fonctionne le processus :

- Les billes de polystyrène sont introduites dans la trémie de la machine d'expansion.
- À l'intérieur de la machine, les billes sont exposées à de la vapeur d'eau qui les fait gonfler.
- ensuite, Un réseau de tuyaux est utilisé pour transporter le polystyrène expansé depuis le réservoir de "l'expender" jusqu'à la trémie de la presse d'injection. Ces tuyaux sont conçus pour permettre un transfert sûr et efficace du matériau.

2- Presse d'injection :
La presse d'injection est responsable de l'injection du polystyrène fondu dans un moule pour créer la forme désirée. Voici comment fonctionne le processus :

— Tout d'abord, les granulés gonflées de polystyrène sont introduits dans la trémie de la machine.
— Ensuite, ces dernières sont poussées à travers une vis de dosage (où ils sont chauffés a cause de présence des résistances électriques tout le long de cylindre) vers la partie supérieure de la presse d'injection.
— La presse d'injection est équipée d'un moule qui détermine la forme finale du produit en polystyrène, Le moule est fermé hermétiquement pour éviter les fuites de polystyrène fondu.
— Une fois que le moule est fermé, le polystyrène fondu est injecté dans le moule à haute pression. Cette pression assure un remplissage complet et uniforme du moule.
— Le polystyrène fondu est ensuite refroidi dans le moule pour solidifier et prendre la forme désirée.
— Une fois refroidi, le moule est ouvert et le produit en polystyrène moulé est éjecté. Le processus peut ensuite être répété pour produire d'autres pièces.

2.4.1 Description de la Machine "presse d'injection"

Les presses à injecter sont des machines utilisées dans le processus de fabrication des pièces en polystyrène. Elles sont spécialement conçues pour produire de grandes séries, allant de quelques milliers à plusieurs milliers de pièces. Les principaux matériaux utilisés sont les plastiques et les élastomères.
Une presse à injecter se compose de plusieurs composants essentiels, tels que la buse, le plateau mobile, le plateau fixe, le collier chauffant, la trémie d'alimentation, la vis sans fin, le système d'évacuation, le mécanisme de fermeture et la console. Ces éléments contribuent tous au bon fonctionnement de la presse.
De manière générale, un moule est un outil utilisé dans le processus de transformation. Il contient une cavité qui permet de recevoir un matériau liquide ou semi-liquide, afin de le façonner et d'obtenir un objet selon le dessin préalablement déterminé. Le moulage par injection sur une presse est le principal procédé de transformation des thermoplastiques. Il consiste à ramollir la résine, généralement sous forme de granulés, dans la presse, puis à l'injecter sous pression à travers une buse dans la cavité du moule. Cette technique permet d'obtenir des pièces en plastique de haute qualité et de forme précise. [19]

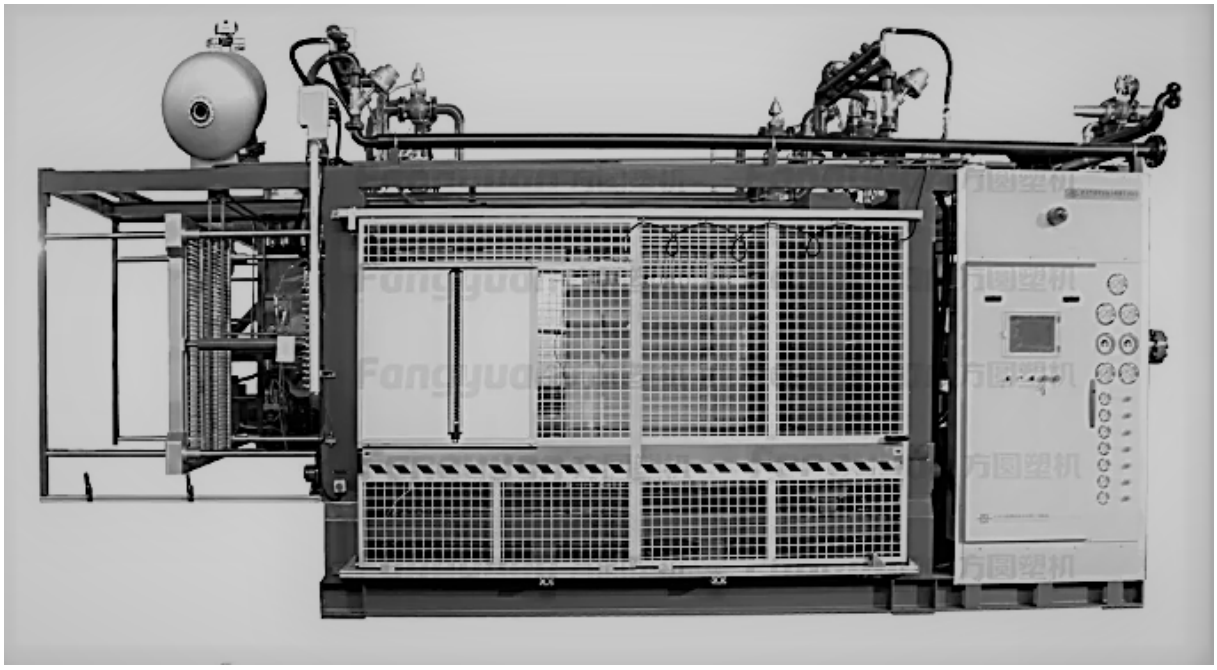


Figure 2.9: La machine d'injection polystyrène

2.4.2 Différentes parties de la presse à injection

Unité d'injection :

L'unité d'injection est responsable de l'échauffement et de l'injection de la matière du polymère dans un moule. La première partie de cette unité est appelée trémie, elle est construite de façon à contenir une grande quantité de granulés de polymère. Pour le fonctionnement de la trémie, on entame un premier processus de l'opération consistant à alimenter la machine en matière première. Une fois le mécanisme de ce système enclenché, on chauffe la matière jusqu'à sa liquéfaction.

Ensuite, on passe à l'injection du polymère liquéfié. La poussée de la matière est réalisée par un arbre appelé vis, avec des gradations de diamètre pour chaque longueur. Cette vis permet d'augmenter la force de poussée de la matière jusqu'au seuil d'injection. Le refroidissement du moule se fait souvent à l'aide d'eau.

La vis de la machine se déplace alternativement selon deux modes : avancement (ou translation axiale) pour augmenter la poussée de matière avec une grande pression. Tout cela est alimenté par un circuit hydraulique, permettant à la matière d'atteindre le seuil d'injection du moule à l'état fondu.

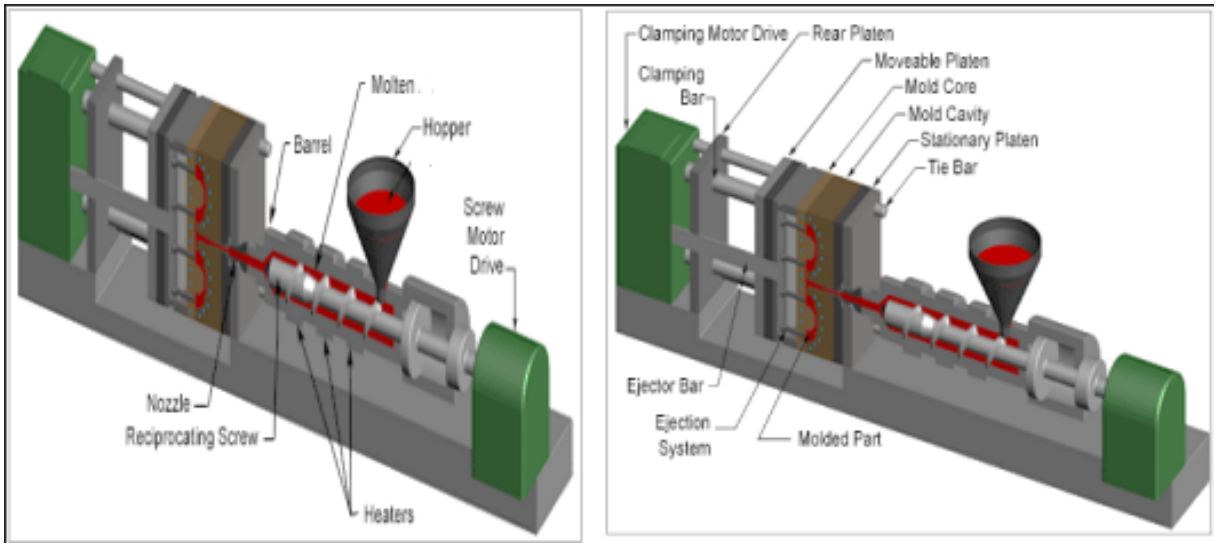


Figure 2.10: illustration de l'unité d'injection plastique

Unité de serrage :

Avant l'injection du polymère dans le moule, il y a deux éléments de serrage intégrés à la machine et qu'il faut prendre en compte afin de réaliser la fermeture du moule, l'un est fixé à l'injecteur, et l'autre mobile et ce afin d'assurer une meilleure fermeture. Les deux plateaux qui en portent le modèle de la forme désirée sont supportés par quatre barres pour assurer le glissement du plateau moule.

Le serrage hydraulique est actionné par un moteur qui pousse le plateau mobile vers le plateau fixe, et exerce suffisamment de force pour maintenir le moule fermé. Après refroidissement, le moule est ensuite ouvert par le moteur de serrage. Le système d'éjection, revient vers l'arrière, arrivé vers le milieu de plateau, il est actionné par la barre d'éjection et pousse la partie solidifiée à la sortie de la cavité ouverte.

Le moule :

La conception du moule influence de manière décisive la qualité de la pièce moulée. L'aspect de la pièce, la résistance mécanique, sa ténacité, ses cotes, sa forme et son cout dépendant de la qualité du moule.

Le corps et la cavité du moule sont chacun montes et partages sur deux parties mobile et fixe. A la fin d'injection du polymère expansé dans la cavité du moule on obtient la pièce sous sa forme finale. Pour l'éjecter, on doit actionner l'arbre d'éjection, qui porte le plateau, cette dernière éjecte la pièce de la cavité de moule en retrouvant sa position initiale.

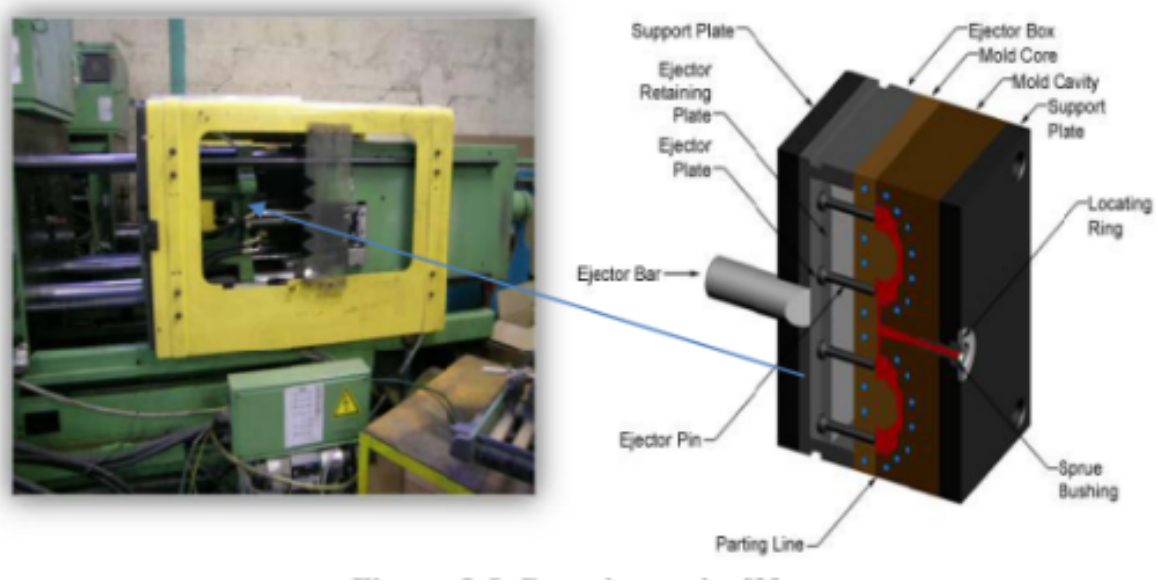


Figure 2.11: description du moule de la machine d'injection plastique

2.4.3 description de la machine d'expansion de polystyrène

les granulés de polystyrène sont acheminés vers une machine d'expansion, également appelée machine de pré-expansion (Expander). dans cette machine, les granulés de polystyrène sont chauffés et soumis à de la vapeur d'eau.la chaleur et la vapeur provoquent l'expansion des granulés, qui se transforment en grande billes de polystyrène expansé. en suivant le cheminement suivant :

1. Alimentation en granulés : Les granulés de polystyrène sont introduits dans la machine d'expansion. Ils peuvent provenir de différentes sources, tels que des sacs de granulés vierges ou du polystyrène recyclé.
2. Chauffage : Les granulés de polystyrène sont chauffés à l'intérieur de la machine d'expansion. Cela peut être réalisé en utilisant des résistances électriques ou un gaz chauffant, selon le type de machine. La température de chauffage est généralement contrôlée de manière précise pour obtenir les meilleures performances d'expansion.
3. Injection de vapeur d'eau : Une fois que les granulés de polystyrène sont suffisamment chauffés, de la vapeur d'eau est injectée dans la machine d'expansion. La vapeur pénètre à l'intérieur de la chambre de pré-expansion où les granulés sont contenus.
4. Expansion des granulés : La chaleur combinée à la vapeur d'eau provoque l'expansion des granulés de polystyrène. Les granulés se transforment en de grandes billes de polystyrène expansé qui sont légères et remplies d'air. La quantité de vapeur

d'eau injectée et la durée d'exposition à la vapeur sont contrôlées pour obtenir une expansion homogène et contrôlée des granulés.

5. Refroidissement et stabilisation : Après l'expansion, les billes de polystyrène expansé passent à travers un système de refroidissement afin de les solidifier et de les stabiliser. Cela permet de prévenir une nouvelle expansion indésirable.
6. Tamisage et classification : Une fois refroidies, les billes de polystyrène expansé peuvent être tamisées pour éliminer les particules indésirables et classifiées en fonction de leur taille. Cela permet d'obtenir des billes de taille uniforme pour répondre aux spécifications requises par les différents utilisateurs.

Après ces étapes, les billes de polystyrène expansé peuvent être utilisées dans une variété d'applications, notamment l'isolation thermique et acoustique, le conditionnement d'emballage, la construction de structures légères, et bien plus encore.



Figure 2.12: Expansion de polystyrène avec expander

2.4.4 Les phases de fabrication de polystyrène

Expansion de la matiere premiere Le processus commence par l'expansion du polystyrène.les granulés de polystyrène sont acheminés vers une machine d'expansion, également appelée machine de pré-expansion (Expander). dans cette machine, les granulés de polystyrène sont chauffés et soumis à de la vapeur d'eau.la chaleur et la vapeur provoquent l'expansion des granulés, qui se transforment en grande billes de polystyrène expansé.



Figure 2.13: La machine d'expansion polystyrène

Emboutissage et formage des pièces Les billes de polystyrène expansé sont ensuite acheminées vers des moules spécifiques pour le moulage et le formage des pièces finales. ces moules peuvent être utilisés pour produire une grande variété de produits en polystyrène expansé, tels que des emballages de protection, des isolants, des pièces de construction, etc. les moules sont généralement fabriqués en acier et peuvent être conçus pour des formes spécifiques en fonction des besoins de production

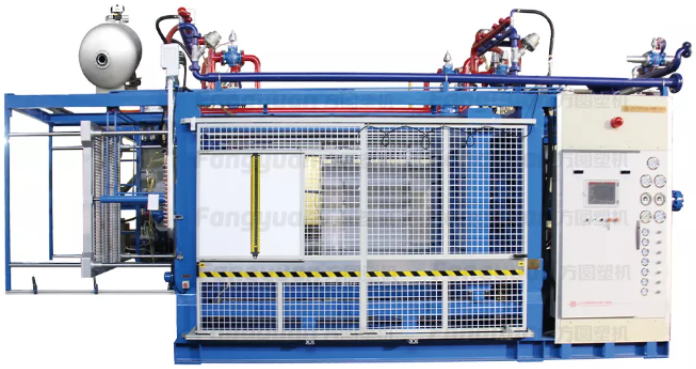


Figure 2.14: La machine d'injection polystyrène EPS04

Arrangement des pièces fini Le processus d'arrangement commence lorsque la pièce est prête à être finalisé. Il se compose de deux étapes d'arrangement distinctes. La première consiste à ramasser les pièces finies après l'emboutissage dans une zone adjacente à l'opérateur. La deuxième étape implique l'arrangement et l'organisation des pièces en polystyrène, puis leur emballage en vue de leur préparation pour l'expédition.

2.4.5 classification des problèmes ou défis de la ligne de polystyrène

Les délais de production :

- Des retards peuvent survenir lorsqu'une certaine quantité de produit doit être fabriquée et livrée au client car le temps et les efforts nécessaires à la fabrication d'une pièce ne sont pas optimisés.

- Le passage d'une série à l'autre peut nécessiter des ajustements importants des machines, des moules, des paramètres de production, etc. cela peut entraîner plus de temps d'arrêt pour effectuer ces modifications et des temps de production plus longs.

Qualité :

- la charge et les gammes de production élevée peut affecter la qualité des produits finis.

- Présence d'impuretés dans la matière première peut influencer sur la qualité du polystyrène final.

Méthode de rassemblement des pièces :

- Assurer un rassemblement précis et fiable des pièces peut être un défi pour assurer la qualité et la durabilité des pièces finis.

Environnement :

- L'élimination inefficace des déchets de polystyrène peut entraîner des problèmes environnementaux et des coûts supplémentaires.

- Les procédés de fabrication du polystyrène peuvent avoir un impact sur l'environnement, tel-que en termes de consommation d'énergie.

2.5 Conclusion

En conclusion de ce chapitre, notre analyse approfondie de la situation actuelle de l'entreprise a clairement identifié la ligne de production de polystyrène comme une source essentielle de pertes en termes de TRS(disponibilité, qualité, performance, taux de défaillance, temps d'arrêts...etc) et de taux de défaillance. Cette constatation met en évidence la nécessité de concentrer nos efforts d'optimisation sur cette ligne spécifique.

Ainsi, en mettant en œuvre la TPM sur cette ligne, l'entreprise peut améliorer sa performance et maintenir sa position concurrentielle sur le marché.

Dans le prochain chapitre, nous explorerons en détail les actions spécifiques que nous prévoyons de mettre en place pour chaque pilier de la TPM et les avantages attendus de ces initiatives.

Chapitre 3

Optimisation des piliers de la TPM en fonction des spécificités du Cas d'étude

3.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous nous concentrons sur l'optimisation des performances de l'entreprise en mettant en œuvre les piliers de la TPM (Total Productive Maintenance). Nous identifions les pistes prioritaires pour cette implémentation, notamment les problèmes de réactivité du service de maintenance, la disponibilité de la machine de moulage de forme en polystyrène EPS-04 et la performance de la ligne de polystyrène.

Nous effectuons une analyse détaillée de l'historique de maintenance de la machine de moulage par injection de polystyrène EPS-04 et appliquons la méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) pour identifier les modes et les causes des défaillances. L'objectif est de proposer une solution basée sur la TPM afin d'augmenter le Taux de Rendement Synthétique (TRS) de cette machine.

Parallèlement, nous utilisons la méthode VSM (Value Stream Mapping) pour évaluer la performance opérationnelle de la ligne de polystyrène. À partir de ces analyses, nous élaborons une solution TPM pour augmenter la performance de cette ligne

3.2 Identification des pistes prioritaires pour l'implémentation de la solution TPM "chasse des pertes"

En se basant sur le premier pilier de la TPM, axé sur l'élimination des pertes, nous avons identifié trois problématiques majeures qui requièrent une attention prioritaire dans le cadre de la mise en œuvre de la solution TPM. Ces problématiques sont des sources de

pertes significatives et seront nos domaines prioritaires d'intervention pour améliorer la performance globale de l'entreprise.

3.2.1 Problème de réactivité de service maintenance

L'analyse des données a révélé un faible taux de réactivité en matière de maintenance, atteignant seulement 4,92%. Cette constatation indique que les défaillances et les problèmes de maintenance ne sont pas traités de manière efficace et rapide. Suite au feedback de chef de service maintenance de maintenance, il est apparu que la faible réactivité est principalement due à un effectif de maintenance insuffisant pour répondre à l'ensemble des demandes d'intervention de l'usine. Pour remédier à cette situation, nous envisageons de mettre en place des procédures de maintenance réactive plus efficaces, notamment en implémentant la stratégie du **maintenance autonome.**
Cette approche permettra de responsabiliser davantage les opérateurs et de décharger l'équipe de maintenance actuelle en leur confiant certaines tâches de maintenance de niveau 1 et 2. Ainsi, nous pourrons améliorer la réactivité et réduire les délais d'intervention, même avec un effectif de maintenance limité.

3.2.2 Problème en disponibilité de la machine de moulage de forme en polystyrène EPS04

L'analyse des indicateurs de performance de la machine EPS04 a révélé des résultats très médiocres en terme de disponibilité, nombre de pannes, MTBF.
Voici le tableau de bord technique de cette machine :

	KPI (unite)	valeur
0	Nombre de pannes de la machine	16.00
1	Taux de maintenance préventive (%)	0.21
2	MTBF (Mean Time Between Failures) (h)	316.56
3	MTTR (Mean Time To Repair)(h)	0.76
4	La réactivité en maintenance (%)	0.30
5	disponibilite (%)	26.18
6	Taux de défaillance (%)	1.14

Tableau 3.1: Tableau de bord de la machine de moulage de polystyrène EPS-04

L'analyse des indicateurs de performance de la machine EPS04 a révélé des résultats très médiocres. Cette machine semble être un point critique dans le processus de production et nécessite une attention immédiate. Pour améliorer la disponibilité de cette machine, il est recommandé de mettre en place des actions correctives ciblées, telles que **la planification d'une maintenance préventive** plus rigoureuse.

3.2.3 Problème en performance de la ligne de polystyrène

Suite au diagnostic effectué, nous avons identifié une source de perte très importante, à savoir le manque de performance en production de la ligne de polystyrène, avec une perte estimée à 20,6%. Il est essentiel de porter une attention sérieuse à ce problème afin de mettre en place des actions correctives visant à améliorer la performance de cette ligne et à réduire les pertes associées.
Ce faible niveau de performance est principalement dû à la gamme de production variante de cette ligne. Pour remédier à cette situation, nous envisageons d'implémenter la méthode de VSM (Value Stream Mapping) afin de rendre la ligne plus performante en termes de production et qualité, ainsi d'éliminer les goulots d'étranglements.
Cette approche permettra de cartographier et d'analyser les flux de valeur dans la ligne de production, identifiant ainsi les sources de gaspillage et les opportunités d'amélioration. En optimisant les flux, en éliminant les activités non essentielles et en mettant en place des mesures de sécurité et d'hygiène appropriées, nous visons à améliorer significativement la performance de cette ligne et à garantir des conditions de travail optimales pour le personnel.

En priorisant ces trois pistes d'amélioration, l'entreprise pourra concentrer ses ressources et ses efforts sur les problématiques les plus critiques, ce qui permettra d'obtenir des résultats tangibles et d'améliorer significativement la maintenance industrielle et la productivité globale de l'entreprise.

3.3 Analyse de l'historique de maintenance de la machine de moulage par injection de polystyrène EPS-04

Afin d'identifier les problèmes générale de notre machine il faut d'abord collecter des information principales a partir de son historique :

1. **Identification des pannes ayant provoqué les temps d'arrêt les plus importants de la machine :**

	Machine code	Machine name	Worktype	Description	HaltReason	Procedure	Work began	Work hours	Work downtime
23	CEM-eps-004	Machine N° 04	corrective maintenance	électrovanne des guns	blocage de l'électrovanne	réparation de l'électrovanne et mise en marche	2022-01-23 15:21:11	0.50	0.5
25	CEM-eps-004	Machine N° 04	corrective maintenance	flexible polys 4	flexible polys 4	changement de flexible du verin	2022-02-10 08:44:21	1.00	1.0
4	CEM-eps-004	Machine N° 04	corrective maintenance	hydraulique\n\nmaintenance préventive	/	- changement vanne sphiréque D12 (120 Pcs)\n- ...	2022-02-14 09:00:00	2.75	71.0
22	CEM-eps-004	Machine N° 04	inspection	mise en place pompe rebobinage au niveau machi...	mise en place pompe rebobinage au niveau machi...	montage de la pompe rembobinée au niveau polys...	2022-02-15 11:00:00	1.00	1.0
24	CEM-eps-004	Machine N° 04	inspection	changement pompe d'eau	changement pompe d'eau (nouveau rebobinage)	changement deux joints en graphite D90 , D50	2022-02-17 14:33:31	1.00	1.0

Tableau 3.2: Historique des pannes de la machine de moulage en polystyrène-EPS04

2. **identification de tendance des temps d'arrêts de la machine**

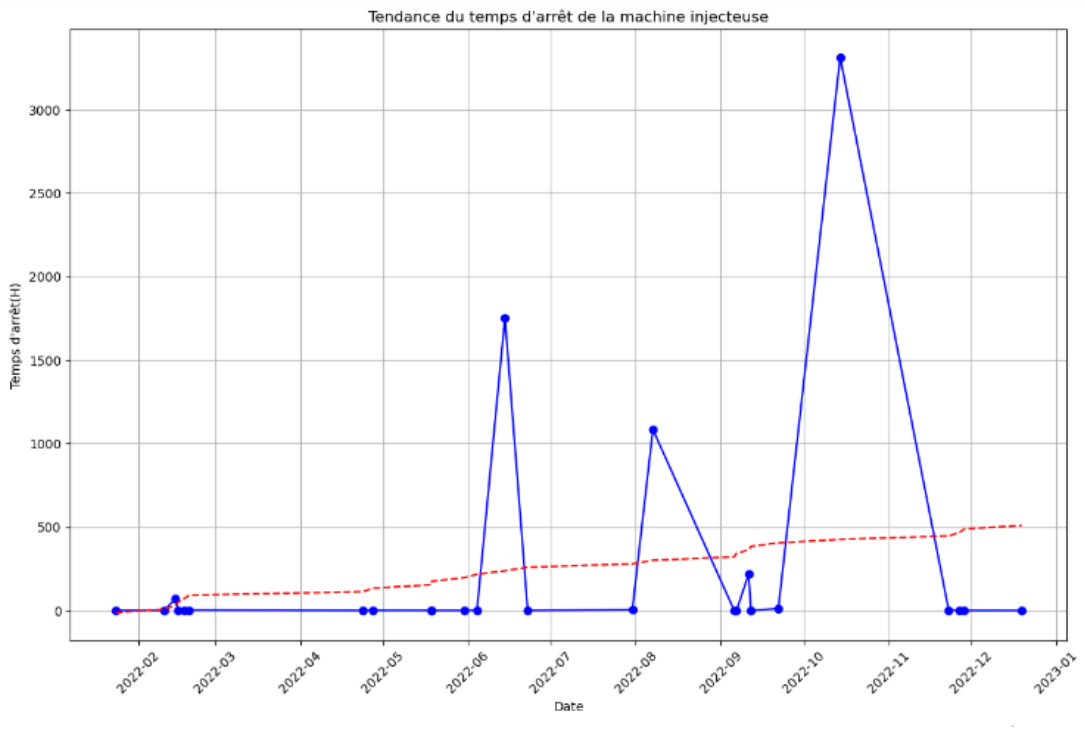


Figure 3.1: illustration de tendance des temps d'arrêts de la machine

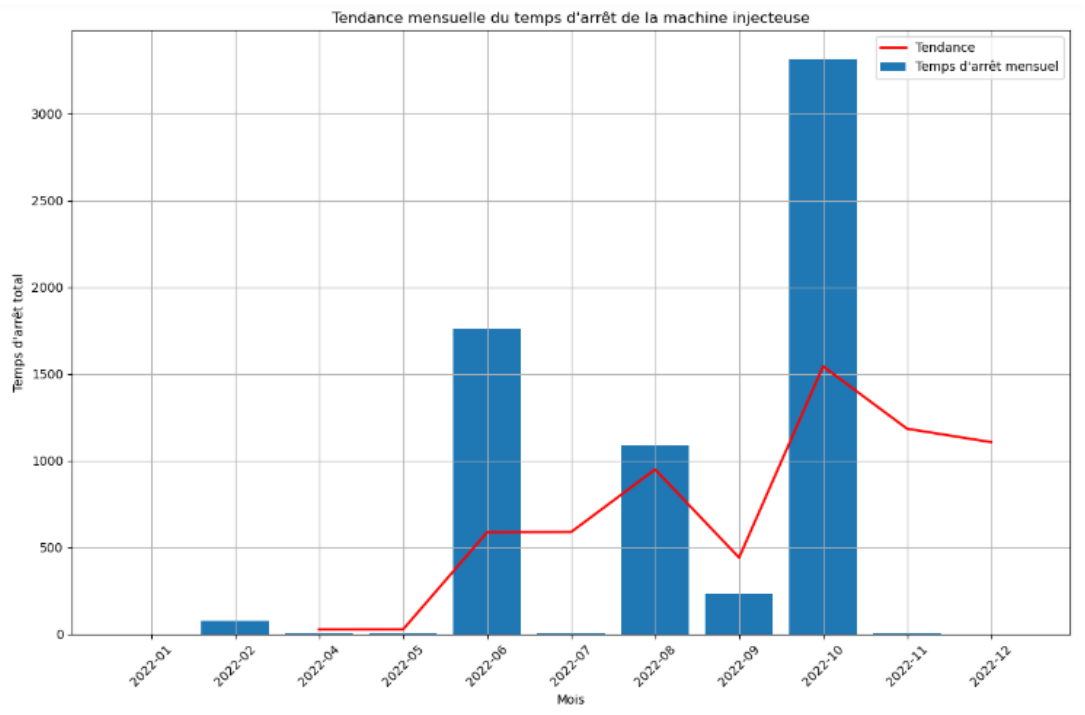


Figure 3.2: illustration de tendance mensuelle des temps d'arrêts de la machine

— La machine présente une tendance croissante significative tout au long de l'année : Cela signifie que les temps d'arrêt de la machine augmentent progressive-

ment au fil du temps. Cette tendance peut indiquer un problème de disponibilité ou des besoins croissants en maintenance.

— Les mois de juin, août et octobre se démarquent avec une augmentation significative des temps d'arrêt : Ces mois spécifiques montrent une augmentation plus prononcée des temps d'arrêt par rapport aux autres périodes de l'année. La raison en est la charge excessive exercée sur la machine pendant ces mois. Il est possible que la demande de production ou les conditions environnementales soient particulièrement élevées à ces moments-là, ce qui met une pression supplémentaire sur la machine.

3. **calcule de temps d'arrêts cumulatif de la machine :**

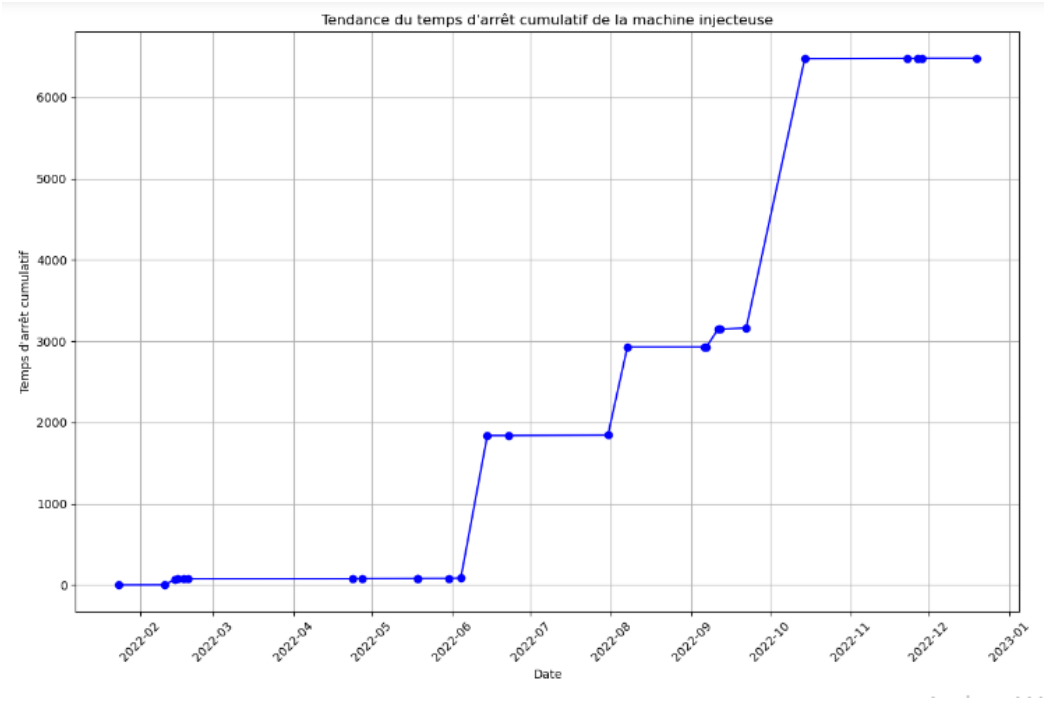


Figure 3.3: Illustration de temps d'arrêts cumulatif de la machine

— Le temps d'arrêt cumulatif de cette machine s'élève à 6535 heures pour l'année 2022. Cette valeur élevée indique que la machine est une source critique de pertes en termes de disponibilité de la ligne de production de polystyrène.

— Il est essentiel d'analyser les raisons des temps d'arrêts de la machine et de prendre des mesures pour réduire ces interruptions. Cela peut inclure l'amélioration de la maintenance préventive, l'optimisation des processus de surveillance et de dépannage.

4. **identification des types de maintenance les plus utilisées sur cette machine :**

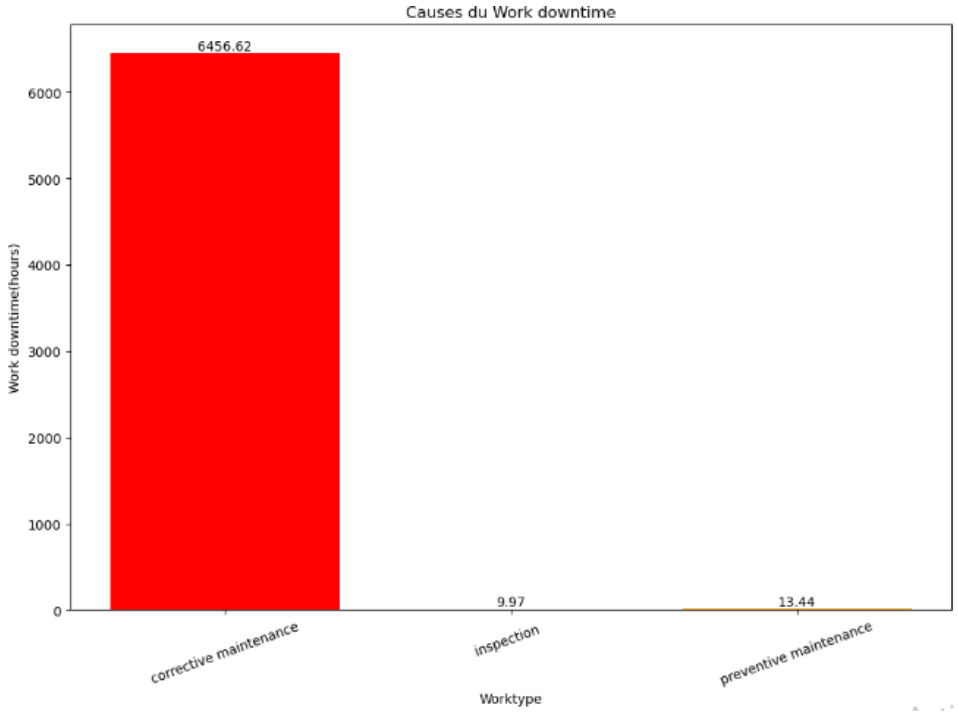


Figure 3.4: Illustration des causes principales des temps d'arrêts de cette machine

— On remarque ici que la cause principale de ces arrêts est pour faire des intervention corrective, en revanche le temps lié au interventions préventifs est très faible.

Après avoir analysé l'historique de la machine et calculé différentes indicateurs de performance clés (KPI), nous avons constaté que :

— la cause principale des temps d'arrêt était liée aux interventions correctives.
— ainsi on a constater que la fiabilité de cette machine est entraîne de diminué (la tendance croissante de temps d'arrêt)
— Nous avons observé que le temps d'arrêt cumulatif de la machine est significativement élevé, ce qui a un impact négatif sur sa productivité de la ligne.

Sur la base de ces constatations, nous avons pris la décision de mettre en place un nouveau plan de maintenance préventive " maintenance planifiée" dans le but de réduire les pertes et d'augmenter la disponibilité de la machine.

Le nouveau plan de maintenance préventive vise à anticiper les défaillances potentielles et à effectuer les interventions nécessaires avant que des d'arrêt non planifiés ne se produisent. Cela implique d'établir un calendrier régulier pour l'entretien et la vérification des composants critiques, le remplacement des pièces usées, ainsi que la mise en place de protocoles de surveillance et de diagnostic pour détecter les signes précurseurs de défaillance.

Afin d'élaborer de manière approfondie notre nouveau plan de maintenance préventive, nous avons décidé de réaliser une analyse AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) sur cette machine. Cette approche nous permettra d'identifier les modes de défaillance potentiels, d'évaluer leur impact sur la production et de déterminer les actions préventives appropriées pour les éviter. Grâce à cette analyse, nous serons en mesure de prioriser les actions de maintenance préventive en fonction de la criticité des défaillances identifiées, ce qui optimisera l'utilisation des ressources, réduira les temps d'arrêt et augmentera la disponibilité de la machine.

3.4 Application de l'AMDEC sur la machine de moulage de forme par d'injection de polystyrène EPS-04

Après avoir examiné le fonctionnement global de la machine, nous avons décidé de réaliser une étude AMDEC de la machine de polystyrène de marque EPS04. Cette étude vise à identifier les anomalies pouvant entraîner des arrêts dus à des pannes, ainsi qu'à proposer des solutions pour y remédier. L'objectif est d'élaborer un plan de maintenance préventive afin d'augmenter la disponibilité de cette équipement.

Dans cette étude, nous nous sommes basés sur différentes sources qui nous ont aidés à remplir la fiche AMDEC :

— Les documents techniques de la machine et les préconisations des constructeurs.
— L'expertise de chacun des opérateurs et l'équipe maintenance.
— L'historique des défaillances survenues sur l'équipement pendant l'année 2022.

3.4.1 Décomposition fonctionnelle du machine de moulage de forme par d'injection de polystyrène EPS-04

3.4.1.1 Presse d'injection

L'étude porte sur une machine de moulage de forme en polystyrène. Elle touche principalement le Cadre de la machine, système hydraulique,système thermique, système de contrôle et sécurité et l'armoire électrique.
cette étude Consiste à analyser les différentes composantes de la machine, afin d'identifier les modes de défaillance potentiels associés à chacune d'entre elles.

Le diagramme suivant illustre la décomposition fonctionnelle de la machine de moulage EPS04.

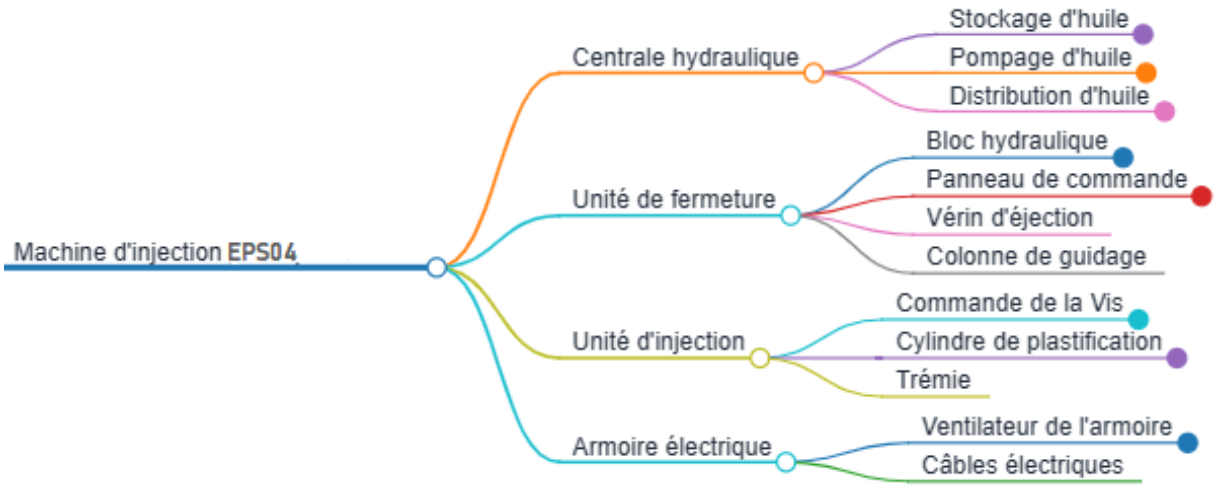


Figure 3.5: Décomposition fonctionnelle de la Presse d'injection

3.4.1.2 Machine d'expansion de polystyrène (Expander)

voici une décomposition fonctionnelle générale qui couvre les principales fonctions de base de la machine :

Fonctions	Description
Alimentation en granulés	Stockage et alimentation contrôlée des granulés de polystyrène dans la machine.
Chauffage	Fournir une source de chaleur (résistances électriques, gaz chauffant, etc.) pour chauffer les granulés.
Injection de vapeur d'eau	Générer de la vapeur d'eau et la distribuer de manière uniforme dans la chambre d'expansion.
Chambre d'expansion	Structure qui contient les granulés et permet leur expansion homogène et contrôlée.
Refroidissement et stabilisation	Système de refroidissement pour solidifier les billes de polystyrène expansé et les stabiliser.
Tamisage et classification	Éliminer les particules indésirables et classer les billes de polystyrène expansé en fonction de leur taille.
Contrôle et automatisation	Surveiller et réguler les paramètres du processus (température, pression, débit) et automatiser les fonctions.

Tableau 3.3: Tableau de décomposition fonctionnelle machine d'expansion de polystyrène

L'objectif de cette décomposition est de déterminer, pour chaque partie, les éléments

suivants :

- Les modes de défaillance : Ils sont liés à une fonction spécifique et décrivent comment un composant commence à ne plus remplir sa fonction correctement.
- Les causes : Ce sont les anomalies initiales qui peuvent conduire à la défaillance du composant.
- Les effets : Les effets de la défaillance représentent les conséquences concrètes et sont spécifiques à chaque mode de défaillance.
- Les actions envisagées : Ce sont les mesures prises pour prévenir le mode de défaillance.

3.4.2 Analyse AMDEC de la centrale hydraulique

La décomposition fonctionnelle de la centrale hydraulique :

Ensemble	Sous-ensemble	Fonction
Centrale hydraulique	Stockage d'huile	Traiter et contrôler le fluide hydraulique en termes de température et de niveau de remplissage.
	Pompage d'huile	Réguler la quantité et la pression du fluide nécessaire pour le déplacement d'alimentation à débit suffisant
	Distribution d'huile	Diriger l'huile sous pression aux unités de commande.

Tableau 3.4: La décomposition fonctionnelle de la centrale hydraulique

3.4.2.1 Analyse AMDEC de la partie stockage d'huile

La décomposition fonctionnelle de la partie *Stockage d'huile* est illustrée dans la figure suivante :

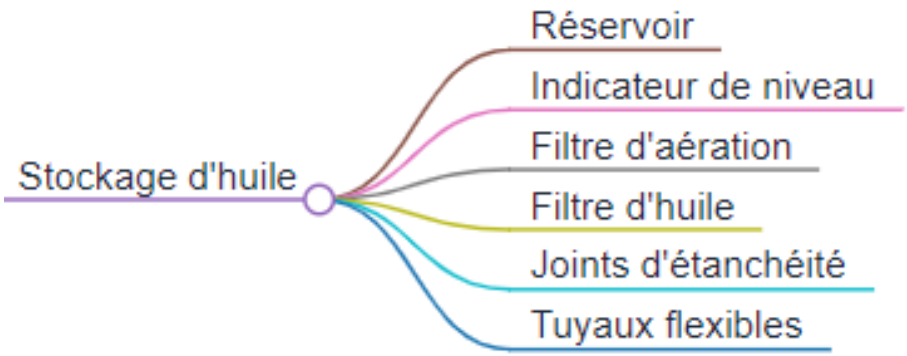


Figure 3.6: Décomposition fonctionnelle de la partie stockage d'huile

- Le tableau AMDEC de la partie Stockage d'huile est illustrée dans la figure A1(Annex).

3.4.2.2 Analyse AMDEC de la partie pompage d'huile

La décomposition fonctionnelle de la partie pompage d'huile est illustrée par la figure suivante :

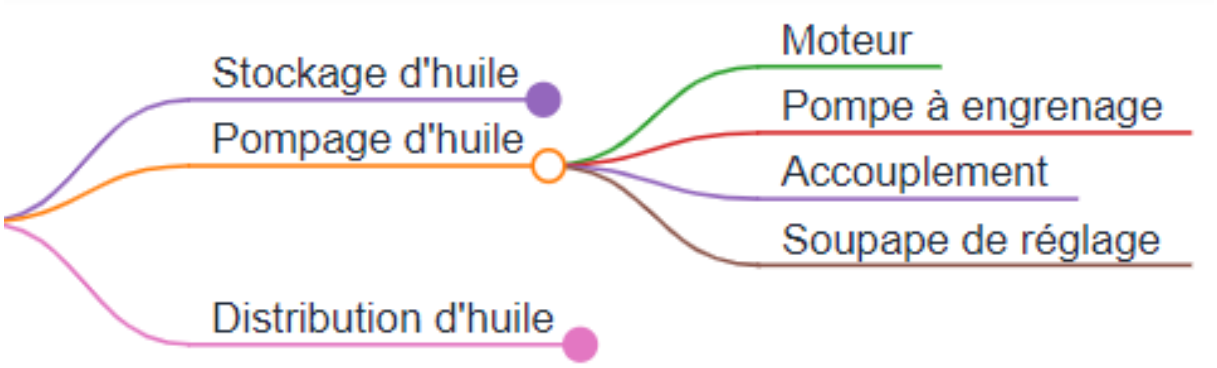


Figure 3.7: Décomposition fonctionnelle de la partie pompage de huile

- Le tableau AMDEC de la partie pompage d'huile est illustrée dans la figure A2(Annex).

3.4.2.3 Analyse AMDEC de la partie distribution d'huile

Distribution d'huile : L'organigramme suivant illustre la décomposition fonctionnelle de la partie distribution d'huile :

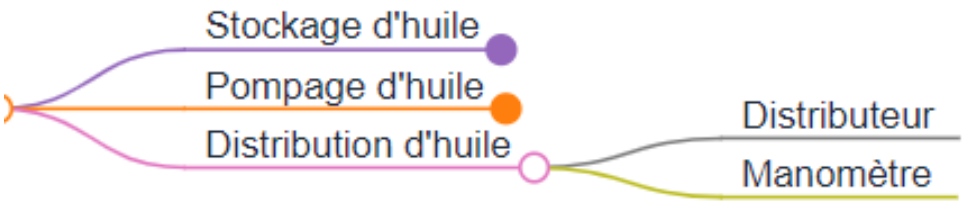


Figure 3.8: Décomposition fonctionnelle de la partie de distribution de huile

- Le tableau AMDEC de la partie distribution d'huile est illustrée dans la figure A3(Annex).

3.4.3 Analyse AMDEC de l'unité d'injection

voici la décomposition fonctionnelle de cette partie :

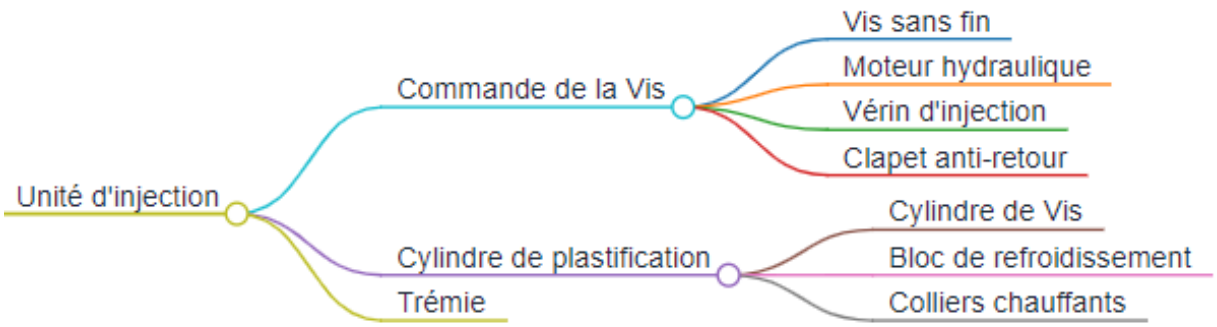


Figure 3.9: Décomposition fonctionnelle de l'unité d'injection

- Le tableau AMDEC de l'unité d'injection est illustrée dans la figure A4(Annex).

3.4.4 Analyse AMDEC de l'unité de fermeture

La décomposition fonctionnelle de l'unité de fermeture est représentée ci-dessus :

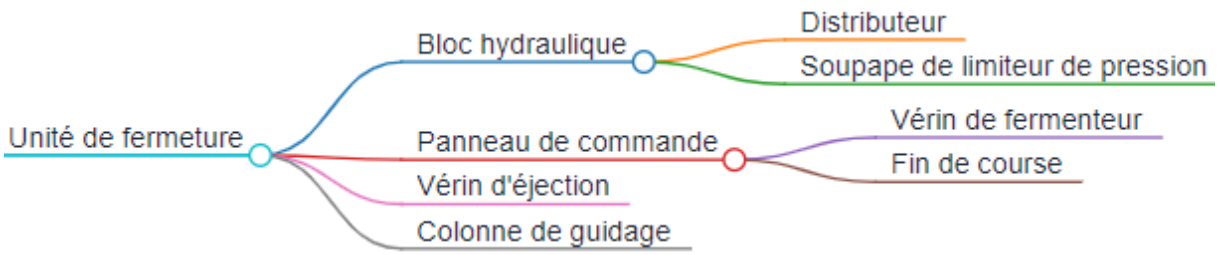


Figure 3.10: Analyse fonctionnelle de l'unité de fermeture

- Le tableau AMDEC de l'unité de fermeture est illustrée dans la figure A5(Annex).

3.4.5 L'analyse AMDEC pour l'armoire électrique

La décomposition fonctionnelle de l'armoire électrique est représentée ci-dessus :

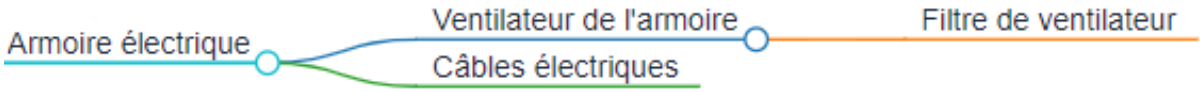


Figure 3.11: Décomposition fonctionnelle de l'armoire électrique

- La fiche AMDEC de l'armoire électrique est illustrée dans la figure A6(Annex).

3.4.6 Analyse AMDEC sur la machine d'expansion de polystyrène

- La fiche AMDEC de a machine d'expansion de polystyrène est illustrée dans la figure A6(Annex).

3.4.7 Résultats de l'étude AMDEC sur la machine d'injection polystyrène EPS 04

Les résultats de l'étude basée sur les fiches AMDEC pour les différents blocs fonctionnels de la machine de moulage de forme par en polystyrène EPS-04 nous a permis de classer les causes de défaillance pertinentes selon leur criticité. Dans notre cas, Afin de caractériser les défaillances comme étant dangereuses, nous avons défini un seuil de criticité égal ou supérieur à 6.

— Nous avons observé une augmentation de la criticité en raison du critère de non-détection élevé.

— En particulier, les résultats obtenus ont révélé que les colliers chauffants présentent le niveau de criticité très élevé.

Dans cette perspective, il est recommandé de mettre en de mettre en œuvre un plan de maintenance préventive qui s'appuie sur les actions d'amélioration identifiées par l'analyse AMDEC.

3.5 Etude de performance opérationnelle de la ligne de polystyrène à l'aide de l'application de la méthode VSM (Value Stream Mapping)

3.5.1 La méthode de VSM

La méthode de VSM, ou Value Stream Mapping (Cartographie de la chaîne de valeur), est une méthode utilisée pour analyser et améliorer les processus dans une organisation. Elle se concentre sur la visualisation et la compréhension des flux de valeur, des étapes de production et des activités non essentielles pour identifier les opportunités d'amélioration et d'élimination des gaspillages.

- Visualiser les flux de valeur : La VSM aide à représenter visuellement le flux de valeur du début à la fin du processus. Cela permet de identifier, les goulots d'étranglement, les retards et les stocks intermédiaires. La visualisation facilite l'identification des problèmes et des opportunités d'amélioration.

- Identifier et éliminer les gaspillages : La VSM met l'accent sur la réduction des gaspillages dans le processus de production. Les gaspillages, tels que les temps d'attente, les mouvements inutiles, sont identifiés et ciblés pour être éliminés ou réduits au minimum.

- Améliorer l'efficacité et la performance globale : En éliminant les gaspillages, en optimisant les flux de valeur et en réduisant les temps d'attente , la VSM vise à améliorer l'efficacité et la performance globale du processus. Cela se traduit par une réduction des coûts, une amélioration de la qualité, des délais de production plus courts et une meilleure satisfaction du client.

3.5.1.1 Collecte des données

Nous cherchons ici les données pertinentes sur chaque étape du processus, telles que les temps de cycle, les temps du changement, les défauts de qualité, les stocks, les délais, on visant à comprendre le flux de valeur de processus de production de polystyrène et les problèmes récurrents.

Les données dessous est modéliser en temps réel des processus de la ligne de production de polystyrène : Temps de cycle, flux de sortie, temps de changement et nombre d'exécutants.

	processus	flux sortie /piece	temps de cycle (min)	temps de changement(min)	nembre d'executans
0	Expansion	1666	1.2	42	1
1	Emboutissage	1052	1.6	65	1
2	arrengement	973	3.8	19	2

Tableau 3.5: Les données de processus de la ligne de production de polystyrène

Temps de cycle Cette colonne représenter le temps qu'il prend chaque processus pour exécuter leur tache et finis une pièce.

Temps de changement Cette colonne definie le temps moyen pour faire une réparation ou un changement d'outil pour chaque sous processus.

Nombre d'exécutants Cette colonne définie les travailleurs qu'il occupe cette processus.

3.5.1.2 Carte VSM de la situation actuelle de la ligne de production de polystyrène.

le processus de production de polystyrène a été mis en place pour répondre à une demande dans un délai spécifique de 7020 pièces sur une période de 22 jours . Avant de démarrer la production,l'entreprise a effectué une phase d'approvisionnement de 4 semaines auprès de son fournisseur pour obtenir une quantité suffisante de matières premières.

Pendant une période donnée, au cours de notre stage de fin d'étude, nous avons relevé différentes valeurs afin de créer une cartographie de VSM (Value Stream Mapping) pour cette ligne de production :

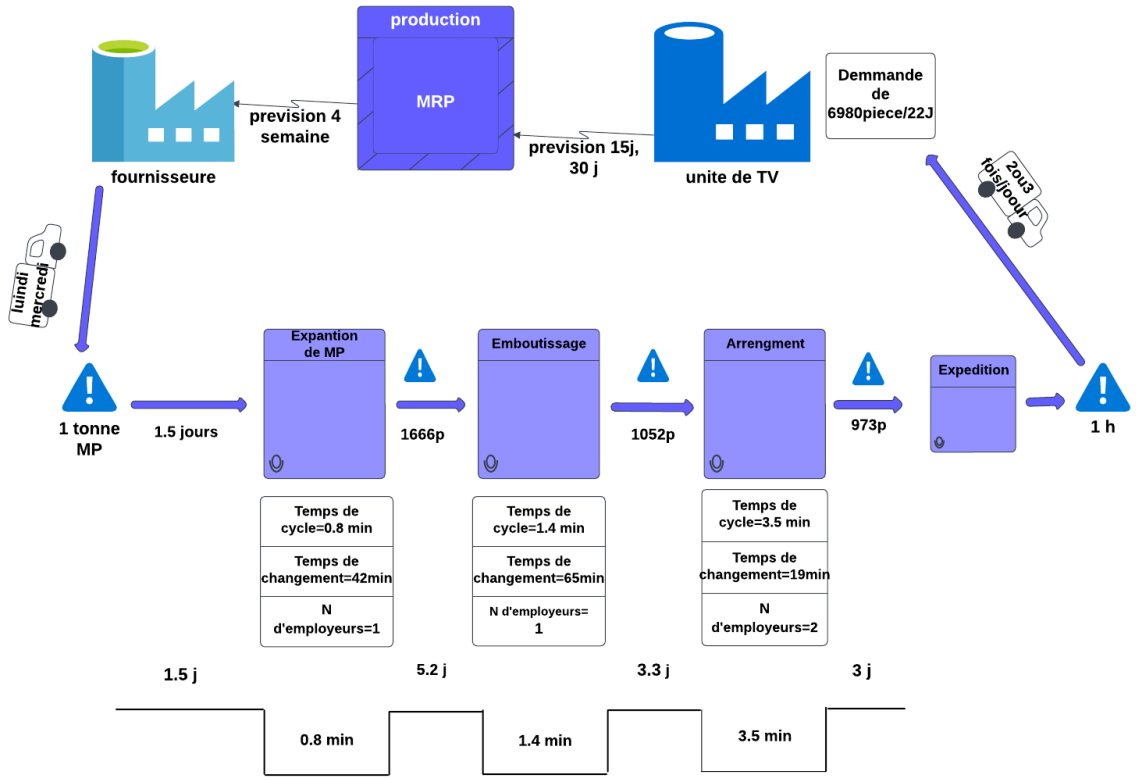


Figure 3.12: Carte VSM de la situation actuelle de la ligne de production de polystyrène

-**Temps de traitements** on calcule le temps de traitements ou le temps de valeur ajoutée fait référence à la durée nécessaire pour effectuer tout les processus et les activité spécifique dans la ligne du production de polystyrène.on sommés tout les temps de cycle des processus :

Temps de traitements= 1.2min + 1.6min + 3.8min = 6.6 min

Temps de traitements= 6.6 min

-**Temps de séjours dans le stock** également connu sous le nom de temps de rétention ou temps de résidence représenter la durée pendant laquelle un produit, une pièce ou une unité reste dans une étape spécifique du processus.

$$\text{Temps de séjours dans un stock} = \frac{\text{quantite en stock}}{\text{consommation moyenne sur la periode}} \tag{3.1}$$

$$\text{Consommation moyenne sur la periode} = \frac{6980}{22 \text{ jour}} = 317.27 pice/jour$$

$$\text{-Temps de séjours dans un stock (expansion)} = \frac{1666}{317.27 \text{ jour}} = 5.2 jour$$

$$\text{-Temps de séjours dans un stock(emboutissage)} = \frac{1052}{317.27 \text{ jour}} = 3.3 jour$$

-Temps de séjours dans un stock (arrangement) $= \frac{973}{317.27 \text{ jour}} = 3jour$

-**Délai de production** ou bien le temps de traversée représente la durée totale nécessaire à une unité de produit pour traverser l'ensemble du processus, depuis le début jusqu'à la fin,on somme tout les temps de traitement de cette ligne :

Délai de production = 1.5 j + 5.2 j + 3.3 j + 3 j = 13 j

-**Taux de valeur ajoutée** C'est le rapport entre le temps de traitement par le temps total de traversée (délai de production) ce ratio exprime la proportion du temps total de traversée qui est réellement consacrée aux activités de valeur ajoutée, c'est-à-dire aux étapes qui transforment le produit et contribuent directement à répondre aux besoins du client

$$\text{Taux de valeur ajoutée} = \frac{\text{Temps de traitements}}{\text{Délai de production}} \tag{3.2}$$

-Taux de valeur ajoutée $= \frac{6.6 \text{ min}}{13 \text{ jour (convertir en min)}} = 0.03\%$

3.5.1.3 Évaluation du taux de rebut par UNITÉ de la ligne de polystyrène

totale production

Avant d'entamer l'analyse de ces données, il est essentiel de prendre en compte certains indicateurs clés qui définissent le potentiel et les points de concentration de notre chaîne de production. Le premier élément consiste à calculer la production totale de chaque CODE de cette ligne. Cela nous permettra d'obtenir une vue d'ensemble de la performance de la ligne en termes de quantité produite pour chaque format de produit polystyrène.

Le totale production s'exprime la somme des quantité des pièces défectueux et conforme de chaque forma de polystyrène.

	UNITE	CODE	poid kg	total transfer	total rebut	totale production
0	MAL	HAUT	0.5540	5376	311	5687
1	MAL	Bas	0.6710	5412	285	5697
2	MAL	Support Moteur	0.0270	5428	144	5572
3	MAL	Papillon	0.1210	5428	131	5559
4	MAL	Corni□res AV	0.1200	0	0	0
...	...	...	...	...	...	...
148	TELEVISION	BAS	0.2700	0	0	0
149	TELEVISION	COTE	0.1060	0	0	0
150	TELEVISION	HAUT	0.8240	2034	625	2659
151	TELEVISION	BAS	0.8240	2034	615	2649
152	TELEVISION	COTE	0.2266	5856	156	6012

Tableau 3.6: les données de production de polystyrène

- **UNITÉ** : Cette colonne indique le type de piece pour lequel nous produisons du polystyrène des TV ,climatiseur, cuisinière,réfrigérateurs... .

- **MODÈLE** : Cette colonne définie le modèle pour lequel nous produisons du polystyrène comme dans le TV : TV 55EG510/Q7010,TV 65EG510/Q7010,TV55G3a...., chacun son dimension .

- **CODE** : Cette colonne indique La forme des pièces de polystyrène tel-que poly HAUT,BAS,COTE. .

- **Poids kg** : Chaque pièces fabriquer aura un poids dans cette ligne indiquer le poids en kg de chaque format d'unité.

- **Totale transfert** : Cette colonne présenter le nombre des pièces conforme fabriquer pour des différents modèles de polystyrène.

- **Totale rebut** : Cette colonne indiquer le nombre des pièces défectueux parmi le nombre des pièces fabriquer.

- **Totale production** : Indiquer le nombre des pièces fabriquer par cette ligne qui contient des pièces conforme et des pièces défectueux c'est la somme de deux colonne : Totale transfert et Totale rebut par cette ligne.

La somme de la production totale pour chaque UNITE signifie le total de pièces de

polystyrène produites pour chaque catégorie spécifique. Cela comprend le total de pièces de polystyrène pour les télévisions, le total de pièces de polystyrène pour les climatiseurs, etc. En calculant ces totaux par unité, nous pouvons évaluer la production spécifique à chaque type de produit et analyser les performances individuelles de chaque catégorie dans notre chaîne de production.

UNITE	
CHAU	0
CHFF	0
CLIM	38345
CONG	50155
CUISINIERE	0
FOUR	0
MAL	33500
REF	132537
TELEVISION	112580

Tableau 3.7: Les sommes de production de polystyrène par UNITE

Totale rebuts

En calculant la somme totale des rebuts pour chaque UNITE, nous cherchons à identifier les unités ayant un nombre élevé de pièces défectueuses. Cela nous permet de déterminer les unités spécifiques qui rencontrent des problèmes.

UNITE	
CHAU	0
CHFF	0
CLIM	1216
CONG	2572
CUISINIERE	0
FOUR	0
MAL	1573
REF	6481
TELEVISION	5180

Tableau 3.8: total rebut de polystyrène pour chaque UNITÉ

si en comparent la somme de production pour chaque UNITE paraport la somme de rebut comme suivant :

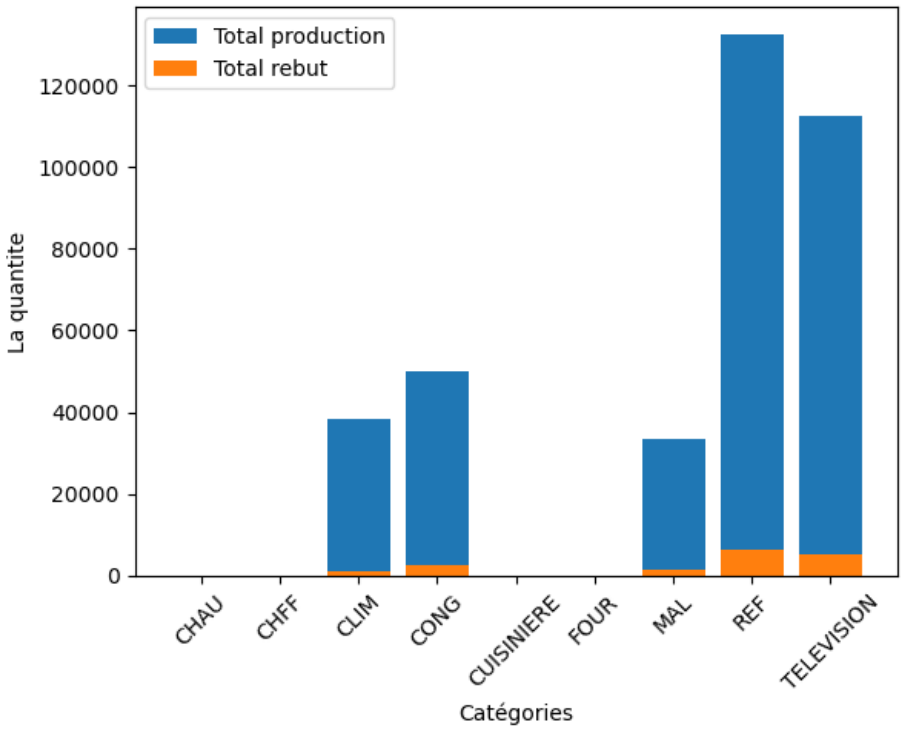


Figure 3.13: Comparaison des sommes des rebuts et de la production par UNITE

Les résultats suggèrent une demande croissante pour les frigidaires,télévisions et congé-

lateurs ainsi qu'une efficacité de production élevée. Les niveaux de rebuts de varient de facent linaire lorsque nous comparons à la production des produits. mai ne peut pas juger la situation actuelle et interpréter les résultats sans calculer le taux de rebuts de chaque UNITE.

Taux de rebut

c'est un proportion de produits défectueux par rapport au nombre total de produits fabriqués. cette pourcentage et est calculé en divisant le nombre de produits défectueux par le nombre total de produits fabriqués comme suivants :

$$\text{Taux de rebut} = \frac{\text{somme des rebut d'un UNITE}}{\text{somme de production d'un UNITE}} \tag{3.3}$$

```
pour la catégorie CLIM : 0.03171208762550528
pour la catégorie CONG : 0.05128102881068687
pour la catégorie MAL : 0.046955223880597016
pour la catégorie REF : 0.04889955257777073
pour la catégorie TELEVISION : 0.046011724995558716
```

Tableau 3.9: Les taux des rebuts et de la production par UNITE

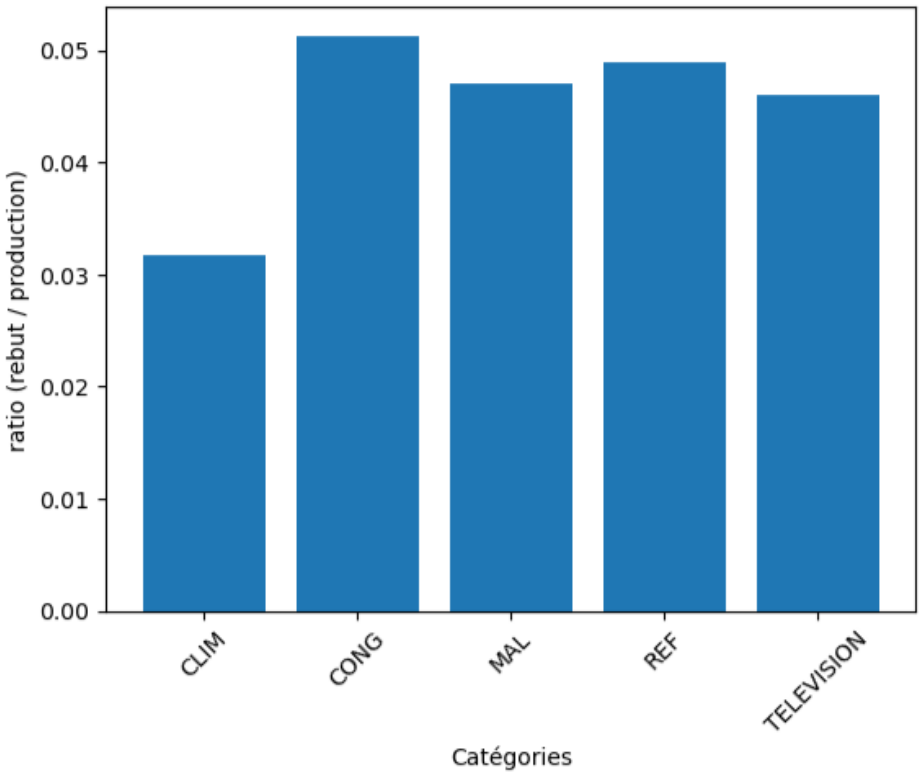


Figure 3.14: Comparaison des taux de rebuts et de la production par UNITE

Lorsque nous comparons les taux de rebut entre les différentes UNITE de production, nous constatons une valeur élevée dans l'unité de congélateurs par rapport à sa production. Cette observation indique la nécessité d'accorder une attention particulière à cette unité afin d'améliorer la qualité de production et de réduire les déchets associés. Des mesures spécifiques devront être prises pour minimiser le gaspillage et optimiser les processus de production dans cette UNITÉ.

3.5.1.4 Identification des goulots d'étranglements dans la ligne

Taket time Dans le but d'identifier les processus entraînant des pertes en termes de temps et de matière, on se base sur le calcul du taket time.

Le taket time est un concept utilisé dans le Lean Manufacturing pour définir le rythme de production nécessaire afin de satisfaire la demande des clients. Il représente la durée disponible pour produire une unité de produit tout en respectant le rythme requis. Il se calcule en divisant le temps total disponible pour la production par le nombre d'unités nécessaires sur cette période. Le taket time est généralement exprimé en secondes ou en minutes par unité.

$$\text{Taket time} = \frac{\text{Temps total disponible}}{\text{Nombre d'unités requises}} \tag{3.4}$$

Dans l'unité de CEM, les travailleurs sont organisés en trois équipes travaillant selon un régime de 8 heures de travail, suivi d'une pause d'une heure pour le déjeuner alors le temps total disponible comme suivants :

- Temps total disponible = $8h \times 60min \times 60\text{s} = 28800\text{s}$

Nombre d'unités requises c'est le nambre de piece fabriquer pour chaque équipe para-port la consommation moyenne sur la période :

Nombre d'unités requises $= \frac{\text{consommation moyenne sur la periode}}{\text{3 équipes de travaille}}$

-Nombre d'unités requises $= \frac{317.27}{3} = 105.7piece$

Donc le taket time il se présente comme suit :

-Taket time $= \frac{28800}{105.7} = 272.64s = 4.5min$

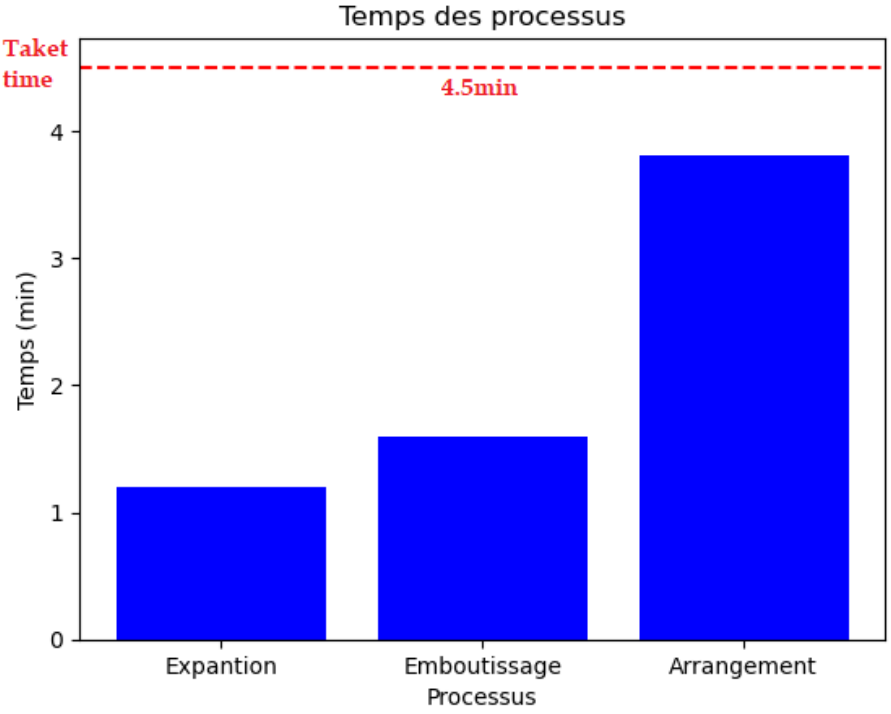


Figure 3.15: Comparaison du temps de cycle des processus avec le Taket time

3.5.1.5 Interprétation des Résultats

d'après l'analyse des données on a constate que :

— seulement une petite proportion du temps total de traversée est consacrée à des activités de valeur ajoutée dans notre processus de production. Cela suggère qu'il y a une grande quantité de temps consacrée à des activités non essentielles ou non productives.

— Notre processus de production présente un niveau élevé de gaspillage,ou d'autres formes d'activités non essentielles. Cela peut entraîner des inefficiences, des retards dans la livraison des produits et une utilisation inefficace des ressources.
— on peut noter que le temps de cycle de l'arrangement est le plus élevé parmi les trois processus. Cela peut indiquer que l'étape de l'arrangement est plus longue et peut potentiellement devenir un goulot d'étranglement dans le processus de production.

3.6 Élaboration d'une solution TPM pour augmenter la performance de l'entreprise

3.6.1 Implémentation de troisième pilier de la TPM "maintenance planifiée" sur la machine de moulage de forme par d'injection de polystyrène EPS-04

Le nouveau plan de maintenance préventive doit être élaboré à base de l'étude AMDEC, le PMP de constructeur, et la maintenance préventive des presses d'injection :

Plan de maintenance préventive du constricteur :

Voici un tableau qui présente le programme d'entretien préventif de la presse à injecter conçu par le constructeur :

Actions	Désignation des travaux	Fréquence	Elec	méc/hydr	autre
A1	Vérification et serrage de tuyauterie d'huile de commande	Tous les jours		X	
	Contrôle niveau et température d'huile				
	Contrôle de circulation d'eau de refroidissement			X	
	Contrôle de la pression d'exercice de l'installation				
A2	Vérification de toutes fonctions et organes mécaniques et hydrauliques	Une fois par 3 mois		X	
	Vérifier les éléments hydrauliques: distributeurs, vérinshydrauliques, vannes de pression				
	Serrage des vis et plus particulièrement de celles relatives aux brides maintenant les joints hydrauliques				
	Nettoyage du filtre d'aspiration d'huile				
A3	Nettoyage du réservoir et circuit hydraulique	Une fois par an		X	
	Vidange et changement d'huile hydraulique				
	Contrôle de l'usure des colonnes et de la vis, réglage éventuel des jeux				
A4	Vérification de toutes fonctions et organes électriques	Une fois par 3 mois	X		
	Vérifier les colliers chauffants				
	Vérifier le serrage des connexions dans éléments électrique: bouton poussoir, commutateurs, bobines, fin de course, contacteurs, temporisateurs				
	Nettoyage de l'armoire électrique				
A5	Nettoyage général de la machine	Une fois par an			X

Activer Windows
Accédez aux paramètres p

Tableau 3.10: Plan de maintenance préventive du constricteur

Généralités sur la maintenance préventive des presses d'injection :

1. **Maintenance hydraulique**

   Le contrôle périodique de l'état de colmatage des filtres est essentiel. Selon les modèles de presses, les indicateurs de colmatage peuvent être des témoins lumineux ou des indicateurs mécaniques situés de chaque côté du porte-filtre. Sur les équipements plus anciens, un bruit anormalement fort de la pompe est le seul indicateur de colmatage des filtres. Le remplacement des filtres est une opération simple, mais il est important de suivre les consignes de sécurité et d'hygiène, en se référant à la documentation du fabricant. Voici quelques actions à effectuer :

   — Les filtres d'aspiration (ou crépines) installés en amont des pompes génèrent un bruit important en cas de colmatage dû à l'effet de cavitation.

   — Les filtres de refoulement (filtres haute pression) situés en aval de la pompe provoquent une baisse de pression dans le circuit hydraulique en cas de colmatage. Un colmatage important de ces filtres peut entraîner leur rupture.

   — Les filtres spéciaux placés en amont des éléments hydrauliques sensibles aux

impuretés (servovalves) ont pour fonction de protéger ces éléments en cas de passage d'impuretés et non de filtrer l'huile.

2. **Maintenance mécanique**

   Le graissage des genouillères des presses mécaniques et hydromécaniques fait l'objet d'un contrôle visuel hebdomadaire, ainsi que de la vérification du niveau d'huile de graissage. Le graissage des glissières et des bagues de guidage doit être effectué chaque semaine, et le passage du doigt sur les surfaces graissées doit laisser une empreinte nettement visible. Les principaux points de graissage comprennent :

   — Les bagues de guidage des plateaux sur les colonnes (plateaux fixes et plateaux intermédiaires).
   — Les glissières de guidage du plateau mobile, du plateau intermédiaire et du sommier.
   — Les glissières de guidage du groupe d'injection.
   — Les plateaux de fixation doivent être nettoyés, séchés et huilés à chaque changement d'outillage.

3. **Maintenance électrique**

   La maintenance préventive électrique des presses à injecter comprend l'entretien de l'armoire de commande. Voici quelques actions à effectuer :

   — Vérification de toutes les fonctions et organes électriques.
   — Vérification des colliers chauffants.
   — Vérification du serrage des connexions dans l'armoire électrique.

Pour améliorer la performance de cette machine et réduire son temps d'arrêt, il est crucial de mettre en place un nouveau Plan de Maintenance Préventive (PMP) plus efficace.

Étant donné que le PMP actuel présente des lacunes significatives en termes de nature et de fréquence des tâches effectuées, ainsi qu'un taux de maintenance préventive nettement inférieur à celui de la maintenance corrective. En élaborant un nouveau PMP plus robuste, en accordant une attention particulière à la planification des tâches préventives et à leur exécution régulière, il sera possible de réduire les pannes imprévues, d'optimiser le fonctionnement de la machine et d'augmenter sa disponibilité pour une production plus efficace.

3.6.1.1 Centrale hydraulique

Réservoir d'huile hydraulique :

— Remplacer l'échangeur de chaleur (Une fois par an)

— Changer la qualité des tuyaux (Une fois par an)

— Contrôle de l'éventuelle présence de fuite (Une fois par 3 mois)

Joint d'étanchéité :

— Changement des joints (Une fois par 3 mois)

— Vérifier le serrage des raccords, remplacer les flexibles (Une fois par an)

Tuyaux flexibles :

— Changer la qualité des flexibles (Une fois par an)

Moteur 22KW 380V :

— Contrôler le bobinage du moteur (Rembobinage) (Une fois par an)

Pompe à engrenage 16KW :

— Réaligner les arbres et vérifier la fixation (Une fois par 6 mois)

Accouplement :

— Changer l'accouplement (Une fois par an)

Distributeur :

— Vérifier le bobinage du distributeur, changement si nécessaire (Une fois par an)

— Effectuer un nettoyage et vérifier que les tiroirs sont en bon état (Une fois par 3 mois)

— Nettoyer les orifices et vérifier que l'huile est en bon état (Une fois par 6 mois)

— Changer les joints détériorés (Une fois par 6 mois)

— Analyser l'huile et effectuer la vidange (Une fois par 6 mois)

3.6.1.2 Unité d'injection

Réservoir de la matière première de l'unité d'injection :

— Extraire la vis, la nettoyer ou changer la qualité de la vis (Une fois par 6 mois)

— S'assurer que la matière est totalement purgée (Une fois par an)

— S'assurer que le débit entrant dans la pompe est suffisant (Une fois par an)

— Vérifier l'état de l'huile (Une fois par an)

— Changer les joints du piston (Une fois par 3 mois)

— Changer les joints du vérin, vérifier l'aspect de l'huile (Une fois par an)

— Contrôler l'état des sondes et vérifier le circuit électrique (Une fois par 3 mois)

— Contrôler qu'on n'a pas de fuite de matière (Une fois par 3 mois)

— Vérifier le bon emplacement des fins de courses (Une fois par 6 mois)

— Réparation, choisir une qualité résistant mieux à ce type de matière (Une fois par an)
— S'assurer que la matière est totalement purgée (Une fois par 6 mois)

3.6.1.3 Unité de fermeture

Bloc hydraulique :

— Nettoyer les orifices et s'assurer que l'huile est en bon état (Une fois par 6 mois)
— Vérifier le bon état des composants de bloc (les traces légères sur les tiroirs peuvent être adoucies), les remplacer pour le cas échéant (Une fois par an)

Bloc de commande :

— Vérifier l'aspect de l'huile, changer les joints du vérin (Une fois par an)
— Vérifier l'emplacement des fins de courses, les remplacer pour le cas échéant (Une fois par 6 mois)

Vérin d'éjection :

— Changer les joints du piston (Une fois par 6 mois)
— Changer les joints du vérin (Une fois par 6 mois)

3.6.1.4 Armoire électrique

— Nettoyer le filtre de ventilateur de refroidissement, changer le si nécessaire (Une fois par 6 mois)

3.6.1.5 Machine d'expansion de polystyrène "Expender"

— Vérification du bon fonctionnement des résistances électriques (Hebdomadaire)
— Pompe d'injection de vapeur d'eau :
  — Vérification du bon fonctionnement de la vanne d'injection (Hebdomadaire)
  — Nettoyage de la vanne d'injection (si nécessaire) (Trimestrielle)
— réalisation d une inspection du réservoir de matière première (Trimestrielle)
— Vérification du bon fonctionnement du système de refroidissement (Hebdomadaire)
— Nettoyage des filtres du système de refroidissement (Trimestrielle)
— Nettoyage régulier du tamis pour éviter les obstructions (Hebdomadaire)
— réalisation dune inspection du tamis (Trimestrielle)
— Vérification régulière du fonctionnement des capteurs (Hebdomadaire)
— Sauvegarde et vérification régulière des logiciels de contrôle (Annuelle)

pour résumer, voici un tableau recapitulatif de nouveau PMP :

Presse d'injection :

Tableau 3.11: Plan de maintenance préventive de la presse d'injection

Composant/sous-composant		Tâche	Périodicité
Centrale hydraulique	Réservoir d'huile hydraulique	Remplacer l'échangeur de chaleur	Une fois par an
		Changer les tuyaux	Une fois par an
		Contrôle de circulation d'eau de refroidissement	Une fois par jours
		Contrôle de l'éventuelle présence de fuite	Une fois par 3 mois
	Joint d'étanchéité	Changement des joints	Une fois par 3 mois
		Vérifier le serrage des raccords, remplacer les flexibles	Une fois par an
	Tuyaux flexibles	verifier letat des tuyaux, Changement de ces derniers	Une fois par an
	moteur 220 KW - 380 V	Contrôler le bobinage du moteur (Rembobinage)	Une fois par an
	pompe a engrounage	Réaligner les arbres et vérifier son fixation	Une fois par 6 mois
	l'accouplement	verification de l'accouplement de pompe	Une fois par an
	Distributeur de l'huile	Vérifier le bobinage du distributeur, changement si nécessaire	Une fois par an
		Effectuer un nettoyage et vérifier que les tiroirs sont en bon état	Une fois par 3 mois
		Nettoyer les orifices et vérifier que l'huile est en bon état	Une fois par 6 mois
		Changer les joints détériorés	Une fois par 6 mois
		Analyser l'huile et effectuer la vidange	Une fois par 6 mois
Unité d'injection	Réservoir de la matière première	Extraire la vis, la nettoyer ou le changer si necessaire	Une fois par 6 mois
		S'assurer que la matière est totalement purgée	Une fois par an
		controle de débit entrant dans la pompe est suffisant	Une fois par an
		Vérifier l'état de l'huile	Une fois par an
		Changer les joints du piston	Une fois par 3 mois
		Changer les joints du vérin, vérifier l'aspect de l'huile	Une fois par an
		Contrôler l'état des sondes et vérifier le circuit électrique	Une fois par 3 mois

TABLE 3.11 – Suite du tableau

Équipement		Tâche	Périodicité
		Contrôler qu'on n'a pas de fuite de matière	Une fois par 3 mois
		Vérifier le bon emplacement des fins de courses	Une fois par 6 mois
		Réparation, choisir une qualité résistant mieux à ce type de matière	Une fois par an
		S'assurer que la matière est totalement purgée	Une fois par 6 mois
L'unité de fermeture	Bloc hydraulique	Nettoyer les orifices et s'assurer que l'huile est en bon état	une fois par 6 mois
		Vérifier l état des composants de bloc (les traces légères sur les tiroirs peuvent être adoucies), les remplacer si nécessaire	Une fois par an
	Bloc de commande	Vérifier l'état de l'huile	une fois par jour
		Vérification et serrage de tuyauterie d'huile	une fois par jour
		changer les joints du vérin	une fois par an
		Vérifier l'emplacement des fins de courses, les remplacer si nécessaire	Une fois par an, Une fois par 6 mois
	Vérin d'éjection	Changer les joints du piston	Une fois par 6 mois
		- Changer les joints du vérin	Une fois par 6 mois
L'armoire électrique		Nettoyer le filtre de ventilateur de refroidissement, changer le si nécessaire	Une fois par 6 mois

Machine d'expansion de polystyrène :

Composant	Tâche	Périodicité
système d'échauffement	Vérification du bon fonctionnement des résistances électriques	Hebdomadaire
	Nettoyage des résistances électriques (si nécessaire)	Annuelle
Pompe d'injection de vapeur d'eau	Vérification du bon fonctionnement de la vanne d'injection	Hebdomadaire
	Nettoyage de la vanne d'injection (si nécessaire)	Trimestrielle
Réservoir de matière première	Surveillance régulière du niveau de granulés	Quotidienne
	Inspection visuelle du réservoir de matière première	Trimestrielle
Système de refroidissement	Vérification du bon fonctionnement du système de refroidissement	Hebdomadaire
	Nettoyage des filtres du système de refroidissement	Trimestrielle
Tamisage et classification	Nettoyage régulier du tamis pour éviter les obstructions	Hebdomadaire
	Inspection visuelle du tamis	Trimestrielle
Contrôle et automatisation	Vérification régulière du fonctionnement des capteurs	Hebdomadaire
	Sauvegarde et vérification régulière des logiciels de contrôle	Annuelle

Tableau 3.12: Tableau recapitulatif de PMP de la machine d'expansion

Composant	Tâche	Périodicité
système d'échauffement	Vérification du bon fonctionnement des résistances électriques	Hebdomadaire
	Nettoyage des résistances électriques (si nécessaire)	Annuelle
Pompe d'injection de vapeur d'eau	Vérification du bon fonctionnement de la vanne d'injection	Hebdomadaire
	Nettoyage de la vanne d'injection (si nécessaire)	Trimestrielle
Réservoir de matière première	Surveillance régulière du niveau de granulés	Quotidienne
	Inspection visuelle du réservoir de matière première	Trimestrielle
Système de refroidissement	Vérification du bon fonctionnement du système de refroidissement	Hebdomadaire
	Nettoyage des filtres du système de refroidissement	Trimestrielle
Tamisage et classification	Nettoyage régulier du tamis pour éviter les obstructions	Hebdomadaire
	Inspection visuelle du tamis	Trimestrielle
Contrôle et automatisation	Vérification régulière du fonctionnement des capteurs	Hebdomadaire
	Sauvegarde et vérification régulière des logiciels de contrôle	Annuelle

Tableau 3.13: Suite tableau recapitulatif de PMP de la machine d'expansion

3.6.2 Implémentation de deuxième pilier de la TPM "maintenance autonome" sur la machine de moulage de forme par d'injection de polystyrène EPS-04

L'implémentation de la stratégie du maintenance autonome présente de nombreux bénéfices pour la machine, de plus cette dernière présente une solution efficace afin d'augmenter le taux de réactivité de la maintenance, qui se situe actuellement à seulement 0.3% pour cette machine et à 4.92% pour l'entreprise en entière.

En responsabilisant les opérateurs et en les impliquant activement dans la maintenance, cela permet de détecter et de résoudre rapidement les problèmes mineurs avant qu'ils ne deviennent des pannes majeures. Cela réduit les temps d'arrêt non planifiés, améliore la disponibilité de la machine et augmente la productivité globale de l'entreprise.

Opér	Désignation de l'opération	Emplacement de l'opération	État		Observation et suggestion
			Bon	Problème	
1	Vérifiez le niveau d'huile hydraulique	Centrale hydraulique			
2	Contrôlez les tuyaux hydrauliques	Centrale hydraulique			
3	Vérifiez le serrage des raccords et les flexibles	Centrale hydraulique			
4	Contrôlez le bobinage du moteur	Moteur 22KW 380V			
5	Vérifiez l'alignement des arbres et leur fixation	Pompe à engrenage 16KW			
6	Vérifiez le bobinage du distributeur	Distributeur			
7	Nettoyez les tiroirs du distributeur	Distributeur			
8	Nettoyez les orifices du distributeur	Distributeur			
9	Changez les joints détériorés	Distributeur			
10	Analysez l'huile et effectuez la vidange	Distributeur			
11	Nettoyez la vis de l'unité d'injection	Réservoir de la matière première de l'unité d'injection			
12	Vérifiez l'état de l'huile du réservoir de matière première	Réservoir de la matière première de l'unité d'injection			
13	Vérifiez les joints du piston	Réservoir de la matière première de l'unité d'injection			
14	Vérifiez les joints du vérin et l'aspect de l'huile	Réservoir de la matière première de l'unité d'injection			
15	Contrôlez l'état des sondes et le circuit électrique	Réservoir de la matière première de l'unité d'injection			
16	Vérifiez l'absence de fuite de matière	Réservoir de la matière première de l'unité d'injection			
17	Vérifiez le bon emplacement des fins de courses	Réservoir de la matière première de l'unité d'injection			

Opér	Désignation de l'opération	Emplacement de l'opération	État		Observation et suggestion
			Bon	Problème	
18	Nettoyez les orifices du bloc hydraulique	Bloc hydraulique (unité de fermeture)			
19	Vérifiez l'état du bloc hydraulique	Bloc hydraulique (unité de fermeture)			
20	Vérifiez l'état de l'huile du bloc de commande	Bloc de commande (unité de fermeture)			
21	Vérifiez l'emplacement des fins de courses	Bloc de commande (unité de fermeture)			
22	Vérifiez les joints du piston du vérin d'éjection	Vérin d'éjection (unité de fermeture)			
23	Vérifiez les joints du vérin d'éjection	Vérin d'éjection (unité de fermeture)			
24	Vérification du bon fonctionnement des résistances électriques	système d'échauffement			
25	Vérification du bon fonctionnement de la vanne d'injection	Pompe d'injection de vapeur d'eau			
26	Surveillance régulière du niveau de granulés	Réservoir de matière première			
27	Inspection visuelle du réservoir de matière première	Réservoir de matière première			
28	Vérification du bon fonctionnement du système de refroidissement	Système de refroidissement			
29	Nettoyage régulier du tamis pour éviter les obstructions	Tamisage et classification			
30	Inspection visuelle du tamis	Tamisage et classification			
31	Vérification régulière du fonctionnement des capteurs	Contrôle et automatisation			

Tableau 3.14: Fiche de maintenance autonome

L'élaboration des check-lists pour la maintenance autonome constitue une étape cruciale dans l'amélioration de la performance de la machine. Pour réaliser cette check-list pour la machine d'injection polystyrène, plusieurs facteurs ont été pris en compte.

1. Tout d'abord, l'historique de maintenance de la machine a été examiné pour identifier les pannes récurrentes, les défaillances critiques et les problèmes fréquemment rencontrés.
2. une analyse AMDEC approfondie de la machine a été réalisée afin d'identifier les modes de défaillance potentiels et d'évaluer leur impact sur la production.
3. ainsi qu'un critère très important dans l'approche de la maintenance autonome qui est l'avis de l'équipe de maintenance et des opérateurs de la machine, afin d'accueillir leur expertise et leurs recommandations concernant les points critiques à surveiller et les tâches à inclure dans la check-list.
4. lors de l'élaboration de la checklist, une attention particulière a été accordée au niveau technique des opérateurs de production. Il est essentiel de veiller à ce que les opérateurs possèdent les compétences et les connaissances requises pour effectuer les tâches de maintenance autonome de manière efficace et sécurisée. Dans cette optique, il est recommandé de soutenir les opérateurs avec une formation continue, afin de répondre aux exigences croissantes de la maintenance autonome et de favoriser leur développement professionnel.
   Cette formation continue permettra aux opérateurs de renforcer leurs compétences techniques, d'améliorer leur compréhension des équipements et de les rendre autonomes dans la réalisation des activités de maintenance de première et deuxième niveau.

3.6.3 Implémentation de quatrième pilier de la TPM "amélioration des compétences et du savoir-faire" afin de satisfaire les besoins de la Maintenance autonome

Pour identifier les besoins en termes de formation des opérateurs afin de satisfaire les exigences de cette fiche de maintenance autonome, nous pouvons utiliser la méthode de la "bête à corne". Cette méthode consiste à identifier les compétences nécessaires pour accomplir les tâches de maintenance autonome et à déterminer les écarts entre les compétences actuelles des opérateurs et les compétences requises.

Voici une analyse des besoins de formation potentiels pour chaque opération de maintenance de la fiche :

1. Vérification du niveau d'huile hydraulique (Centrale hydraulique) :
— Connaissance des procédures de vérification du niveau d'huile.
— Capacité à interpréter les indicateurs de niveau d'huile.
2. Contrôle des tuyaux hydrauliques (Centrale hydraulique) :
— Connaissance des principaux types de tuyaux hydrauliques utilisés.
— Capacité à détecter les signes de détérioration ou de fuite des tuyaux.
3. Vérification du serrage des raccords et des flexibles (Centrale hydraulique) :
— Connaissance des procédures de vérification du serrage des raccords.
— Capacité à utiliser les outils appropriés pour serrer les raccords.
4. Contrôle du bobinage du moteur (Moteur 22KW 380V) :
— Connaissance des principes de base du bobinage des moteurs.
— Capacité à identifier les signes de détérioration du bobinage.
5. Vérification de l'alignement des arbres et de leur fixation (Pompe à engrenage 16KW) :
— Connaissance des techniques d'alignement des arbres.
— Capacité à utiliser les outils d'alignement appropriés.
6. Vérification du bobinage du distributeur (Distributeur) :
— Connaissance des principes de base du bobinage des distributeurs.
— Capacité à détecter les signes de détérioration du bobinage.
7. Nettoyage des tiroirs du distributeur (Distributeur) :
— Connaissance des procédures de nettoyage des tiroirs.
— Capacité à utiliser les produits de nettoyage appropriés.
8. Nettoyage des orifices du distributeur (Distributeur) :
— Connaissance des procédures de nettoyage des orifices.
— Capacité à utiliser les outils de nettoyage adaptés.
9. Changement des joints détériorés (Distributeur) :

— Connaissance des types de joints utilisés et de leur remplacement.

— Capacité à utiliser les outils appropriés pour retirer et installer les joints.

10. Analyse de l'huile et vidange (Distributeur) :

— Connaissance des procédures d'analyse de l'huile.

— Capacité à effectuer une vidange en suivant les étapes appropriées.

11. Nettoyage de la vis de l'unité d'injection (Réservoir de la matière première de l'unité d'injection) :

— Connaissance des procédures de nettoyage de la vis.

— Capacité à utiliser les produits de nettoyage adaptés.

12. Vérification de l'état de l'huile du réservoir de matière première (Réservoir de la matière première de l'unité d'injection) :

— Connaissance des indicateurs d'état de l'huile.

— Capacité à interpréter les résultats des tests d'état de l'huile.

13. Vérification des joints du piston (Réservoir de la matière première de l'unité d'injection) :

— Connaissance des types de joints utilisés et de leur remplacement.

— Capacité à effectuer le remplacement des joints.

14. Vérification des joints du vérin et de l'aspect de l'huile (Réservoir de la matière première de l'unité d'injection) :

— Connaissance des principes de base des vérins et des joints.

— Capacité à détecter les signes de détérioration des joints et à évaluer l'aspect de l'huile.

15. Contrôle de l'état des sondes et du circuit électrique (Réservoir de la matière première de l'unité d'injection) :

— Connaissance des principes de base des sondes et du circuit électrique.

— Capacité à effectuer des mesures et des vérifications électriques de base.

16. Vérification de l'absence de fuite de matière (Réservoir de la matière première de l'unité d'injection) :

— Connaissance des zones de fuite potentielles.

— Capacité à détecter les signes de fuite de matière.

17. Vérification du bon emplacement des fins de courses (Réservoir de la matière première de l'unité d'injection) :

— Connaissance des positions correctes des fins de courses.

— Capacité à ajuster les fins de courses si nécessaire.

18. Nettoyage des orifices du bloc hydraulique (Bloc hydraulique - unité de fermeture) :

— Connaissance des procédures de nettoyage des orifices.

— Capacité à utiliser les outils de nettoyage appropriés.

19. Vérification de l'état du bloc hydraulique (Bloc hydraulique - unité de fermeture) :
    - Connaissance des principaux composants du bloc hydraulique.
    - Capacité à détecter les signes de détérioration ou de dysfonctionnement.

20. Vérification de l'état de l'huile du bloc de commande (Bloc de commande - unité de fermeture) :
    - Connaissance des indicateurs d'état de l'huile.
    - Capacité à interpréter les résultats des tests d'état de l'huile.

21. Vérification de l'emplacement des fins de courses (Bloc de commande - unité de fermeture) :
    - Connaissance des positions correctes des fins de courses.
    - Capacité à ajuster les fins de courses si nécessaire.

22. Vérification des joints du piston du vérin d'éjection (Vérin d'éjection - unité de fermeture) :
    - Connaissance des types de joints utilisés et de leur remplacement.
    - Capacité à effectuer le remplacement des joints.

23. Vérification des joints du vérin d'éjection (Vérin d'éjection - unité de fermeture) :
    - Connaissance des types de joints utilisés et de leur remplacement.
    - Capacité à effectuer le remplacement des joints.

24. Connaissance des procédures de reporting :
    - Les opérateurs doivent savoir comment documenter et rapporter les observations et suggestions résultant de leurs activités de maintenance autonome. Cela peut inclure la tenue de registres de maintenance, la communication avec les responsables de la maintenance ou l'utilisation de systèmes de suivi informatisés.

25. Formation en la sécurité industrielle :
    - Il est essentiel que les opérateurs soient formés sur les pratiques de sécurité liées à la maintenance de la machine d'injection plastique. Cela comprend la manipulation sécuritaire des composants, l'utilisation d'équipements de protection individuelle (EPI) appropriés et la compréhension des risques potentiels associés aux opération effectuées.

Alors, ces besoins de formation peuvent servir une base pour développer un programme de formation ciblé pour les opérateurs de maintenance et les agents de maintenance. Il est recommandé de fournir une formation pratique, axée sur les compétences spécifiques requises pour chaque tâche de maintenance autonome.
Voici un exemplaire de planning de formation basé sur les connaissances nécessaires identifiées précédemment :

3.6.3.1 Plan de formation pour les opérateurs de production (niveau de complexité 1 et 2)

Module 1 (bases sur l'hydraulique industrielle) :

1. Formation sur les procédures de vérification du niveau d'huile hydraulique et l'interprétation des indicateurs de niveau d'huile.
2. Formation sur l'analyse de l'huile et les procédures de vidange.
3. Formation sur les procédures de contrôle des tuyaux hydrauliques et la détection des signes de détérioration ou de fuite.
4. Formation sur les procédures de nettoyage et de remplacement des tiroirs et des orifices du distributeur.
5. Formation sur les procédures de vérification du serrage des raccords et des flexibles.
6. Formation sur les procédures de nettoyage des orifices du bloc hydraulique.
7. Formation sur le remplacement des joints du piston et du vérin d'éjection.

Module 2 (bases sur la mécanique industrielle) :

1. Formation sur les techniques d'alignement des arbres et la vérification de leur fixation.
2. Formation sur les procédures de nettoyage de la vis de l'unité d'injection.
3. Formation sur le remplacement des joints du piston et du vérin dans le réservoir de matière première.

Module 3 (bases sur l'électricité industrielle) :

1. Formation sur les procédures de vérification du bobinage.
2. Formation sur la vérification de l'état des sondes et du circuit électrique.
3. Formation sur la vérification d'état des fins de courses.

Module 4 (bases sur Hygiène et sécurité industrielle) :

1. Formation en hygiène et sécurité industrielle
2. Utilisation d'équipements de protection individuelle.

Module 5 (bases sur le reporting et la rédaction industrielle) :

1. Formation en rédaction des observations et remarques pendants l'intervention de maintenance autonome

3.6.3.2 Plan de formation pour les agents de maintenance (niveau de complexité 3, 4 et 5)

Révision des principes de fonctionnement de la machine :

— Vue d'ensemble détaillée de chaque composant et de son rôle dans le processus de moulage.

— Analyse approfondie du fonctionnement hydraulique, pneumatique et électrique de la machine.

Tâches de maintenance de niveau 3 :

— Maintenance régulière des vérins hydrauliques.

— Vérification des fuites et remplacement des joints usés.

— Vérification des capteurs et des interfaces de contrôle.

— Inspection des dispositifs de sécurité.

Tâches de maintenance de niveau 4 et 5 :

Remplacement des composants défectueux ou usés, tels que les barres de liaison et les moules. Réparation ou remplacement des éléments endommagés du moule. Réglage et calibrage des systèmes de contrôle et de sécurité.

Bonnes pratiques de gestion de la maintenance :

1. Documentation et suivi des tâches de maintenance effectuées.
2. Collaboration avec les opérateurs de production pour signaler les problèmes et améliorer la performance de la machine.
3. Respect des normes de sécurité lors des opérations de maintenance.

Techniques de dépannage avancées :

— Utilisation d'outils de diagnostic avancés.

— Identification des causes profondes des problèmes.

— Planification et exécution des actions correctives.

Gestion de la sécurité et des risques :

— Connaissances approfondies des procédures de sécurité.

— Évaluation des risques liés à la maintenance de la machine.

— Utilisation d'équipements de protection individuelle.

3.6.4 Implémentation de cinquième pilier de la TPM "Maîtrise de la conception des produits et équipements"

Dans le contexte de cette ligne, nous identifions :

— un goulot d'étranglement dans l'étape d'arrangement et de gestion des pièces finies au sein du processus de production.

— Nous constatons une perte de temps causée par des gestes qui n'apportent aucune valeur ajoutée à la réalisation de la tâche.
— De plus, il y a des pertes significatives de matière première dues à la méthode de récupération et au ramassage des pièces finies tombées sur le sol.

Donc, afin d'optimiser ce processus il est essentiel de prendre des mesures pour résoudre les problèmes :

1. **Adaptation d'une Conception ergonomique :**
   Lors de la conception des équipements et des produits, il est important de prendre en compte les aspects ergonomiques pour faciliter le ramassage des pièces finies. Cela implique de concevoir des zones de ramassage accessibles, des dispositifs de préhension appropriés et des méthodes de manipulation ergonomiques. Cela peut impliquer l'utilisation d'outils appropriés, tels que des pinces ou des plateaux de ramassage, et l'adoption de techniques appropriées pour manipuler les pièces sans les endommager.
2. **Prévention des chutes de déchets de polystyrène :**
   Des mesures préventives peuvent être mises en place pour éviter que les déchets de polystyrène ne tombent sur le sol. Cela peut inclure l'utilisation de bacs de récupération ou de barrières pour contenir les déchets pendant le processus de moulage.
3. **Standardisation des procédures :**
   Dans le cadre de la maîtrise de la conception des produits et équipements, il est essentiel d'établir des procédures standardisées pour le ramassage des pièces finies.

On met l'accent sur l'importance de considérer la conception des équipements et des produits les aspects ergonomiques, la standardisation des procédures cela contribue à améliorer la performance globale du processus en garantissant une manipulation adéquate des pièces finies et en minimisant les risques d'erreurs ou de dommages.

3.6.5 Implémentation de sixième pilier de "Maîtrise de qualité"

En particulier, le besoin d'implémenter ce pilier est caractérisée par le nombre élevé de pièces défectueuses, principalement en raison de la méthode utilisée par l'opérateur de production pour les ramasser. En laissant les pièces finies tomber sur le sol, cela entraîne des rayures et des cassures sur les produits finis en polystyrène.
Il est nécessaire de mettre en place des mesures pour éliminer ces sources de pertes en terme de qualité :

1. **Réduction des rebuts :** Une sensibilisation accrue à l'importance de la gestion des déchets et de la prévention de la contamination est essentielle peut entraîner des rebuts de production. on adoptant des solution a cette source de perte,on minimisera les risques d'endommagement des pièces et réduira le taux de rebut et des coûts associés. ,bien notamment, l'adaptation des systèmes de collecte spécial pour les déchets pour faciliter le recyclage et conserver une quantité de matière considérable pour la production dans le but d'améliorer la qualité globale du processus.
2. **Amélioration des processus de collecte des pièces :**
   Plutôt que de laisser simplement tomber les pièces finies sur le sol, envisagez d'installer des systèmes de collecte adaptés pour éviter les rayures et les cassures. Cela peut inclure l'utilisation de bacs de collecte doublés de matériaux protecteurs, de tapis de sol en caoutchouc pour amortir les chutes, ou même l'automatisation du processus de collecte à l'aide de robots ou de convoyeurs.
3. **Contrôle qualité renforcé :** Mettez en place des procédures de contrôle qualité plus rigoureuses pour détecter les pièces défectueuses dès qu'elles sont ramassées. Cela peut inclure l'utilisation de caméras de vision ou de systèmes d'inspection automatisés pour détecter les rayures, les cassures ou d'autres défauts visibles. En identifiant rapidement les pièces défectueuses, vous pouvez les retirer du processus de production avant qu'elles ne compromettent la qualité du produit final.
4. **Utilisation d'équipements de manutention adaptés :**
   Assurez-vous que les opérateurs disposent des outils et équipements appropriés pour manipuler les pièces finies sans les endommager. Cela peut inclure l'utilisation de gants spéciaux pour éviter les rayures, l'utilisation de pinces ou de dispositifs de levage pour manipuler les pièces de manière plus sûre, ou même l'investissement dans des équipements de manutention automatisés pour réduire les risques d'erreurs humaines.
5. **Le contrôle statistique de procédé**
   Une autre solution pour lutter contre la source de perte et améliorer la qualité du processus consiste à utiliser le contrôle statistique des procédés, notamment les cartes R (carte de la plage de variation) et les cartes S (carte de l'écart-type).
   L'utilisation de ces outils de contrôle statistique des procédés vous permet de surveiller en temps réel la qualité du processus de collecte et d'identifier rapidement les dérives ou les problèmes potentiels. Lorsque des signaux d'alarme sont détectés sur les cartes R ou S, des actions correctives peuvent être prises pour corriger les sources de variation et améliorer la qualité globale du processus.

3.7 Comparaison entre les deux approches d'implantation de la TPM

3.7.1 Programme d'implémentation de la TPM selon le JIPM

Le JIPM (Japan Institute of Plant Maintenance) est une organisation japonaise qui a développé la méthodologie et les lignes directrices pour la mise en œuvre du Total Productive Maintenance (TPM). Voici un aperçu général du programme d'implémentation de la TPM selon le JIPM :

Tableau 3.15: Programme d'implémentation de la TPM selon le JIPM

Tâches	Tâches antérieures	Durée (en semaines)
1. Décision de la direction	–	1
2. Communication et formation	1	4
3. Organisation et pilotage	2	2
4. Définition des objectifs	3	1
5. Planification	4	2
6. Démarrage	5	1
7. Mise en place d'un système de production en haute performance	6	5
8. Maîtrise de conception des nouveaux produits	7	6
9. Maîtrise de la qualité	7, 8	6
10. Implémentation de la TPM dans les services fonctionnels	1, 5	4
11. Maîtrise des conditions de travail et de l'environnement	7, 8, 9	4
12. Pérennisation et amélioration	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11	10

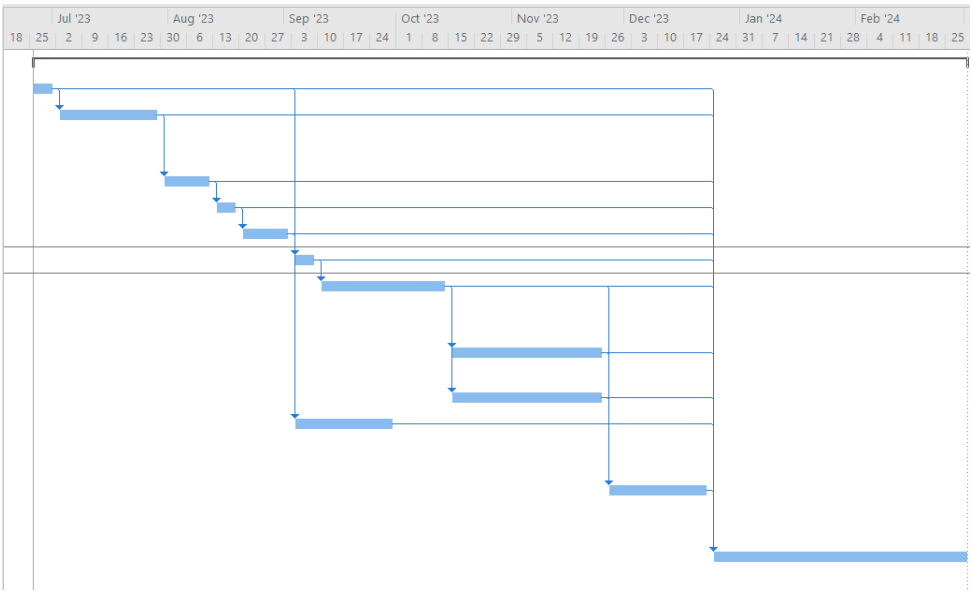


Figure 3.16: Diagramme de Gant de l'approche de la TPM selon le JIPM

3.7.2 Programme d'implémentation de la TPM optimisée

Le programme d'implémentation de la Total Productive Maintenance (TPM) optimisée représente une approche stratégique que nous avons développée pour aider l'entreprise de IRIS - Algérie à atteindre de nouveaux sommets en matière de performance et d'efficacité opérationnelle. Notre proposition repose sur les principes éprouvés du TPM, enrichis par les recherches et expérience aquises pendant la realisation de ce PFE, afin de vous offrir une méthodologie personnalisée et adaptée au besoins spécifiques du cas d'étude :

Tableau 3.16: Programme d'implémentation de la TPM optimisée

Tâches	Tâches antérieures	Durée (en semaines)
1. Décision de la direction	–	1
2. Communication et formation	1	4
3. Démarrage	2	2
4. Elaboration de diagnostique initial	3	5
5. Implémentation de premier pilier TPM	4	2
6. Définition des objectifs (pistes prioritaires pour l'implémentation de la TPM)	5	1
7. Implémentation de pilier de « maintenance planifiée »	6	3
8. Implémentation de pilier de « maintenance autonome »	6, 7	1
9. Implémentation de pilier de « amélioration des compétences et de savoir-faire »	6, 7, 8	5
10. Implémentation de pilier TPM "Maîtrise de la conception des produits et équipements"	6	3
11. Implémentation de pilier TPM "Maîtrise de la qualité"	6, 10	2

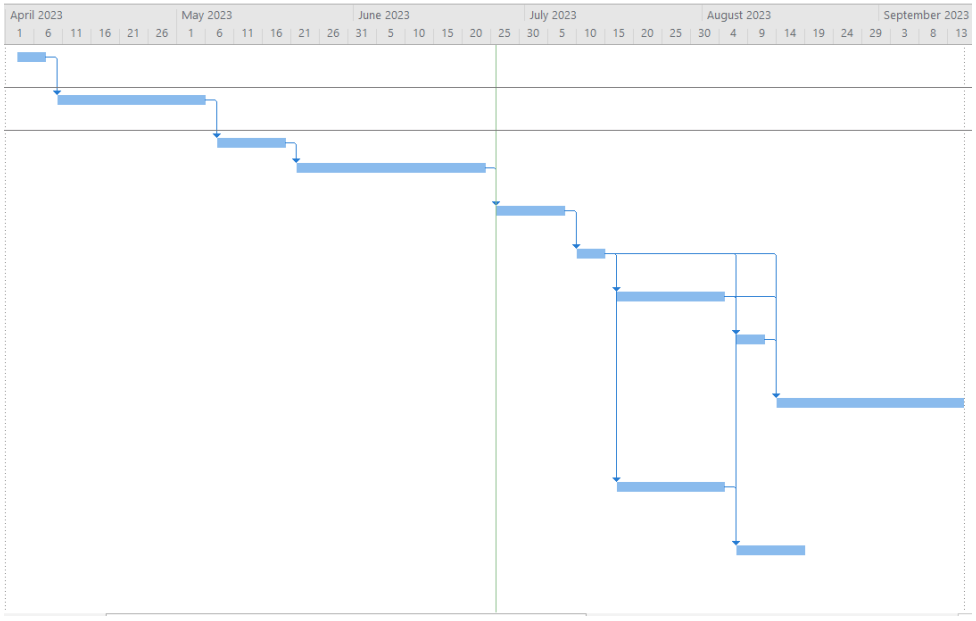


Figure 3.17: Diagramme de Gant de l'approche de la TPM optimisée

— En comparant les deux approches d'implémentation de la TPM, nous considérons que notre méthodologie proposée est plus conviviale et facile à mettre en œuvre. Notre programme d'implémentation de la TPM optimisée a été spécifiquement

conçu en tenant compte des réalités et des exigences propres aux entreprises algériennes. Nous sommes conscients de l'importance de réaliser des progrès tangibles dans des délais raisonnables. C'est pourquoi notre approche met l'accent sur des actions pragmatiques visant à maximiser les avantages à court terme.

	Programme d'implémentation de la TPM selon le JIPM	**Programme d'implémentation de la TPM optimisée**
Temps d'implémentation	30 semaine et 5 jours	23 semaine et 4 jours
L'approche	générale	pragmatique
complexité	La plus part des cas difficile a implémenter	Méthodologie simple à implémenter
Adaptation	Présente des exigences strictes et nécessite une adaptation complexe	Souple et facile à adaptée
Le nombre des piliers	Tous les piliers (8)	Piliers prioritaires

Tableau 3.17: Tableau de comparative entre la TPM optimisée et la TPM selon JIPM

3.8 Conclusion

En conclusion de ce chapitre, nous avons identifié les pistes prioritaires pour l'implémentation de la solution TPM (Total Productive Maintenance). Nous avons constaté que les problèmes de : réactivité du service de maintenance, la disponibilité de la machine de moulage de forme en polystyrène EPS04 et la performance de la ligne de polystyrène étaient les principaux obstacles à une productivité optimale.

Pour aborder ces problèmes, nous avons réalisé une analyse approfondie de l'historique de maintenance de la machine de moulage par injection de polystyrène EPS-04. Nous avons également appliqué la méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) pour identifier les modes et les causes des défaillances.

En parallèle, nous avons utilisé la méthode VSM (Value Stream Mapping) pour évaluer

la performance opérationnelle de la ligne de polystyrène. Cela nous a permis de mettre en évidence les opportunités d'amélioration et d'élaborer une solution TPM spécifique pour augmenter la performance globale de l'entreprise.

Cette solution comprend la mise en place d'un plan de maintenance planifiée, la maintenance préventive des presses d'injection, l'implémentation de la maintenance autonome, ainsi que la formation continue pour répondre aux exigences de la maintenance autonome. De plus, nous prévoyons d'améliorer la ligne de production de polystyrène en mettant en œuvre les cinquième, sixième et huitième piliers de la TPM.

En intégrant ces actions dans notre stratégie d'implimentation, nous sommes confiants dans le fait que nous pourrons surmonter les obstacles identifiés et atteindre une productivité accrue pour l'entreprise. Dans les chapitres suivants, nous détaillerons la mise en œuvre de ces solutions et présenterons les résultats obtenus.

Conclusion Générale

Dans le contexte de l'industrie mondiale, où la qualité et la productivité jouent un rôle essentiel dans les choix techniques et économiques, il est crucial que la maintenance ne soit plus négligée dans le secteur industriel en Algérie. Face à la crise économique actuelle et à la diminution des revenus pétroliers, il est impératif pour les responsables d'entreprises algériennes de considérer l'adoption de méthodes stratégiques de maintenance telles que la Maintenance Productive Totale (TPM). Les avantages de la TPM, adaptés aux spécificités locales, sont nombreux, et elle représente un moyen de transformer la culture de l'entreprise.

Pour introduire la TPM dans une entreprise de production en Algérie, il est recommandé de commencer par un atelier stratégique ou un processus pilote, tel que la ligne de production polystyrène, avant de l'étendre à l'ensemble des structures de l'entreprise.

La réussite de la TPM repose sur la mobilisation de toute l'entreprise pour traiter toutes les pertes de capacité, qu'elles soient d'ordre technique, organisationnel ou qualitatif. La mise en place d'un projet TPM nécessite de nouvelles méthodes de travail, une réorganisation interne et une répartition des responsabilités entre les services. Un soutien continu de la direction sur une période prolongée est essentiel. Il est également important de suivre une approche rigoureuse et structurée en respectant les étapes clés. Les entreprises qui possèdent la capacité, la volonté, la persévérance et la patience seront celles qui réussiront à créer une valeur opérationnelle qui les démarquera de leurs concurrents.

Il est essentiel d'éviter toute opposition potentielle des partenaires sociaux (syndicats) qui pourraient se plaindre d'une surcharge de travail lors du déploiement de la TPM. La direction de l'entreprise doit souligner que ces nouvelles tâches font partie intégrante de la charge de travail normale et visent à améliorer les conditions de travail et la sécurité.

À travers notre étude et nos recherches sur le terrain, ainsi que l'utilisation des documents disponibles au sein de l'entreprise IRIS ALGERIE, nous avons pu constater que la formalisation et la préparation de l'entreprise à adopter au moins cinq (05) piliers de la TPM sont évidentes pour atteindre une performance industrielle satisfaisante.

Lorsque nous comparons les deux approches d'implantation de la TPM, nous considé-

rons que notre méthodologie proposée se démarque par sa simplicité et sa facilité de mise en œuvre. Nous avons conçu notre programme d'implémentation de la TPM optimisée en tenant compte des réalités et des exigences spécifiques des entreprises algériennes. Nous comprenons parfaitement l'importance d'obtenir des résultats concrets dans des délais raisonnables, c'est pourquoi notre approche met l'accent sur des actions pragmatiques et vise à maximiser les gains à court terme.

Nous encourageons d'autres étudiants à poursuivre ce travail en choisissant des sujets de recherche similaires afin de mettre en évidence la disposition d'autres entreprises algériennes performantes, certifiées ISO 9000, à s'engager dans la démarche TPM. L'intégration de la gestion de la qualité en entreprise, avec ses certifications, peut être considérée comme une opportunité et une source d'apprentissage pour faciliter la transition vers la TPM.

Bibliographie

[1] Jyoti Prakas Majumdar and B Murali Manohar. Implementing tpm programme as a tqm tool in indian manufacturing industries. *Asian Journal on Quality*, 13(2) :185–198, 2012.

[2] Md Rasel, Mohammad Mashud, Md Rahman, Md Rahman, and Enamul Hoq. *Management and Maintenance of Textile Machinery*, pages 31–63. 06 2023.

[3] Elias Fouad MAMI. *Détermination des critères d'optimisation de la maintenance industrielle par le management de la qualité*. PhD thesis.

[4] M Bouraine, Kenza Tamiti, Kenza Meddour, et al. *Optimisation de la maintenance*. PhD thesis, Université abderrahmane mira béjaia, 2015.

[5] François Monchy and Yvan Mirochnikoff. La fonction maintenance : formation à la gestion de la maintenance industrielle. 1987.

[6] Patrick Lyonnet. *Optimisation d'une politique de maintenance : fondement*. Technique et Documentation-Lavoisier, 1993.

[7] Al Weber and Ron Thomas. Key performance indicators : measuring and managing the maintenance function. *Ivara Corporation*, 2005.

[8] Youcef BOUARFA and Abdeladim GUENDOUZ. *Détermination des conditions idéales pour l'amélioration des performances d'une entreprise de production par la Totale Productive Maintenance (TPM)*. PhD thesis.

[9] Abdallah Boujlida. *La performance financière des PME manufacturières : conceptualisation et mesure*. PhD thesis, Université du Québec à Trois-Rivières, 2002.

[10] Michał Molenda. The autonomous maintenance implementation directory as a step toward the intelligent quality management system. *Management Systems in Production Engineering*, 24(4) :274–279, 2016.

[11] Abhishek Jain, Rajbir Bhatti, and Harwinder Singh. Total productive maintenance (tpm) implementation practice : A literature review and directions. *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(3) :293–323, 2014.

[12] Houda El Aoufir, Driss Bouami, and Mohammed Hicham mouzdahir 1. Sur l'application de la méthode abc/abm au calcul des coûts de la maintenance. *Revue française de gestion*, (5) :35–44, 2004.

[13] Hichem BERRAHMA CHEKROUN. *Contribution à l'implantation de la TPM dans une entreprise Algérienne de production.* PhD thesis.

[14] *Intcontribution a l'amelioration des performances operationnelles des machines industrielles, author=bouanaka mohamed larbi,costantine.* PhD thesis.

[15] Messaoud Amira, Aissam Boulechefar, and Rachid Encadreur Belhadef. *Optimisation et amélioration de la maintenance par la fiabilité : Cas d'une turbine d'une centrale électrique.* PhD thesis, Université de Jijel, 2019.

[16] OUSSAMA SALAH. *UTILISATION DE LA GMAO POUR LA PLANIFICATION DE LA MAINTENANCE PREVENTIVE.* PhD thesis, Université Mohamed Boudiaf-M'sila, 2018.

[17] Mounir SAADAOUI, Aymen Sofiane SOUFI, and Mohamed GHAOUAR. *L'impact de la Maintenance sur la disponibilité des Equipements Pétroliers.* PhD thesis.

[18] John William Mbuli. *A multi-agent system for the reactive fleet maintenance support planning of a fleet of mobile cyber-physical systems : application to rail transport industry.* PhD thesis, Université Polytechnique Hauts-de-France, 2019.

[19] Morgane Tanguy. *Contribution à l'étude de matériaux composites à matrice polypropylène et renforcés par des fibres végétales : de la fibre à la pièce automobile.* PhD thesis, Université de Bretagne Sud, 2016.

[20] Valérie Dorval. *Stratégie d'implantation de la TPM dans une entreprise agroalimentaire.* PhD thesis, Université Laval, 2010.

[21] Maintenance preventive conditionnelle.

[22] BOUHRIZ DAÏDJ Feriel. Evolution du marche du travail en algerie : Le cas de l'anem (2015-2018).

[23] ABDELKBIR ASSIA. *Diagnostiquee t maintenanced'un systèmed e commandeh ydrauliquee t refroidissemendt nun four à induction (SNVI de Rouïba).* PhD thesis, University of M'sila.

[24] C Meyrieux, R Garcia, N Pourel, A Mège, and V Bodez. Analyse des risques a priori du processus de prise en charge des patients en radiothérapie : exemple d'utilisation de la méthode amdec. *Cancer/Radiothérapie*, 16(7) :613–618, 2012.

Annexe A

Title of the Appendix

A.1 Choix de la stratégie maintenance

Le choix entre les stratégies de maintenance s'effectue dans le cadre de la politique de maintenance et doit s'opérer en accord avec la direction de l'entreprise. Il est primordial de déterminer une analyse exhaustive de divers facteurs pour désigner une politique de maintenance idoine. [4] Ces facteurs comprennent la criticité de l'équipement, sa fréquence d'utilisation, les conditions de travail, les coûts liés à la maintenance, la disponibilité des pièces de rechange ainsi que les réglementations. Après avoir pris en compte ces éléments, il devient possible d'élaborer la stratégie de maintenance la plus adaptée afin de garantir une performance optimale de l'équipement tout en minimisant les coûts associés à la maintenance Nous présentons, ci-après, les méthodes de maintenance les plus utilisées :

A.1.1 Maintenance préventive

C'est une maintenance effectuée selon des critères pré déterminés, dans l'intention d'amoindrir la probabilité d'apparition d'un défaillance d'un actif ou la dégradation d'un service rendu. [20]

On cherche alors à tendre vers un taux de défaillance presque nul en effectuant le maintien du niveau de performance requis avant l'apparition du défaut sel que s'implique la diminution de la disponibilité des équipements

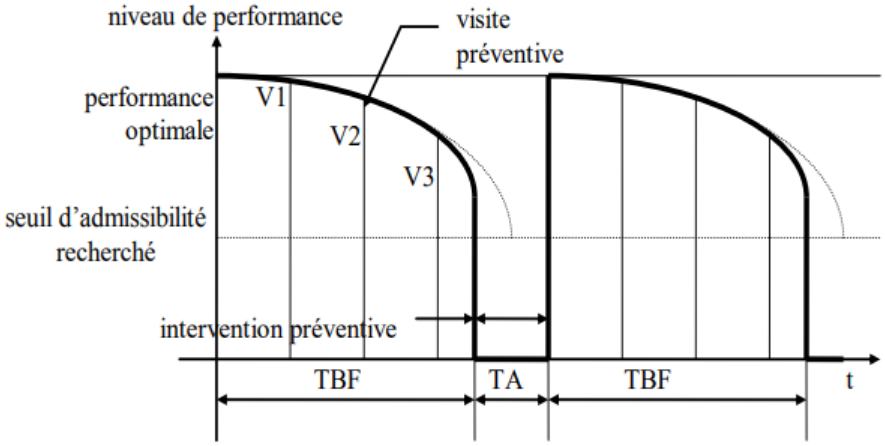


Figure A.1: L'impact de la maintenance préventive sur la performance . [?]

A.1.1.1 Maintenance systématique

Les activités correspondantes sont entamées selon un échéancier établi à partir d'un nombre prédéterminé d'unités d'usage mais sans contrôle préalable de l'état du bien. [20]

En plus du temps, il est faisable d'utiliser d'autres unités pour mesurer cadence entre les activités de maintenance préventive. Ces unités peuvent englober la quantité de produits fabriqués, la longueur des produits fabriqués, la distance parcourue, la masse des produits fabriqués, le nombre de cycles effectués, et d'autres encore. [4]

Cette périodicité d'intervention est dterminée à partir de la mise en service ou après une révision partielle ou complète, La maintenance systématique peut être appliquée dans les cas ou équipements dont la panne risque de provoquer des accidents graves ou d'autre dont les dépenses de fonctionnement deviennent anormalement élevées au cours de leur temps de service.

A.1.1.2 La maintenance conditionnelle

La maintenance préventive conditionnelle se caractérise par la mise en évidence des fractions faibles par l'implication des inspections périodiques et la surveillance de l'équipement afin de détecter les signes précurseurs de défaillance. [21]

La maintenance conditionelle se reposer sur l'idée que certains genres de défaillances peuvent être déceler avant qu'ils ne causent des problèmes plus graves. Les inspections et le contrôle peuvent être basées sur des critères de temps, de vitesse, de fréquence d'utilisation ou de performance. Des inspections visuelles peuvent être effectuées pour vérifier l'état de l'équipement, tandis que d'autre plus avancées peuvent utiliser des techniques telles que l'analyse des vibrations, l'analyse des huiles ou la thermographie. [20]

La maintenance conditionnelle est donc une maintenance liée à l'expérience et faisant intervenir avec des informations collectées en temps réel.

A.1.2 La maintenance corrective

La maintenance corrective est un type de maintenance qui consiste à réparer ou remplacer un équipement ou un composant après qu'une défaillance ou un dysfonctionnement se soit produit ou une dégradation de sa fonction initiale

L'intervention effectuer lorsque l'équipement ou le système ne fonctionne plus conformément à ses spécifications ou à ses performances normales et que cela affecte négativement la production, la qualité des produits ou la sécurité des travailleurs, La maintenance corrective peut être coûteuse en termes de temps et de ressources, car elle nécessite souvent des temps d'arrêt imprévus pour la production et des coûts supplémentaires pour la

réparation. [20] Pour cette raison, la combinaison de la maintenance préventive et corrective peut aider à maintenir l'équipement en bon état de fonctionnement et à minimiser les temps d'arrêt de la production

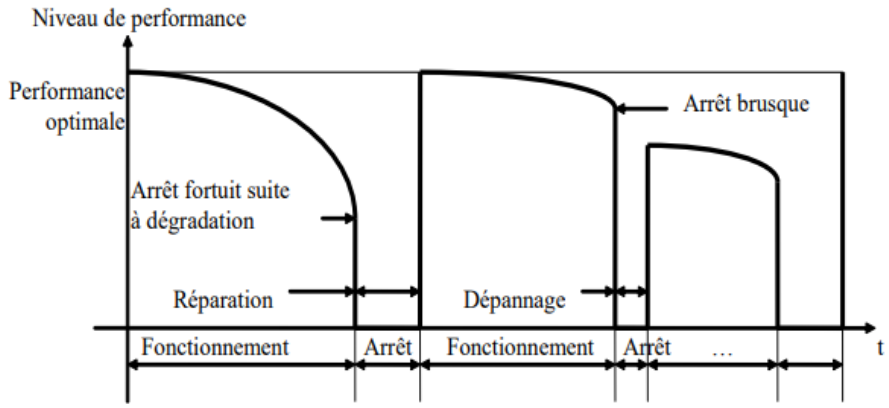


Figure A.2: L'impact de la maintenance corrective sur la performance .

A.1.2.1 La maintenance palliative

La maintenance palliative vise à allonger temporairement la durée de vie ou la fonctionnalité d'un système lorsque sa défaillance est imminente ou inévitable, est souvent envisagé comme des travaux de bricolage car elle ne traite pas les causes profondes de la défaillance donc c'est une solution provisoire destinée à maintenir l'équipement en opération. [4]

Cette stratégie peut être utilisée dans des situations où des pièces de rechange ne sont pas promptement disponibles où Il est indispensable d'avoir des compétences spécialisées afin d'effectuer une réparation complète où à l'existence des contraintes budgétaires. Cependant, l'exécution de la maintenance palliative à long terme, car elle peut entraîner des coûts supplémentaires et une diminution de la fiabilité de machine.

A.1.2.2 La maintenance curative

C'est un type de maintenance qui intervient après qu'une panne ou un dysfonctionnement d'un équipement, une machine, une installation ou d'un système. [4] La maintenance corrective curative vise à diagnostiquer la cause de la panne ou du dysfonctionnement, cela signifie que les opérations de maintenance doivent se concentrer sur le remplacement partiel ou total du matériel. Elle est réalisée de manière réactive en réponse à un problème réactive, orienté à minimiser les temps d'arrêt imprévus et à rétablir rapidement la production normale.

A.1.3 La maintenance prédictive

La maintenance prédictive est une approche de gestion de la maintenance qui vise à prédire les pannes ou les défaillances d'un équipement ou d'un système grâce à l'utilisation des données collectées en temps réel, des techniques d'analyse et des prototype statistiques pour anticiper les problèmes éventuels, elle permet de percevoir les signes avant-coureurs de défaillance et de prendre des mesures préventives pour rectifier les problèmes avant qu'ils ne conduisent à des pannes majeures

L'avantages de la maintenance prédictive centré autour de la réduction des coûts de maintenance, l'optimisation de l'utilisation des ressources, l'amélioration de la sécurité des opérations.

A.2 Industrie électroménager en Algérie (Chapitre 3)

A.2.1 Présentation, Historique et évolution de l'industrie électroménagère en Algérie

Dans les années 1980, la construction de l'industrie électroménagère en Algérie a débuté avec la création de la SONELEC (société nationale de fabrication et de montage du matériel électrique). En 1983, la restructuration de cette entreprise a donné naissance à plusieurs autres entreprises publiques, dont l'entreprise nationale des industries de l'électroménager (ENIEM), qui a dominé l'industrie pendant une longue période. À l'époque, cette filière était principalement concentrée dans la région ouest (Sidi Bel Abbès) et au centre du pays (Tizi Ouzou), où ENIE et ENIEM étaient implantées, représentant les deux principaux acteurs de l'industrie électroménagère algérienne. Entre 2000 et 2002, le marché de l'électroménager, largement dominé par les importations, a dangereusement compromis le secteur productif national, qu'il soit privé ou public, en réduisant considérablement ses capacités d'emploi. La production nationale d'électroménager ne couvrait alors qu'environ 40Entre 2002 et 2019, le marché national de l'électroménager, autrefois dominé par le secteur public avant l'ouverture économique, a connu l'arrivée de multinationales et le développement de partenariats. Aujourd'hui, la configuration de cette industrie a considérablement évolué, imposant de nouvelles règles du jeu à ses acteurs. De nombreuses entreprises ont disparu, tandis que d'autres entreprises publiques et privées ont fait leur entrée sur le marché, telles que le groupe Condor en 2002, IRIS en 2004, etc.

A.2.2 État de lieu de l'industrie électroménagère en Algérie

En raison de la situation actuelle, il a été extrêmement difficile de trouver des données récentes et complètes sur l'état actuel du marché algérien de l'électroménager. Nous avons dû nous contenter de données partielles issues de nos recherches sur Internet et d'un mémoire de fin d'études. ainsi que d'une revue intitulée "Algérie industrie" [22] Voici quelques caractéristiques du marché de l'électroménager en Algérie :

- Le marché est dominé par 13% d'entreprises publiques et 87% d'entreprises privées.
- Sur les cinquante marques créées pendant la période 2005-2006, le marché national a connu une décantation en 2008-2009, où seules huit grandes marques concurrentes ont perduré.
- Le marché national de l'électroménager est soumis à une forte concurrence, en particulier dans les secteurs des réfrigérateurs et des cuisinières. Cette concurrence se base principalement sur les prix, plutôt que sur la qualité des produits.
- Le marché algérien de l'électroménager n'est ni monopolistique ni oligopolistique, mais se rapproche d'une concurrence pure et parfaite. Les entreprises ont une certaine marge de manœuvre pour fixer les prix. Le marché se caractérise par son dynamisme, sa volatilité et sa sensibilité aux prix et aux efforts commerciaux. Il est également influencé par l'innovation technologique.

En tenant compte de l'état actuel du marché de l'électroménager en Algérie, qui se caractérise par une grande concurrence, il est clair que la productivité des entreprises joue un rôle crucial pour rester compétitif dans ce secteur. Par conséquent, il s'agit d'un exemple pertinent pour la mise en place de la Total Productive Maintenance (TPM). La TPM peut permettre aux entreprises de renforcer leur productivité en prévenant les pannes, en réduisant les temps d'arrêt et en augmentant la durée de vie des équipements.

A.3 AMDEC : une méthode d'analyse pour identifier les modes et les causes des défaillances

A.3.1 Définition de l'AMDEC

AMDEC est l'abréviation de « Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leurs Criticités » ou, en anglais FMECA/FMEA : Failure Mode Effects and Criticality Analysis. L'AFNOR (Association Française de Normalisation) définit l'AMDEC comme étant une méthode inductive qui permet de réaliser une analyse qualitative et quantitative de la fiabilité ou de la sécurité d'un système. La méthode AMDEC est avant tout une méthode d'analyse de systèmes statiques, s'appuyant sur un raisonnement inductif

(causes-conséquences), pour l'étude organisée des causes, des effets des défaillances et de leurs criticités. [23]

A.3.2 Types d'AMDEC

[24]

— AMDEC organisation : L'AMDEC organisation s'applique aux différents niveaux de processus principaux de l'entreprise : du premier niveau qui englobe les processus de gestion, d'information, de production, de gestion du personnel et le processus marketing, jusqu'au dernier niveau comme l'organisation d'une tâche de travail.

— AMDEC produit ou projet : L'AMDEC produit ou projet est utilisée pour étudier en détail la phase de conception du produit ou d'un projet. Si le produit comprend plusieurs composants, on applique des AMDEC sur les composants.

— AMDEC processus : L'AMDEC processus s'applique à des processus de fabrication. Elle permet d'analyser et évaluer la criticité de toutes les défaillances potentielles d'un produit engendrées par son processus. Elle peut être utilisée pour les postes de travail.

— AMDEC moyen : L'AMDEC moyen s'applique à des machines, outils, équipement et appareils de mesure, des logiciels et systèmes de transports internes.

— AMDEC service : L'AMDEC service s'applique pour vérifier que la valeur ajoutée réalisée dans le service correspond aux attentes des clients et que le processus de réalisation de service n'engendre pas de défaillances.

A.3.3 La grille de cotation AMDEC :

Les colonnes principales d'une fiche AMDEC sont les suivantes :

Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de défaillance	Criticité				Actions envisagées	Niveaux de tache
					G	F	D	C		

Tableau A.1: Colonnes de tableau AMDEC

La criticité dans le contexte de l'AMDEC est une évaluation de l'importance ou du degré de gravité d'un mode de défaillance. Elle permet de déterminer l'impact d'une défaillance potentielle sur le fonctionnement global du système ou de l'équipement étudié.

La criticité C est évaluée en utilisant les trois indices précédents pour calculer l'indice de priorité des risques (IRP) selon la formule : $IRP = G \times F \times D$. Dans le contexte de l'AMDEC moyen, l'échelle de l'IRP est cotée de 1 à 64. Tels que :

a. La gravité (G) :

L'indice de gravité G évalue l'impact de chaque défaillance sur l'utilisateur ou l'équipement. Dans le cadre de l'AMDEC moyen, l'indice de gravité est noté de 1 à 4.

Dans notre cas, la grille de cotation est la suivante :

Gravité	**Critère**
1	Pas d'arrêt de production
2	Arrêt $\leq$ 1 heure
3	1 heure $<$ Arrêt $\leq$ 1 jour
4	Arrêt $>$ 1 jour

Tableau A.2: L'échelle de gravite(G) de chaque défaillance

b. L'occurrence (fréquence (F)) :
L'indice d'occurrence F est lié au risque d'apparition d'une défaillance pour une cause donnée, correspondant à la notion de probabilité de défaillance. Pour l'AMDEC moyen, l'indice d'occurrence est coté de 1 à 4.

Fréquence	Critère
1	Une à deux fois par an
2	Au moins une fois par 6 mois
3	Au moins une fois par 3 mois
4	Au moins une fois par mois

Tableau A.3: L'échelle de la fréquence (F) d'apparition d'une défaillance

c. La non-détection(D) :
L'indice de non-détection D représente la probabilité qu'une défaillance se produise et atteigne l'équipement malgré les contrôles en place. Dans le cadre de l'AMDEC moyen, l'indice de non-détection est coté de 1 à 4.

Les actions prioritaires sont généralement déterminées en comparant l'IRP à un seuil. Pour l'AMDEC moyen, un IRP supérieur ou égal à 16 est souvent choisi comme seuil. Il est possible de modifier ces seuils en fonction des exigences spécifiques ou des pratiques propres à l'entreprise.

Non-détection	Critère
1	Très probable
2	Probable
3	Peu probable
4	Très peu probable

Tableau A.4: L'échelle La non-détection de défaillance (D)

A.4 Les tableaux de l'analyse de l'AMDEC(Chapitre 3)

A1- Analyse AMDEC de la partie stockage d'huile

Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de défaillance	Criticité G	F	D	C	Actions envisagées	Niveaux de tache
Réservoir d'huile hydraulique	Stocker le fluide hydraulique	Manque d'huile	Fuite d'huile	Manque de puissance hydraulique, arrêt de production						
			fatigue des flexibles sous l'effet de la pression		2	1	2	4	Remplacer les flexibles avec serrage des raccords	02
			Détérioration des joints d'étanchéité		2	1	2	4	Changer les joints d'étanchéité	01
			fuite au niveau du réservoir		2	1	2	4	Vérifier l'état du réservoir, inspection et appoint	02
		Pollution de l'huile	Mélange de l'huile avec la poussière due à la non fermeture du	Influence la durée de vie du fluide, blocage des vannes, usure du groupe hydraulique.	1	2	2	4	Vérifier la fermeture du réservoir	01
			Huile de mauvaise qualité		1	1	2	2	Choisir l'huile de bonne qualité	03
			Vidange retardée		2	1	2	4	Effectuer la vidange après l'analyse de l'huile	02
			Mélange d'huile avec l'eau lié à l'éclatement de l'échangeur de chaleur		3	1	2	6	Remplacer l'échangeur de chaleur	02
			Mélange des particules des tuyaux avec l'huile à cause de l'érosion		3	1	2	6	Changer la qualité des tuyaux	01
		Echauffement de l'huile	Dysfonctionnement du système de refroidissement	Arrêt de la machine						
			L'eau qui provient du chiler n'est pas froide		2	1	1	2	Vérifier la température de fonctionnement du chiler	
			Filtre d'eau colmaté (débit d'eau insuffisant)		2	1	2	4	Nettoyer la cartouche filtrante	01
			Electrovanne d'arrivée d'eau dans le système est bloquée		2	1	2	4	débloquer ou remplacer l'électrovanne	
			Fuite liée au desserrage des raccords de tuyauterie		2	3	2	12	Contrôle de l'éventuelle présence de fuite	01
Indicateur de niveau d'huile	contrôle du niveau d'huile	Disfonctionnement	casse	Rien	1	1	1	1	Changement de l'indicateur	02
Filtre d'aération filtre à huile	Protéger le réservoir	Colmatage	Poussières dans l'air	Aération insuffisante, Arrêt de la machine	1	1	2	2	Nettoyer, changer la cartouche ou remplacer le filtre	02
	Filtrer l'huile	Colmatage	Impureté au sein de l'huile	Couper la pompe, Arrêt de la machine	2	1	2	4	Contrôle du filtre, le remplacer si nécessaire	02
Joint d'étanchéité	Empêche le passage d'huile vers l'extérieur	Usure	Fatigue	Fuite d'huile, arrêt de la machine	3	2	2	12	Changement des joints	01
tuyaux flexibles	Permet le distribution de l'huile hydraulique	fuite	Mauvais serrage des éléments de fixation	Perte de fluide	3	1	2	6	Vérifier le serrage des raccords, remplacer les flexibles	02

A2- Analyse AMDEC de la partie pompage d'huile

Le tableau AMDEC de la partie pompage d'huile est représenté ci-dessous :

Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance	Criticité				Actions envisagées	Niveaux de tache
					G	F	D	C		
Moteur 22KW 380V	Transforme l'énergie électrique en énergie mécanique (actionnerla pompe)	Grillage d'enroulements du Stator	Surcharge (tension élevée)	Arrêt de la machine	4	1	2	8	controler le bobinage du moteur(Rembobinage)	02
		Fonction irrégulière du rotor	Usure des enroulements	Arrêt de la machine	4	1	2	8	controler le bobinage du moteur(Rembobinage)	02
		Manque de phase	Problème dans les relais thermique	Problème dans les relais thermique	2	1	1	2	Changer les relais thermique	03
Pompe à engrenage 16KW	Débiter l'huile sous pression, générer la puissance hydraulique	Baisse de débit	Usure abrasive des engrenages	Arrêt de la machine	3	1	1	3	Vérifier l'étanchéité des tuyauxd'aspiration, changer les engrenages	01
		Vibration	Défaut de délignage ou défaut de fixation	Rupture de l'arbre	3	2	1	6	Réaligner les arbres et vérifier lafixation	02
Accoupleme nt	Faire la liaison entre lemoteur et la pompe	Usure de l'étoile d'accoupleme nt	Fatigue, accident	Accouplem ent endomma gé	3	1	2	6	Changer l'accouplement	02
Soupape de réglage	Limite la pression du système et protège lestuyaux souples contre la surpression	Obturation	Défaut dans le circuit hydraulique	Arrêt de la machine	2	1	2	4	Vérifier l'état de l'huile et nettoyer les orifices	01
		Blocage en position ouverte/fermé e	Usure des composants (clapet, tiroir, siège, ressort)	Arrêt de la machine	2	1	2	4	Vérifier le bon état des composants, Réparer ou remplacer	2

A3- Analyse AMDEC de la partie distribution d'huile :

Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance	Criticité				Actions envisagées	Niveaux de tache
					G	F	D	C		
Distribut	Commander la direction de	Grillage des solénoïdes	Court-circuit ou surtension	Le distributeur ne bascule pas quand il est commandé. (Arrêt dela machine)	3	1	2	6	Vérifier le bobinage du distributeur, changement sinécessaire	02
		Blocage des tiroirs	Usure, impureté; pression de pilotage des tiroirs trop faible		1	3	2	6	Effectuer un nettoyage et vérifier que les tiroirs sont en bon état	01

eur	l'huile pour actionnerle vérin	Obturation	huile contaminée	Arrêt de la machine	3	2	2	12	Nettoyer les orifices et vérifier que l'huile est enbon état	01
		Fuite d'huile	Usure des joints, mauvais serrage	Arrêt de la machine	3	2	1	6	Changer les joints détériorés	01
Huile	Assurer la compression	Diminution de la viscosité	Durée de vie	Usure des pièces, diminution de lapression, augmentation de la température de fonctionnement	3	2	1	6	Analyser l'huile et effectuer la vidange	02
Capteur de pression	Transformer une grandeur physique (pression) en grandeur électrique (tension)	Court-circuit	Détérioration des câbles de connexions	Non-détection de la pressionexacte, pas de signaux	1	1	1	1	Vérifier, remplacer pour le cas échéant	02
Manomètre	Indiquer la valeur de la pression	Le manomètre n'indique aucune pression	Desserrage du raccord du manomètre, manomètre défectueux	Mauvaise indication de la pression	1	1	1	1	Remplacer le manomètre	02

A4- Analyse AMDEC de l'unité d'injection :

Le tableau AMDEC de l'unité d'injection est représenté ci-dessous :

Partie	Fonction	Ensembles	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance	Criticité G	F	D	C	Actions envisagées	Niveaux de tache
			Vis sans fin, Commandé	Assure l'alimentation, la compression et l'homogénéisation de la matière	Usure	Durée de vie	Perte de performance	4	2	1	8	Extraire la vis, la nettoyer ou changer la qualité de la vis	02
					Vis bloquée ou cassée	Solidification de la matière	Arrêt de production	4	1	2	8	S'assurer que la matière est totalement purgée	02
			Moteur hydraulique, commandé par le	Faire tourner la vis	Fonctionnement bruyant	Implosion des bulles	Cavitation (lorsque le fluide n'occupe pas entièrement l'espace du moteur)	3	1	2	6	S'assurer que le débit entrant dans pompe est suffisant	02
		Commande de la vi	distributeur EC, excité par S52		Blocage des pistons	Fluide contaminé	Arrêt moteur	3	1	2	6	Vérifier l'état de l'huile	01

		s	Vérin d'injection, commandé par le distributeur EB Excité par S39 et S36	Transformer l'énergie hydraulique en énergie mécanique	Fuite d'huile entre les deux chambres du vérin	Fatigue des joints du piston	Arrêt de production	1	3	2	6	Changer les joints du piston	01
					Pas de mouvement ou mouvement trop lent	Vérin bouché, débit insuffisant (fuite au niveau des joints)	Blocage tête d'injection ou mouvement trop lent	3	1	2	6	Changer les joints du vérin, vérifier l'aspect de l'huile	02
	Recevoir la matière		Fin de course FC25, FC39, FC48, FC60	Transformer l'énergie mécanique en énergie électrique	Blocage ou court-circuit	Actionneur ou commutateur bloqué, fil ou conducteur endommagé	Blocage tête d'injection ou mouvement trop lent	2	1	2	4	Vérifier l'emplacement des fins de courses, les remplacer dans le cas échéant	02
Unité d'injection	Première polyester d'une manière homogène, établir le contact entre le moule et l'unité d'injection, injecter la matière polyester	Cylindre de plastification	Clapet anti retour	Faire passer la matière vers l'avant durant l'injection, empêchée le refoulement de matière vers l'arriéré	Usure	Durée de vie	Perte de performance	4	1	2	8	Réparation, choisir une qualité résistant mieux à ce type de matière	03
					Blocage ou endommagement	Solidification de la matière	Arrêt de production	4	2	1	8	S'assurer que la matière est Totalement purger	02
			Fourreau	Entourer la vis d'injection et contenir la matière	Usure	Durée de vie	Perte de performance	4	1	2	8	Choisir un fourreau plus résistant	03
			Bloc de refroidissement de la goulotte	Refroidissement de la zone de remplissage vis fourreau	Non-respect des températures	L'eau réfrigérée n'est pas assez froide (problème du chiller)	Accumulation de la matière fondue, blocage de la circulation de la matière	2	1	2	4	Vérifier que le chiler est bien en marche, contrôler la température de réfrigération	03
						Filtre d'eau colmaté		2	1	2	4	Nettoyer ou changer la Cartouche filtrante	01
						vanne de l'arrivée d'eau bloquée		2	1	2	4	Vérifier l'aspect de l'eau, réparer ou remplacer la vanne	02
						Débitmètre défectueux (boite à eau)		2	1	2	4	Remplacer le débitmètre	03

			Colliers chauffants	Chauffer la matière	Défaillance des sondes d'échauffement	Surtension, défaillance circuit électrique	Arrêt de la machine, accumulation de la matière	2	3	2	12	Contrôler l'état des sondes et vérifier le circuit électrique	03
					Détérioration des colliers chauffants	Fuite de la matière	Remplissage incomplet de l'empreinte	2	3	2	12	Contrôler qu'on n'a pas de fuite de matière	01
			Ponton	Déplacer l'unité d'injection	Mauvais ajustement et positionnement du cylindre de plastification	Problème au niveau des fin de course FC36 et FC39	Remplissage incomplet de l'empreinte	2	2	2	6	Vérifier le bon emplacement des fins de courses	02

A5- Analyse AMDEC de l'unité de fermeture :

La fiche AMDEC de l'unité de fermeture est représentée ci-dessous.

Fonction	Ensemble	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause défaillance	Effet de la défaillance	Criticité				Actions envisagées	Niveaux de tache
							G	F	D	C		
Déployer la force de	Bloc hydraulique	Distributeur AL, commandé par S25 pour la fermeture moule et par 15 pour l'ouverture moule	Commander la direction du fluide, actionner les vérins relatifs pendant la fermeture et l'ouverture du moule	Grillage des solénoïdes S25 et S15	Court-circuit, surtension	Le distributeur de bascule pas quand il est commandé	2	1	2	4	Vérifier le bobinage du distributeur et changement si nécessaire	02
				Blocage des tiroirs	Usure, impureté, pression de pilotage des tiroirs trop faible		2	1	2	4	Effectuer le nettoyage et vérifier si les tiroirs sont en bon état	01
				Obturation	Fluide contaminé	L'huile ne peut pas passer (blocage du	1	2	3	6	Nettoyer les orifices et s'assurer que l'huile	01

fermeture et centrer les deux parties du moule.						moule)					est en bon état	
				Fuite	Usure des joints ou mauvais serrage	Arrêt de la machine	2	1	2	4	Changer les joints	01
		Soupape de limite de pression AS	Limite la pression du système et protégé les conduites contre la surpression	Obturation	Défaut dans le circuit hydraulique (usure des joints)	Conduites endommagées (arrêt de la machine)	2	1	3	6	Vérifier l'état de l'huile et nettoyer les orifices	01
				Blocage en position ouverte/fermée	Détérioration des composants (clapet, tiroir, siège, ressort)	Arrêt de la machine	2	1	3	6	Après démontage et nettoyage des pièces, vérifier le bon état des composants, les traces légères sur les tiroirs peuvent être adoucies, remplacer pour le cas échéant	02
	Bloc de commande	Vérin de fermeture	Transformer l'énergie hydraulique en énergie mécanique	Fuite d'huile entre les deux chambres du vérin	Fatigue des joints du piston	Arrêt de la machine	3	1	2	4	Changer les joints du piston	01
				Pas de mouvement ou mouvement trop lent	Vérin bouché, débit insuffisant (fuite au niveau du joint)	Blocage du moule, mouvement trop lent du plateau porte moule mobile	3	1	2	6	Vérifierl' aset de l'huile,c hang les joints du vérin	02
		Fin de course F25 et F15	Transformer une grandeur physique en grandeur électrique	Blocage ou court-circuit	Actionneur ou commutateur bloqué, fil ou conducteur endommagé	Blocage du moule	1	2	3	6	Vérifier l'emplacement des fins de courses,les	01

											remplacer pour le cas échéant	
	Vérin d'éjection		Transformer l'énergie hydraulique en énergie mécanique	Fuite d'huile entre les deux chambres du vérin	Fatigue des joints du piston	Mauvais rendement	3	2	2	6	Changer les joints du piston	01
				Pas de mouvement, ou mouvement trop lent	Vérin bouché, débit insuffisant (fuite au niveau du joint)	Blocage de l'éjecteur ou mouvement trop lent	3	2	2	6	Changer les joints du vérin	02
	Colonne de guidage		Permet la translation de la partie mobile du moule	Perte de performance	Manque de graissage	Blocage du moule	2	1	2	4	Graisser le guidage porte moule, chariot de guidage	

A6- L'analyse AMDEC pour l'armoire électrique :

La fiche AMDEC de l'armoire électrique est représentée ci-dessous :

Fonction	Ensembles	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Criticité				Actions envisagées	Niveaux de tache
							G	F	D	C		
Protéger les dispositifs électriques et distribuer le courant vers différents appareillages et systèmes branchés sur le réseau électrique	Ventilateur de l'armoire de commande	Filtre du ventilateur	Protéger le ventilateur	Colmatage du filtre	Poussière dans l'air	Dysfonctionnement ou arrêt des composants électriques dû à l'augmentation de la température (Arrêt de production)	4	2	1	8	Nettoyer le filtre de l'armoire de commande ,changer si nécessaire	01
	Câbles		Transmission d'électricité	Débranchement ou échauffement	Surtension, surintensité	Pas de transmission d'électricité	1	1	2	2	Vérifier les composants de l'armoire électrique, remplacé, rebranche	02

A7- L'analyse AMDEC pour l'Expander :

Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de défaillance	Détectabilité	Gravité	Fréquence	Criticité	Actions envisagées
Chauffage	Chauffer les granulés de polystyrène	Surchauffe	Dysfonctionnement de la résistance électrique	Déformation excessive des granulés	2	2	2	8	- Vérification régulière du bon fonctionnement des résistances électriques. - Maintenance préventive planifiée.
Pompe d'injection de vapeur d'eau	Injecter la vapeur d'eau dans la chambre d'expansion	Défaut d'injection de vapeur	Obstruction de la vanne d'injection	Expansion inadéquate des granulés	3	3	3	27	- Vérification régulière du bon fonctionnement de la vanne d'injection. - Maintenance préventiv

									e planifiée.
Réservoir de matière première	Stocker les granulés de polystyrène	Défaut d'alimentation en granulés	Mauvais fonctionnement du système d'alimentation	Arrêt de la production	2	4	3	24	- Surveillance régulière du niveau de granulés dans le réservoir. - Maintenance préventive planifiée.
Système de refroidissement	Refroidir et stabiliser les billes de polystyrène expansé	Défaillance du système de refroidissement	Panne du compresseur	Déformation des billes de polystyrène	3	3	2	18	- Vérification régulière du bon fonctionnement du système de refroidissement. - Maintenance préventive planifiée.
Tamisage et classification	Éliminer les particules indésirables et classer les billes de	Obstruction du tamis	Accumulation de résidus de polystyrène	Mauvaise qualité des billes classées	2	2	3	12	- Nettoyage régulier du tamis pour éviter les obstructions. - Maintena

	polystyrène								nce préventive planifiée.
Contrôle et automatisation	Surveiller et réguler les paramètres du processus	Dysfonctionnement du système de contrôle	Erreur de capteur ou de logiciel	Perturbation du processus d'expansion	2	3	3	18	- Vérification régulière du fonctionnement des capteurs et du système de contrôle. - Maintenance préventive planifiée. - Sauvegarde et vérification régulière des logiciels de contrôle.