



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE TECHNOLOGIE ET D'INGENIERIE - ANNABA -

المدرسة الوطنية العليا للتكنولوجيا والهندسة - عنابة -

(Ex ESTI)

DEPARTEMENT SECOND CYCLE

MEMOIRE

PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME

D'INGENIEUR

FILIERE

GENIE INDUSTRIEL

SPECIALITE

Maintenance et Fiabilité des Systèmes Industriels

Intitulé : Application du Lean maintenance sur une ligne de production industrielle

Cas d'étude : SARL MMBox

Mémoire d'ingénieur

Présenté par

DJOUINI Mohamed Yacine Rafik

Encadrant : Messaoud
DJEHABA

Grade : Professeur

Établissement d'affiliation

Encadrant :

Grade

Établissement d'affiliation

Président

Grade

Établissement d'affiliation

Examineurs

Grade

Établissement d'affiliation

Membres Invités

Grade

Établissement d'affiliation

Année / 2023

Remerciements

Tout d'abord, je souhaite exprimer ma profonde gratitude à Allah pour m'avoir accordé la force et la détermination nécessaires pour mener à bien ce travail.

Je tiens également à remercier chaleureusement mon encadrant, le Professeur **DJEGHABA Messaoud**, pour ses précieux conseils et son soutien tout au long de cette étude.

Je suis reconnaissant envers le directeur de maintenance chez MMBox, monsieur **FRADJ Saleh**, d'avoir accepté de m'accueillir pour mon stage au sein de l'entreprise. Sa confiance en mes compétences a été une véritable opportunité pour moi de mettre en pratique mes connaissances théoriques et de développer mes compétences professionnelles.

J'aimerais également exprimer ma reconnaissance envers mon ingénieur, Monsieur **MAZZOUZI Aymen**, qui m'a apporté un soutien inestimable lors de mon stage de fin d'études au sein de l'entreprise MMBox. Son expertise et sa disponibilité ont grandement contribué à la réussite de mon projet.

Enfin, j'exprime ma gratitude envers les membres du jury qui liront et évalueront mon travail. Je vous remercie vivement pour l'honneur que vous nous faites en siégeant à ce jury

Je suis sincèrement reconnaissant envers tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Leur soutien indéfectible a été essentiel et je leur en suis profondément reconnaissant.

Dédicace :

À mon père, ma mère, mon frère et ma sœur, je dédie ce mémoire en reconnaissance de votre soutien constant et de votre amour inconditionnel. Votre présence bienveillante a été la force motrice derrière mes accomplissements et ma détermination à réussir. Votre soutien inébranlable, vos encouragements incessants et votre confiance en moi ont été les fondements de ma réussite. Vous êtes ma source d'inspiration et mes piliers, et je vous suis infiniment reconnaissant pour tout ce que vous avez fait pour moi.

Résumé

Résumé :

Ce mémoire met en évidence l'importance cruciale de l'application des concepts du Lean management à la maintenance, dans le but d'améliorer de manière substantielle la gestion des activités de maintenance au sein des entreprises.

Le premier chapitre s'attache à poser les fondements de la maintenance, tandis que le deuxième chapitre offre une présentation détaillée de la philosophie Lean, ainsi que de son application spécifique dans le domaine de la maintenance.

Dans le troisième chapitre, une étude de cas, menée au sein de l'entreprise MMBBox, démontre de manière probante la pertinence incontestable de cette approche. Cette étude de cas permet de définir les causes fondamentales du gaspillage industriel grâce à l'utilisation d'outils tels que l'Ishikawa, Pareto, et le diagramme d'affinité. De plus, elle propose des solutions concrètes et adaptées pour éliminer le gaspillage et optimiser les processus, en s'appuyant sur l'application rigoureuse de la méthode A3.

En somme, ce mémoire met en avant l'impératif catégorique d'intégrer les principes du Lean management à la maintenance, pour parvenir à une gestion efficiente des activités de maintenance, porteuse de gains considérables en termes de productivité et de compétitivité.

Mot clés : Lean, management, optimisation, maintenance, gaspillages, amélioration continue.

Abstract:

This dissertation highlights the crucial importance of applying Lean management concepts to maintenance in order to substantially improve the management of maintenance activities within companies.

The first chapter lays the foundations of maintenance, while the second chapter provides a detailed presentation of Lean philosophy and its specific application in the field of maintenance.

In the third chapter, a case study conducted within MMBBox company convincingly demonstrates the undeniable relevance of this approach. The case study enables the identification of root causes of industrial waste through the use of tools such as Ishikawa, Pareto, and affinity diagrams. Furthermore, it proposes concrete and tailored solutions to eliminate waste and optimize processes, relying on the rigorous application of the A3 method.

In summary, this dissertation emphasizes the categorical imperative of integrating Lean management principles into maintenance to achieve efficient management of maintenance activities, resulting in significant gains in productivity and competitiveness.

Keywords: Lean, management, optimization, maintenance, waste, continuous improvement

تسلط هذه المذكرة الضوء على أهمية حاسمة لتطبيق مفاهيم إدارة اللين (Lean management)

على الصيانة، بهدف تحسين إدارة أنشطة الصيانة بشكل جوهري داخل الشركات.

يهدف الفصل الأول إلى وضع أسس الصيانة، في حين يقدم الفصل الثاني عرضًا مفصلاً لفلسفة اللين (Lean)

وتطبيقاتها الخاص في مجال الصيانة .

يوضح الفصل الثالث، من خلال دراسة حالة تمت في شركة MMBox الجدوى الواضحة لهذا النهج

تساعد هذه الدراسة في تحديد الأسباب الأساسية للمصدر الصناعي باستخدام أدوات مثل طريقة (Ishikawa)

إيشيكاوا. ومخطط القرابة. (diagramme d'affinité)

بالإضافة إلى ذلك، تقدم الدراسة حلاً عملياً ومناسباً للقضاء على المصدر وتحسين العمليات، من خلال تطبيق حارم

لطريقة A3

باختصار، تسلط هذه المذكرة الضوء على الضرورة الحاسمة لدمج مبادئ إدارة اللين في الصيانة، من أجل تحقيق

إدارة فعالة لأنشطة الصيانة، وتحقيق مكاسب هامة فيما يتعلق بالإنتاجية والقدرة التنافسية.

الكلمات الرئيسية: لين، إدارة، تحسين، صيانة، مصدر، تحسين مستمر

Table des matières

I.	Introduction générale.....	10
II.	Problématique.....	11
II.1	Arbre à problème :.....	12
III.	Objectif.....	13
III.1	Arbre à objectif :	14
III.2	Cheminement des résultats vers l'efficacité opérationnelle :	15
IV.	Chapitre 1 : Généralités sur la maintenance.....	16
IV.1	La maintenance industrielle, de quoi parle -t'on ?	17
IV.1.1	Historique et évolution de la maintenance :	17
IV.1.2	Définition de la maintenance :	17
IV.1.3	Types de maintenance :	18
IV.1.4	Les 5 Niveaux de la Maintenance : [10]	21
IV.1.5	La Révolution de la Maintenance : Les Nouveaux Horizons de l'Industrie.....	22
IV.1.6	Conclusion :	23
V.	Chapitre 2 : LEAN	25
V.1	Le Lean :.....	26
V.1.1	Introduction	26
V.1.2	Définition du LEAN.....	26
V.1.3	Principes fondamentaux du LEAN :	27
V.1.4	Piliers du concept Lean	28
V.1.5	Les objectifs et bénéfices du Lean dans l'industrie	29
V.2	Le Lean Maintenance :	29
V.2.1	Introduction :	29
V.2.2	Définition du Lean maintenance :	30
V.2.3	Les principes de Lean maintenance :	30
V.2.4	Implantation du Lean maintenance :	32
V.3	Conclusion :	35
VI.	Chapitre 3 : Etude de cas.....	37
VI.1	Présentation de l'entreprise :	38
VI.1.1	Certification de l'entreprise :	38
VI.1.2	Situation géographique :	39
VI.1.3	Les différentes directions de l'entreprise :	40

Table des matières

VI.1.4	Organigramme fonctionnel de la maintenance :	40
VI.1.5	Processus de fabrication :	41
VI.1.6	Analyse SWOT :	42
VI.2	Application du LEAN Maintenance :	44
VI.2.1	Organigramme de la ligne de fabrication boîte 2010 :	45
VI.2.2	Présentation des machines de la ligne de fabrication de boîte 2010 :	46
VI.2.3	Analyse des causes principales :	50
VI.2.4	Identification des différentes sources de gaspillage :	59
VI.2.5	Proposition d'amélioration : Rapport A3	61
VI.2.6	Conclusion et perspectives :	68
VII.	Bibliographie :	70
VIII.	Annexes	73
VIII.1	Historique des pannes durant l'année 2022 :	74
VIII.1.1	Cisaille OSCAM :	74
VIII.1.2	Machine à souder et tunnel de chauffage :	76
VIII.1.3	Convoyeur Mectra :	86
VIII.1.4	Can-O-Mat :	88
VIII.1.5	Test-O-Mat :	92
VIII.1.6	Palettiseur :	93
VIII.1.7	Cercleuse :	94
VIII.2	Rapport MMBox :	95
VIII.2.1	RAPPORT 01	95
VIII.2.2	RAPPORT 02	96

Liste des figures

Figure 1 : Arbre à problème	12
Figure 2 : Arbre à Objectif	14
Figure 3 : Les types de maintenance	18
Figure 4 : Modèle des systèmes de production Lean	28
Figure 5 : Les principes du Lean maintenance	31
Figure 6 : Situation géographique MMBox - GOOGLE Maps.....	39
Figure 7 : Organigramme fonctionnel de la maintenance	40
Figure 8 : Analyse SWOT	42
Figure 9 : Organigramme de la ligne de fabrication boîte 2010	45
Figure 10 : Photo de la Cisaille OSCAM prise chez MMBox	46
Figure 11 : Photo de la soudeuse SOUCAN prise chez MMBox	46
Figure 12 : Photo du tunnel de chauffage SOUCURE prise chez MMBox.....	47
Figure 13 : Photo du Convoyeur MECTRA prise chez MMBox.....	47
Figure 14 : Photo du Can-O-Mat prise chez MMBox.....	48
Figure 15 : Photo du Test-O-Mat prise chez MMBox	48
Figure 16 : Photo du Palettiseur prise chez MMBox	49
Figure 17 : Photo de la Cercleuse prise chez MMBox.....	49
Figure 18 : ISHIKAWA (diagramme de causes et effets) - Cisaille OSCAM.....	50
Figure 19 : ISHIKAWA (diagramme de causes et effets) - Soudeuse SOUCAM.....	51
Figure 20 : ISHIKAWA (diagramme de causes et effets) - Convoyeur MECTRA.....	52
Figure 21 : ISHIKAWA (diagramme de causes et effets) - Can-O-Mat.....	53
Figure 22 : ISHIKAWA (diagramme de causes et effets) - Test-O-Mat	54
Figure 23 : ISHIKAWA (diagramme de causes et effets) - Palettiseur, Cercleuse	55
Figure 24 : Courbe du cumul de pourcentage de temps d'arrêt des machines	58

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Diagramme d'affinités	57
Tableau 2 : Méthode ABC	57
Tableau 3 : Historique des pannes - Cisaille OSCAM.....	75
Tableau 4 : Historique des pannes - Soudeuse SOUCAN	85
Tableau 5 : Historique des pannes - Convoyeur Mectra	88
Tableau 6 : Historique des pannes - Can-O-Mat.....	91
Tableau 7 : Historique des pannes - Test-O-Mat	93
Tableau 8 : Historique des pannes - Palettiseur	94
Tableau 9 : Historique des pannes - Cercleuse	95

I. **Introduction générale**

L'évolution économique, technologique et sociale actuelle place les entreprises dans un contexte de changements constants, les obligeant à s'adapter pour rester compétitives et viables. Au-delà de la simple production de biens et de services, elles doivent également se concentrer sur la recherche et le développement, l'innovation et l'équilibre entre qualité, coûts et délais pour répondre aux besoins changeants du marché. Dans cette dynamique, la maintenance de l'entreprise joue un rôle de plus en plus crucial.

Autrefois perçue comme un service improductif et coûteux, la maintenance est désormais reconnue comme une fonction essentielle, voire stratégique, du système productif. Elle implique une parfaite maîtrise du processus de production et fait appel à des méthodes et des outils de plus en plus performants. Une mauvaise gestion de la maintenance peut avoir un impact direct sur les objectifs de l'entreprise, entraînant des arrêts non planifiés et des retards dans les livraisons, ce qui nuit à sa compétitivité et à sa réputation.

Dans cette optique, les entreprises cherchent continuellement des solutions pour améliorer l'efficacité de leurs opérations de maintenance et réduire les coûts associés. C'est dans cette quête d'optimisation que le concept du Lean trouve toute sa pertinence. Le Lean, originaire du secteur manufacturier, s'est étendu à d'autres domaines, y compris la maintenance, en offrant une approche systémique visant à éliminer les activités inutiles et à maximiser la valeur ajoutée.

Le Lean maintenance vise repose sur des principes tels que la planification rigoureuse, la gestion des stocks, la maintenance préventive, la recherche des causes profondes du gaspillage et leur élimination. En appliquant ces concepts, les entreprises peuvent réduire les temps d'arrêt, augmenter la disponibilité des équipements, améliorer la productivité et, finalement, renforcer leur compétitivité sur le marché.

Dans ce mémoire de fin d'étude, nous nous pencherons sur l'application des concepts de Lean maintenance dans une entreprise industrielle, en prenant comme cas d'étude l'entreprise manufacturière MMBBox. Notre objectif est de mettre en évidence les défis auxquels les entreprises industrielles sont confrontées en matière de maintenance, notamment les gaspillages de toutes sortes comme les temps d'arrêt non planifier, un stockage défaillant, un aménagement inadéquat des machines etc... afin d'explorer l'apport du Lean maintenance dans la prise en charge de ces questions.

II. Problématique

La recherche constante de l'efficience, de la performance et de l'efficacité dans la production de biens et de services constitue l'objectif fondamental de toute entreprise. Pour atteindre cet objectif, il est primordial d'analyser en profondeur les dysfonctionnements et les obstacles qui entravent la réalisation des objectifs, de diagnostiquer leurs causes et de proposer des solutions adéquates. Dans le contexte spécifique de mon mémoire de fin d'études, je me focalise sur l'introduction des concepts du Lean maintenance au sein d'une ligne de production d'une entreprise industrielle.

La problématique que j'aborde concerne précisément l'inefficience de la maintenance au sein de cette ligne de production (fréquence élevée des pannes, dysfonctionnements récurrents de la ligne de production et temps d'arrêt prolongés) (Voir Annexe), démontre l'inefficacité de la maintenance actuelle. Il s'agit d'étudier en détail les causes principales de cette inefficience ainsi que leurs impacts sur le fonctionnement global de l'entreprise. En d'autres termes, je cherche à comprendre pourquoi la maintenance actuelle de la ligne de production n'est pas optimale et comment cela affecte l'ensemble des opérations de l'entreprise.

Afin de représenter cette problématique de manière claire et structurée, j'ai choisi d'utiliser l'outil de l'arbre à problèmes. Cet outil présente plusieurs avantages, notamment celui de visualiser de manière graphique et sous forme d'arborescence les différents aspects de la problématique. Ainsi, le tronc de l'arbre représente le problème central, les racines symbolisent les causes profondes de l'inefficience de la maintenance, et les branches détaillent les multiples impacts négatifs que cela engendre sur l'entreprise dans son ensemble

II.1 Arbre à problème :

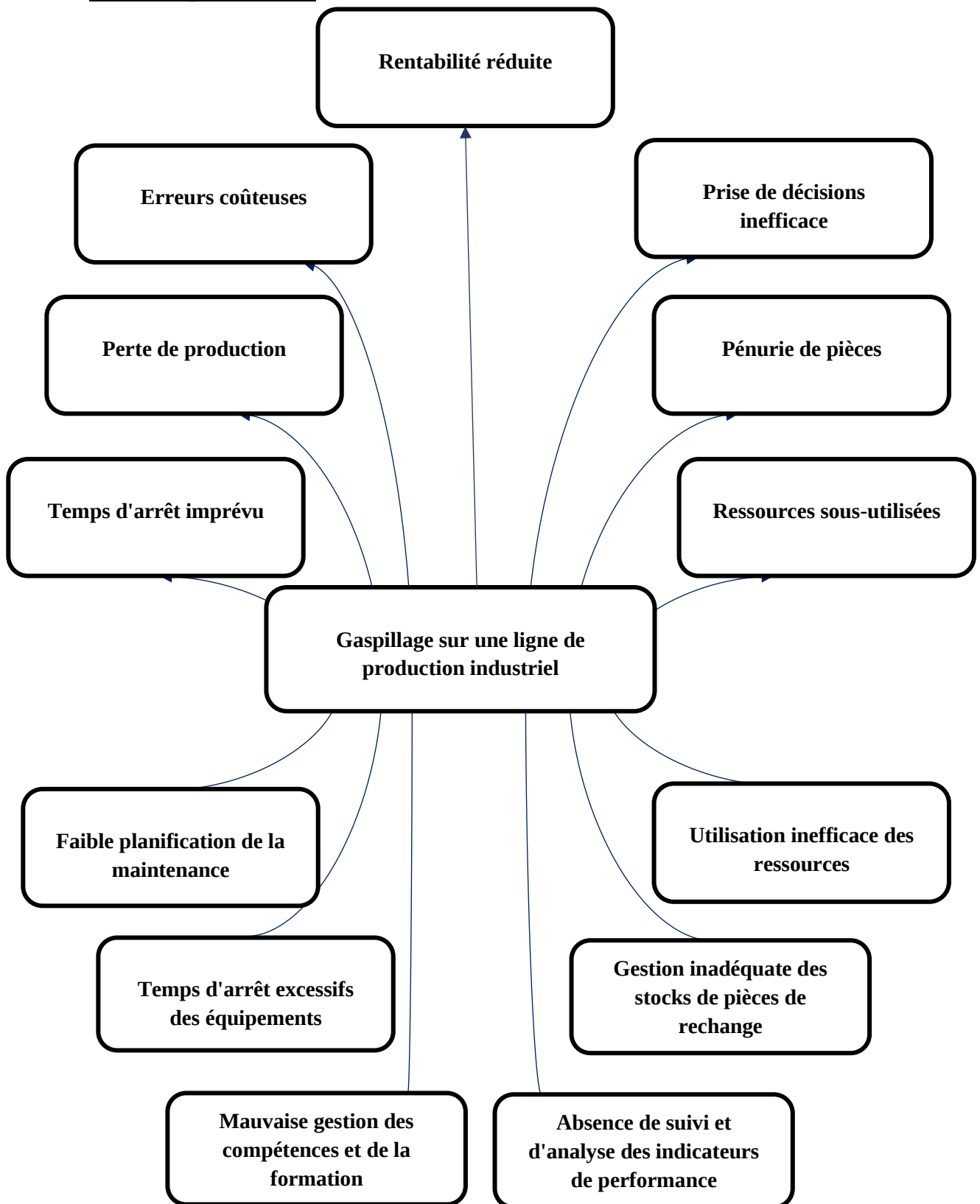


Figure 1 : Arbre à problème

III. Objectif

Pour prendre en charge cette problématique il y a lieu de définir d'abord l'objectif et ensuite une démarche pour l'atteindre à travers les résultats obtenus et leurs effets sur la performance de l'entreprise. Pour cela j'adopte la même structure que l'arbre à problème en transformant ce dernier en arbre à objectifs.

Les objectifs spécifiques à atteindre sont déterminés en se concentrant sur les domaines clés identifiés dans l'arbre à problèmes. Ces objectifs visent à résoudre les problématiques liées à l'inefficacité de la maintenance. Ils comprennent notamment :

- L'amélioration de la planification de la maintenance pour réduire les temps d'arrêt imprévus.
- L'optimisation de l'utilisation des équipements afin de minimiser les temps d'arrêt excessifs et les pertes de production.
- Le renforcement des compétences et la formation du personnel de maintenance pour éviter les erreurs coûteuses.
- La maximisation de l'efficacité des ressources de maintenance en les utilisant de manière plus efficace et en évitant leur sous-utilisation.
- La mise en place d'une gestion efficace des stocks de pièces de rechange pour éviter les pénuries.
- La mise en place d'un suivi régulier et d'une analyse des indicateurs de performance de la maintenance pour prendre des décisions éclairées et efficaces.

La transformation de l'arbre à problèmes en un arbre à objectifs consiste à revoir le problème central représenté par le tronc de l'arbre et à le transposer en solutions au niveau du tronc de l'arbre à objectifs. Les causes identifiées deviennent des résultats à atteindre, et les impacts négatifs se transforment en améliorations ou solutions aux problèmes posés. Cette approche permet de visualiser clairement les résultats souhaités et de formuler des objectifs précis pour chaque aspect de la problématique.

En résumé, l'objectif est d'introduire les concepts du Lean maintenance dans la ligne de production de l'entreprise industrielle, en se focalisant sur des objectifs spécifiques liés à l'optimisation de la planification de la maintenance, l'utilisation des équipements, les compétences et la formation, l'utilisation des ressources, la gestion des stocks de pièces de rechange, ainsi que le suivi et l'analyse des indicateurs de performance.

III.1 Arbre à objectif :

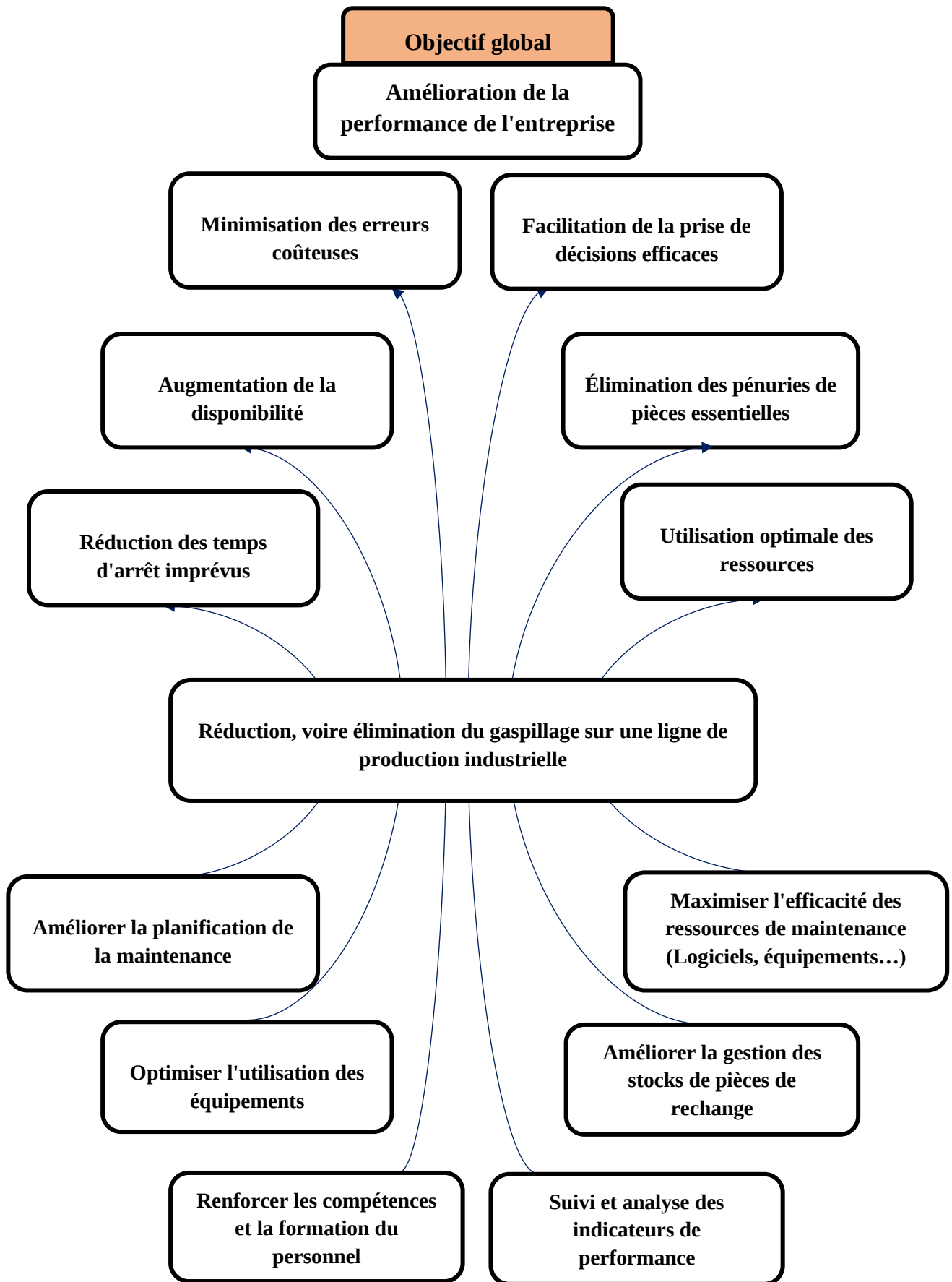


Figure 2 : Arbre à Objectif

Objectif

III.2 Cheminement des résultats vers l'efficacité opérationnelle :

Après la mise en place de l'arbre à objectif qui met en évidence les différentes solutions et leurs impacts sur la réduction du gaspillage sur une ligne de production industrielle. On va maintenant décrire le cheminement des résultats vers les conséquences en passant par les objectifs spécifiques correspondants :

- Améliorer la planification de la maintenance : réduire les temps d'arrêt imprévus :
En optimisant la planification de la maintenance, nous cherchons à réduire les temps d'arrêt imprévus des équipements. Cela permettrait d'augmenter la disponibilité des machines et d'améliorer la productivité globale.
- Optimiser l'utilisation des équipements : augmenter la disponibilité :
En optimisant l'utilisation des équipements, nous visons à augmenter leur disponibilité pour les activités de production. Cela permettrait de réduire les temps d'arrêt et donc minimiser le gaspillage associé à l'inactivité des machines.
- Renforcer les compétences du personnel : minimisation des erreurs coûteuses :
En renforçant les compétences et la formation du personnel de maintenance, nous cherchons à minimiser les erreurs coûteuses qui peuvent entraîner des pertes de production, des dommages aux équipements ou des accidents. Cela contribuerait à réduire les coûts induits par ces erreurs.
- Analyse des indicateurs de performance : facilitation de la prise de décisions :
En mettant en place un suivi et une analyse réguliers des indicateurs de performance liés à la maintenance, nous cherchons à faciliter la prise de décisions efficaces. Cela permettrait d'identifier les domaines d'amélioration et de mettre en œuvre des actions correctives et préventives appropriées.
- Amélioration de la gestion des stocks des PDR : élimination des pénuries de pièces :
En améliorant la gestion des stocks de pièces de rechange, nous visons à éliminer les pénuries de pièces essentielles. Cela permettrait de réduire les temps d'arrêt prolongés dus à l'indisponibilité de pièces et d'optimiser l'utilisation des ressources de maintenance.
- Maximiser l'efficacité des ressources de maintenance - utilisation optimale des ressources :
En maximisant l'efficacité des ressources de maintenance, nous cherchons à optimiser leur utilisation dans le but de réduire les délais d'intervention, d'améliorer la productivité du personnel de maintenance et de minimiser le gaspillage associé à une utilisation inefficace des ressources.

IV. Chapitre 1 : Généralités sur la maintenance

IV.1 La maintenance industrielle, de quoi parle-t-on ?

IV.1.1 Historique et évolution de la maintenance :

Entre les décennies 1960 et 1980, la maintenance industrielle était perçue exclusivement comme une activité en arrière-plan, dont l'utilité était relativisée et sollicitée uniquement lorsqu'une machine était défectueuse. Ses attributions étaient considérablement restreintes et se concentraient essentiellement sur des aspects tels que l'électricité, la mécanique et la lubrification. Les notions de prévision et de prévention n'avaient pas encore émergé, conférant à la maintenance une image plutôt archaïque. Les interventions se limitaient à des tâches de graissage ou de surveillance périodique, et les stratégies employées étaient essentiellement réactives, basées sur la correction et le dépannage d'urgence.

Il est important de replacer ce mode de fonctionnement dans son contexte. À cette époque, le paysage industriel était bien différent de celui d'aujourd'hui, et les conséquences étaient de moindre ampleur. Avec l'industrie en plein essor, les interruptions de production pouvaient perturber le processus sans pour autant provoquer une inquiétude généralisée dans l'usine ni engendrer des pertes massives, comme cela serait le cas de nos jours. Les équipements n'étaient tout simplement pas aussi intégrés au sein d'un ensemble plus vaste. Cependant, il est désormais impensable de continuer à opérer de la sorte, car il y a une prise de conscience de l'importance capitale du service de maintenance. [1]

IV.1.2 Définition de la maintenance :

Définitions de la maintenance selon l'AFNOR :

« La maintenance est l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise. » [2]

Définitions de la maintenance selon Larousse :

« Ensemble des opérations permettant de maintenir ou de rétablir un matériel, un appareil, un véhicule, etc., dans un état donné, ou de lui restituer des caractéristiques de fonctionnement spécifiées. » [3]

Une nouvelle perspective sur la maintenance

La maintenance peut être définie comme étant un processus d'optimisation et de préservation de la valeur des actifs, alliant une gestion proactive des risques, une utilisation intelligente des technologies et des données, ainsi qu'une collaboration interdisciplinaire. Elle vise à garantir la performance, la disponibilité et la durabilité des équipements, tout en maximisant l'efficacité opérationnelle et en minimisant les coûts.

Cette approche innovante de la maintenance met l'accent sur la prévention des défaillances, en intégrant des techniques avancées de surveillance, d'analyse des données et de maintenance prédictive. Elle favorise une gestion holistique des actifs, en prenant en compte les aspects techniques, économiques et environnementaux. De plus, elle encourage la collaboration entre les différentes parties prenantes, favorisant ainsi une prise de décision éclairée et une utilisation optimale des ressources

IV.1.3 Types de maintenance :

La maintenance, dans le contexte industriel, revêt une importance primordiale pour assurer le bon fonctionnement des équipements et garantir la continuité des opérations. Au fil des années, différentes approches et stratégies de maintenance ont été développées pour répondre aux besoins spécifiques des industries. Dans la suite, nous présenterons les principaux types de maintenance qui offrent des perspectives diverses pour la gestion et la préservation des actifs industriels [4]

Le schéma ci-dessus représente les différents types de maintenance :

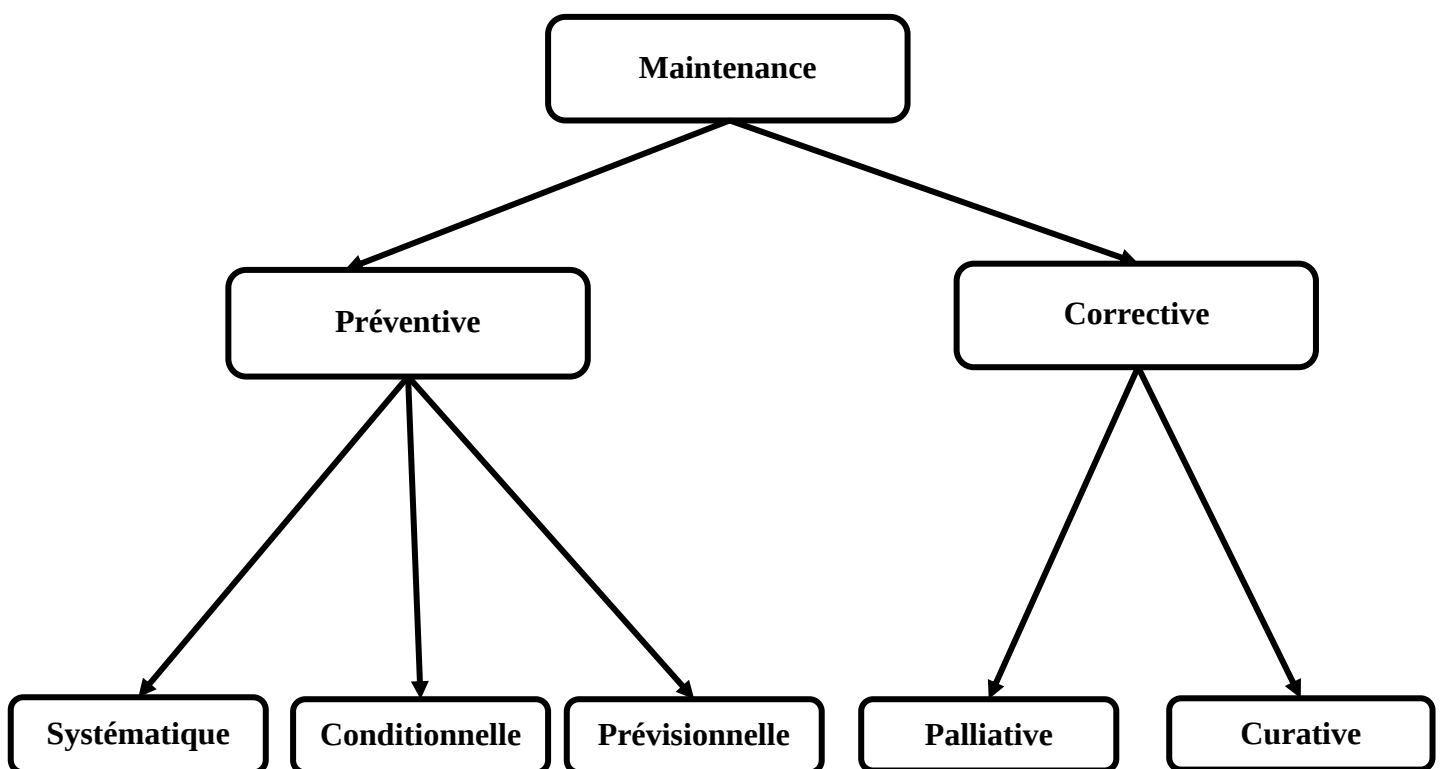


Figure 3 : Les types de maintenance

La maintenance préventive :**Définition de la maintenance préventive (norme NF EN 13306) :**

C'est la maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien. [5]

Les types de la maintenance préventive :

La maintenance préventive se subdivise en trois types : [6]

La maintenance préventive systématique :

C'est la maintenance préventive exécutée à des intervalles de temps préétablis ou selon un nombre défini d'unités d'usage mais sans contrôle préalable de l'état du bien.

La maintenance préventive conditionnelle :

C'est la maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement intégrant les actions qui en découlent.

La maintenance préventive prévisionnelle :

C'est la maintenance préventive conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation des paramètres significatifs de la dégradation du bien.

Les objectifs de la maintenance préventive :

- Optimiser la longévité des équipements.
- Réduire les risques de défaillance en cours d'utilisation.
- Minimiser les interruptions pour révisions ou pannes.
- Anticiper et éviter les coûts élevés liés à la maintenance corrective.
- Favoriser des conditions optimales lors des interventions de maintenance corrective.
- Réduire la consommation excessive d'énergie, de lubrifiants, de pièces détachées, etc.
- Améliorer les conditions de travail du personnel de maintenance.
- Rationaliser le budget alloué à la maintenance.
- Éliminer les causes d'accidents graves associées aux équipements. [7]

La maintenance corrective :**Définition de la maintenance corrective (norme NF EN 13306) :**

« Maintenance exécutée après détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise » [8]

La maintenance corrective implique des interventions effectuées après la détection d'une panne, dans le but de rétablir un équipement dans un état permettant d'accomplir sa fonction requise. Toutefois, la maintenance corrective n'est pas nécessairement la solution la moins coûteuse. En effet, elle peut nécessiter des ressources exceptionnelles en raison de la criticité de la défaillance. De plus, les interruptions non planifiées du service ou de la production peuvent avoir des conséquences préjudiciables pour l'entreprise. Ainsi, il est important de prendre en compte ces aspects lors de la gestion de la maintenance corrective [9].

Les types de la maintenance corrective (norme FD X 60-000) :

La maintenance corrective est, par définition, imprévisible mais pas forcément imprévue :

Maintenance corrective « acceptée » :

La recherche permanente du meilleur rapport, usage/coût, peut conduire à accepter la défaillance d'un équipement avant d'envisager des actions de maintenance.

Maintenance corrective « palliative » :

Action de maintenance corrective destinée à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise. Appelée couramment « dépannage », la maintenance palliative est principalement constituée d'actions à caractère provisoire qui doivent être suivies d'actions curatives.

Maintenance corrective « curative » :

Action de maintenance corrective ayant pour objet de rétablir un bien dans un état spécifié pour lui permettre d'accomplir une fonction requise.

Objectives de maintenance corrective

- Maximiser l'accessibilité et la longévité du bien.
- Assurer la sécurité des individus et de l'objet.
- Améliorer l'excellence des articles.
- Garantir la préservation de l'écosystème.

- Optimiser les dépenses liées à la maintenance.

IV.1.4 Les 5 Niveaux de la Maintenance : [10]

Premier niveau :

Le constructeur prévoit des réglages simples qui peuvent être effectués par l'utilisateur sans démontage ni ouverture de l'équipement. Cela inclut le remplacement d'éléments consommables accessibles en toute sécurité, tels que des voyants ou certains fusibles. Les instructions d'utilisation suffisent pour effectuer ces interventions sans outillage particulier.

Deuxième niveau :

Les dépannages consistent à remplacer des éléments spécifiques prévus à cet effet et à effectuer des opérations mineures de maintenance préventive telles que le graissage ou le contrôle du bon fonctionnement. Un technicien qualifié de niveau moyen peut effectuer ces interventions sur place avec l'outillage portable recommandé par les instructions de maintenance.

Troisième niveau :

Ce niveau comprend l'identification et le diagnostic des pannes, le remplacement de composants ou d'éléments fonctionnels, les réparations mécaniques mineures et les opérations courantes de maintenance préventive telles que le réglage général ou le réalignement des appareils de mesure. Un technicien spécialisé peut effectuer ces interventions sur place ou dans un local de maintenance en utilisant l'outillage recommandé dans les instructions de maintenance, ainsi que des appareils de mesure et de réglage.

Quatrième niveau :

Tous les travaux importants de maintenance corrective ou préventive, à l'exception de la rénovation et de la reconstruction, relèvent de ce niveau. Cela comprend également le réglage des appareils de mesure utilisés pour la maintenance, ainsi que la vérification des étalons de travail par des organismes spécialisés si nécessaire. Une équipe comprenant un encadrement technique très spécialisé peut effectuer ces interventions dans un atelier spécialisé équipé d'un outillage général, de moyens mécaniques, de câblage, de nettoyage, etc. Toutes les documentations générales ou particulières sont utilisées.

Cinquième niveau :

La rénovation, la reconstruction ou les réparations importantes sont confiées à un atelier central ou à une unité extérieure, généralement par le constructeur ou le reconstruteur. Ces travaux sont

effectués avec des moyens spécifiquement définis par le constructeur, qui sont proches du processus de fabrication

IV.1.5 La Révolution de la Maintenance : Les Nouveaux Horizons de l'Industrie

Au cours des dernières années, plusieurs types de maintenance ont connu des avancées considérables qui ont révolutionné le monde de l'industrie. Ces avancées, rendues possibles par les progrès technologiques, ont permis d'optimiser les opérations de maintenance, d'améliorer l'efficacité des équipements et de réduire les temps d'arrêt imprévus. Voici une explication détaillée des types de maintenance qui ont été particulièrement révolutionnaires :

Maintenance prédictive :

La maintenance prédictive a émergé comme une approche révolutionnaire grâce à l'utilisation de technologies avancées telles que l'Internet des objets (IoT), l'analyse des données et l'intelligence artificielle. Elle permet de surveiller en temps réel les équipements industriels, collectant ainsi des données précieuses sur leurs performances. Ces données sont ensuite analysées pour identifier les tendances, détecter les signes précurseurs de défaillances ou de pannes, et prévoir les besoins de maintenance. Cela permet d'effectuer des interventions ciblées et planifiées, évitant ainsi les arrêts de production imprévus et minimisant les coûts de maintenance. [11]

Maintenance basée sur la condition :

La maintenance basée sur la condition se concentre sur l'état réel des équipements plutôt que sur un calendrier fixe de maintenance préventive. Elle repose sur la surveillance continue des paramètres clés tels que la température, la pression, les vibrations, etc. Grâce à des capteurs et des systèmes de surveillance avancés, les données sont collectées et analysées en temps réel. Cela permet de détecter les anomalies ou les signes de dégradation, et d'effectuer des interventions de maintenance au moment opportun, optimisant ainsi l'efficacité des équipements et réduisant les coûts. [11]

Maintenance assistée par la réalité augmentée :

La réalité augmentée a révolutionné la maintenance en fournissant des informations contextuelles en temps réel aux techniciens sur le terrain. Grâce à des lunettes ou des dispositifs portables, les techniciens peuvent voir des informations virtuelles superposées à leur environnement réel. Cela leur permet d'accéder rapidement aux procédures de maintenance, aux schémas, aux données d'inspection, et de bénéficier d'un support à distance. La réalité augmentée facilite la résolution des problèmes, réduit les erreurs humaines et améliore l'efficacité des interventions de maintenance. [12]

Maintenance automatisée et robotique :

Les robots et les systèmes automatisés ont apporté des transformations majeures dans le domaine de la maintenance industrielle. Les drones sont utilisés pour l'inspection des infrastructures difficiles d'accès, tels que les éoliennes ou les plates-formes pétrolières. Les robots peuvent être déployés pour effectuer des tâches répétitives ou dangereuses, comme la maintenance préventive, le nettoyage des équipements ou même la réparation. Ces technologies réduisent les risques pour les travailleurs, augmentent l'efficacité des opérations de maintenance et minimisent les temps d'arrêt. [12]

Maintenance préventive optimisée :

Grâce à l'analyse des données et à l'utilisation de modèles prédictifs, la maintenance préventive a connu une révolution en termes d'efficacité et d'optimisation. Plutôt que de se fier à des calendriers fixes pour les opérations de maintenance préventive, les données historiques et en temps réel sont utilisées pour déterminer les moments optimaux pour effectuer ces interventions. Les algorithmes avancés évaluent l'état de l'équipement, la charge de travail, les conditions environnementales et d'autres facteurs pertinents afin de déterminer le moment le plus propice pour intervenir. Cela permet de minimiser les interruptions de production et de maximiser la durée de vie utile des équipements, tout en réduisant les coûts associés à la maintenance. [13]

Ces avancées technologiques dans le domaine de la maintenance industrielle ont profondément transformé les pratiques traditionnelles. Elles ont permis de passer d'une approche réactive, où les pannes étaient résolues après leur survenue, à une approche proactive axée sur la prévention et l'optimisation des performances des équipements. Grâce à ces nouvelles méthodes, les entreprises peuvent améliorer leur productivité, réduire les coûts de maintenance, augmenter la fiabilité de leurs opérations et renforcer leur compétitivité sur le marché.

IV.1.6 Conclusion :

Dans ce chapitre consacré aux généralités sur la maintenance, nous avons entrepris de définir le concept même de maintenance, tout en explorant ses différents types et niveaux. Nous avons également abordé les types de maintenance qui ont profondément révolutionné le monde de l'industrie, propulsant ainsi cette discipline vers de nouveaux horizons.

La maintenance, en tant que pratique essentielle au bon fonctionnement des équipements et des systèmes, a évolué au fil du temps pour devenir bien plus qu'une simple intervention réactive en cas de panne. Grâce aux avancées technologiques et à l'essor des approches préventives, la maintenance prédictive et basée sur la condition s'est imposée comme des stratégies incontournables. Ces

approches novatrices ont permis de passer d'une maintenance purement corrective à une maintenance proactive, permettant de détecter les signes précurseurs de défaillances et de planifier des interventions ciblées, prévenant ainsi les pannes coûteuses et les arrêts de production imprévus.

Par ailleurs, la maintenance assistée par la réalité augmentée a révolutionné la façon dont les techniciens interviennent sur le terrain, en leur fournissant des informations contextuelles en temps réel, facilitant ainsi la résolution des problèmes complexes et réduisant les erreurs humaines.

De plus, l'avènement de la maintenance automatisée et robotique a permis d'améliorer considérablement l'efficacité et la sécurité des opérations de maintenance, en déployant des drones pour l'inspection des infrastructures difficiles d'accès et en utilisant des robots pour les tâches répétitives ou dangereuses.

Enfin, l'optimisation de la maintenance préventive, grâce à l'analyse des données et à l'utilisation de modèles prédictifs, a permis de maximiser la disponibilité des équipements tout en réduisant les coûts de maintenance.

En conclusion, les avancées remarquables dans le domaine de la maintenance ont considérablement transformé les pratiques traditionnelles, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives pour une performance industrielle durable. En adoptant ces approches révolutionnaires, les entreprises peuvent améliorer leur productivité, réduire les coûts de maintenance, augmenter la fiabilité de leurs opérations et se positionner avantageusement dans un environnement industriel en constante évolution. La maintenance moderne est plus qu'un simple acte de réparation, elle est devenue un pilier essentiel de l'excellence opérationnelle et de la compétitivité au sein de l'industrie contemporaine

V. Chapitre 2 : LEAN

V.1 Le Lean :

V.1.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous aborderons le concept du Lean, une approche révolutionnaire qui a profondément transformé les pratiques opérationnelles dans de nombreux secteurs économiques. Le Lean, également connu sous le nom de Lean manufacturing ou Lean management, est largement reconnu comme une méthodologie puissante visant à améliorer l'efficacité, la productivité et la qualité des processus de production.

Le terme "Lean" trouve ses origines dans le système de production de Toyota, également connu sous le nom de "Toyota Production System" (TPS), qui a été développé au Japon dans les années 1950. Ce système novateur s'est révélé être une approche holistique qui vise à éliminer les gaspillages, à optimiser les flux de production et à créer une culture de l'amélioration continue.

Le concept du Lean repose sur des principes fondamentaux tels que l'élimination des gaspillages, la valorisation du travail collaboratif, l'optimisation des flux de valeur, la standardisation des processus et la recherche constante de l'amélioration continue. Il vise à créer une organisation agile, flexible et orientée vers la satisfaction du client, tout en réduisant les coûts, les délais et les stocks superflus.

Au fil des années, le Lean a démontré son efficacité dans divers secteurs, allant de l'industrie manufacturière à la logistique, en passant par les services et même les soins de santé. Son application a permis d'obtenir des résultats remarquables, tels que l'optimisation des flux de production, la réduction des délais d'exécution, l'amélioration de la qualité, la diminution des coûts et l'augmentation de la satisfaction client.

V.1.2 Définition du LEAN

Le NIST, National Institute of Standards and Technology, donne la définition suivante du Lean-manufacturing : « Une approche systématique pour identifier et éliminer les gaspillages grâce à une amélioration continue, en faisant circuler le produit en fonction des besoins du client dans la recherche de la perfection »

Le Lean est une approche de gestion qui vise à maximiser la valeur pour le client tout en minimisant les gaspillages. Cela implique l'élimination continue des activités non essentielles, la création de flux de travail harmonieux et la recherche de l'amélioration constante. Les bénéfices incluent une réduction des coûts, une meilleure qualité, des délais de production plus courts et une plus grande satisfaction client [14].

V.1.3 Principes fondamentaux du LEAN :

Les principes fondamentaux du Lean sont les suivants : [15].

Élimination des gaspillages (Muda) :

L'élimination des gaspillages est au cœur du Lean. Le principe Muda vise à identifier et à éliminer tout ce qui ne crée pas de valeur ajoutée pour le client. Les gaspillages peuvent prendre différentes formes, allant des activités inutiles aux délais d'attente en passant par les stocks excessifs et les mouvements superflus. En éliminant ces gaspillages, les entreprises peuvent réduire les coûts, améliorer l'efficacité et accélérer les délais de livraison. Cela permet d'optimiser les processus opérationnels et de concentrer les efforts sur ce qui compte vraiment pour les clients.

Valorisation du travail collaboratif (Muri) et du flux continu (Mura) :

Le Lean met l'accent sur la valorisation du travail collaboratif et la réduction des variations dans les processus. Le principe Muri vise à éviter la surcharge de travail, tandis que le principe Mura vise à minimiser les variations dans le flux de travail. En encourageant la collaboration entre les équipes et en équilibrant le flux de travail, le Lean favorise un environnement harmonieux où les ressources sont utilisées de manière optimale. Cela permet d'éliminer les goulots d'étranglement, d'assurer une utilisation efficace des capacités et de minimiser les interruptions, conduisant ainsi à une meilleure productivité et une satisfaction accrue des clients.

Optimisation des flux de valeur :

Le principe de l'optimisation des flux de valeur est essentiel dans la démarche Lean. Il consiste à analyser en profondeur la séquence d'activités nécessaires pour transformer les matières premières en produits finis. L'objectif est de supprimer les étapes non essentielles, de simplifier les processus et de réduire les délais de production. En éliminant les activités qui n'ajoutent pas de valeur, les entreprises peuvent améliorer l'efficacité, réduire les coûts et répondre plus rapidement aux demandes des clients. L'optimisation des flux de valeur permet ainsi d'aligner les activités de l'entreprise sur les besoins réels du marché, créant ainsi un avantage concurrentiel durable.

Standardisation des processus :

La standardisation des processus est un pilier fondamental du Lean. Elle implique l'établissement de normes et de procédures claires pour les opérations. La standardisation permet de garantir la cohérence, la qualité et la prévisibilité des résultats. En ayant des processus standardisés, les entreprises peuvent réduire les variations et les erreurs, améliorer l'efficacité et faciliter l'apprentissage continu. De plus, la standardisation facilite également [1] l'intégration des nouveaux

membres de l'équipe et la transmission des connaissances, assurant ainsi la pérennité des meilleures pratiques et des améliorations apportés.

V.1.4 Piliers du concept Lean

Liker propose de modéliser les systèmes de production Lean de la manière suivante (figure) [16]

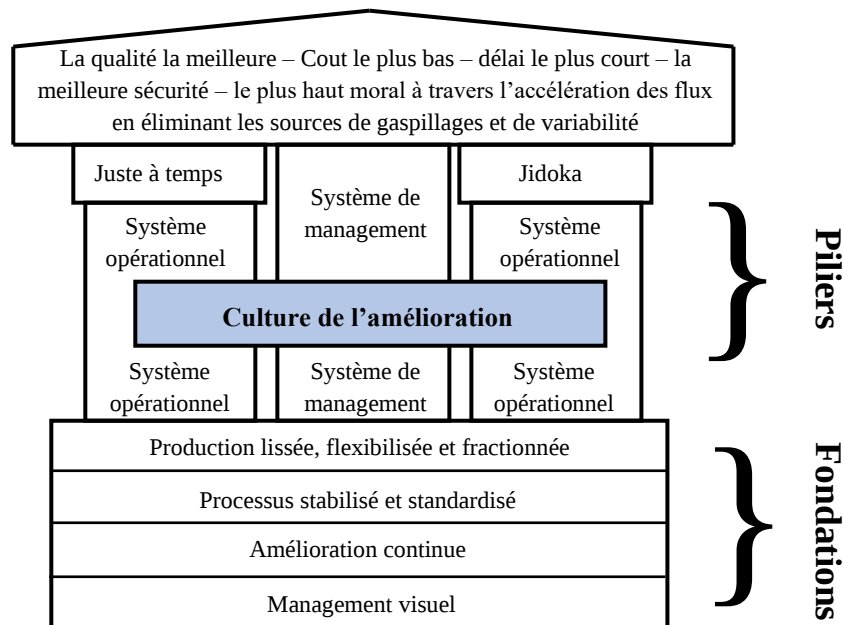


Figure 4 : Modèle des systèmes de production Lean

Interprétation :

L'objectif du pilier Jidoka est de rendre visible les problèmes de qualité.

L'objectif du pilier Juste à temps est de répondre aux besoins du client, à l'instant prévu et en optimisant les ressources.

Le Système opérationnel caractérise la façon dont les ressources sont organisées, pour apporter de la valeur ajoutée au client avec le minimum de gaspillage tout au long de la chaîne de valeur.

Le Système de management Lean représente les processus de l'entreprise nécessaires au bon fonctionnement du système opérationnel.

La Culture Lean représente l'ensemble de comportements nécessaires, à tous les niveaux de l'entreprise, au bon fonctionnement des systèmes opérationnel et de management.

V.1.5 Les objectifs et bénéfices du Lean dans l'industrie

Le Lean dans l'industrie vise à atteindre plusieurs objectifs et à apporter de nombreux bénéfices, dont les principaux sont : [17]

Réduction des coûts

Amélioration de la qualité

Réduction des délais

Augmentation de la productivité

Engagement des employés

V.2 Le Lean Maintenance :

V.2.1 Introduction :

Bien que le Lean manufacturing soit une approche largement étudiée et documentée, peu d'attention a été accordée à l'approche du Lean maintenance dans la recherche. La maintenance est souvent perçue comme une fonction coûteuse, ce qui pousse les gestionnaires à chercher à réduire les dépenses plutôt qu'à améliorer son fonctionnement. Cependant, l'évolution rapide des systèmes de production et l'intensification de la concurrence mondiale ont engendré des changements considérables, impactant notamment la fonction maintenance et lui conférant un rôle essentiel.

La maintenance est désormais reconnue comme une fonction stratégique, jouant un rôle clé dans la disponibilité et les performances des équipements de production. Pour répondre à ces nouveaux enjeux, l'approche Lean peut être appliquée à la maintenance, permettant ainsi d'optimiser les processus, de réduire les temps d'arrêt non planifiés, d'augmenter la fiabilité des équipements et de maximiser l'efficacité opérationnelle.

En adoptant le Lean maintenance, les entreprises peuvent bénéficier d'une réduction des coûts de maintenance, d'une amélioration de la disponibilité des équipements, d'une meilleure planification et organisation des activités de maintenance, ainsi que d'une optimisation des ressources humaines et matérielles. L'approche Lean encourage également la mise en place d'une culture de l'amélioration continue au sein du service de maintenance, favorisant ainsi l'innovation et l'efficacité.

Il est donc primordial d'accorder une attention particulière à l'application du Lean dans le domaine de la maintenance, en reconnaissant son importance stratégique et son potentiel pour améliorer la

performance globale de l'entreprise. Cela nécessite une réflexion approfondie sur les mécanismes de fonctionnement de la maintenance et l'identification des opportunités d'optimisation afin de garantir une gestion efficace des équipements et une utilisation optimale des ressources

V.2.2 Définition du Lean maintenance :

Le concept de Lean Maintenance est une approche relativement récente, introduite à la fin du XXe siècle, qui vise à minimiser les gaspillages dans les opérations de maintenance. Cette méthode avancée repose sur les principes du Total Productive Maintenance (TPM) et combine les démarches, méthodes et outils du Lean ainsi que de la maintenance. [18]

Le Lean Maintenance consiste à adopter une approche proactive de la maintenance en planifiant et programmant les activités de maintenance de manière efficace grâce au TPM. Son objectif est de fournir des services de maintenance de manière efficiente aux clients, en minimisant les gaspillages et en réduisant les efforts de gestion, les besoins en maintenance, les pièces de rechange, l'énergie, et en optimisant l'utilisation des ressources disponibles. Cela comprend également la réduction des délais d'attente, l'amélioration de la disponibilité des équipements, la diminution des coûts de maintenance, l'optimisation des processus de maintenance préventive et l'amélioration de la fiabilité des équipements. [19]

En somme, le Lean Maintenance est un système qui intègre les principes et techniques de la maintenance existante ainsi que du Lean, dans le but d'éliminer les divers gaspillages identifiés dans les processus de maintenance. Il s'agit d'une approche holistique qui vise à améliorer l'efficacité, la fiabilité et la rentabilité des opérations de maintenance tout en répondant aux besoins des clients de manière optimale. [20]

V.2.3 Les principes de Lean maintenance :

[21]

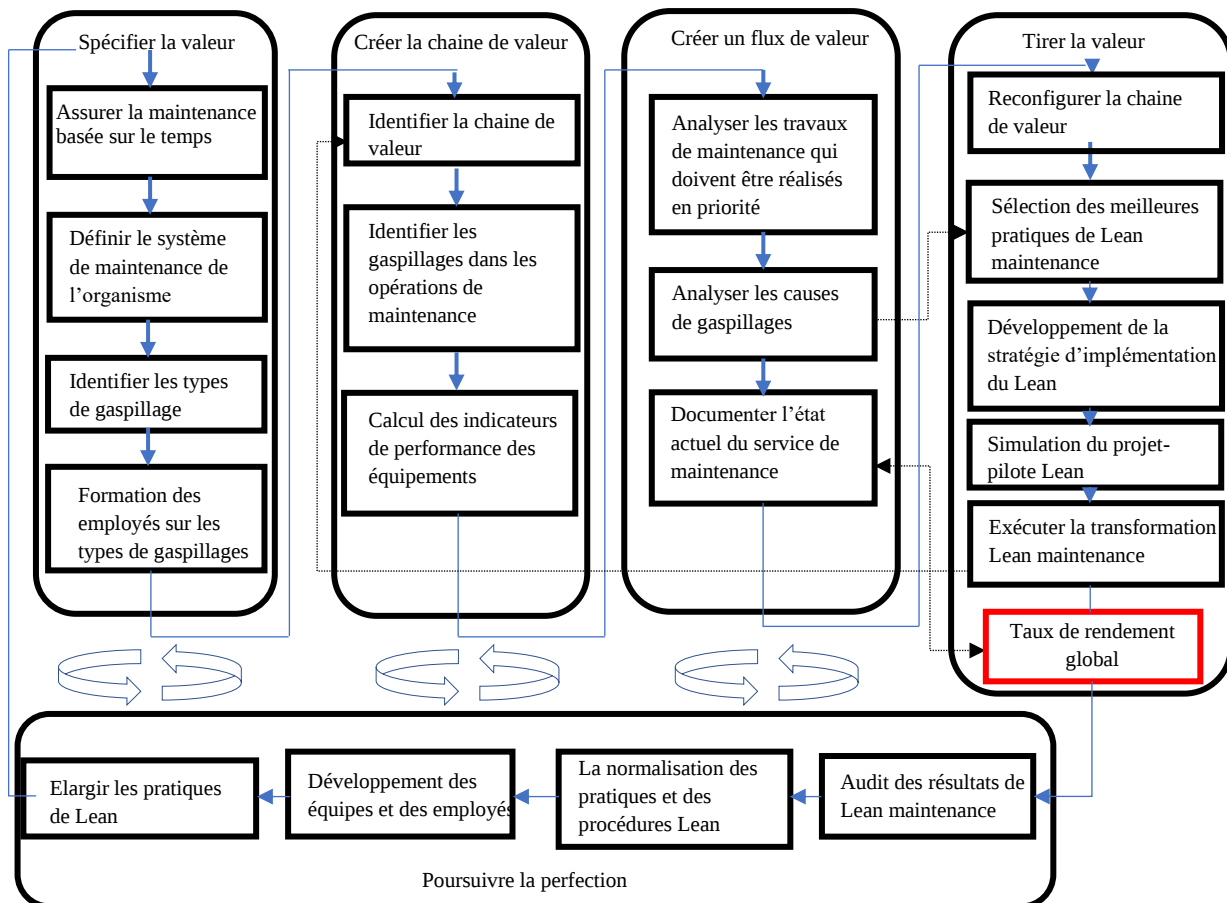


Figure 5 : Les principes du Lean maintenance

Étape 1 : Définir la valeur

Cette étape consiste à identifier la valeur du point de vue du client en définissant les activités de maintenance qui répondent à ses besoins spécifiques, tout en respectant les contraintes de coûts et de délais. Il est également important de former les employés à la compréhension des gaspillages liés au Lean maintenance, en mettant l'accent sur les opérateurs de production et les équipements de production en tant que clients internes de la fonction maintenance.

Étape 2 : Créer la chaîne de valeur

Il s'agit d'identifier et de visualiser l'ensemble des actions nécessaires pour réaliser un produit spécifique. En cartographiant la situation actuelle et l'état futur de la chaîne de valeur, il est possible de détecter et de classer les gaspillages présents dans la situation actuelle, puis de les éliminer. Cette étape comprend également le calcul d'indicateurs de performance des équipements tels que la disponibilité, le taux de rendement global (OEE) et le temps moyen de bon fonctionnement (MTBF).

Étape 3 : Créer un flux de valeur

L'objectif est de supprimer les obstacles fonctionnels, les interruptions et les détours dans le flux de valeur restant. Cela comprend l'analyse des causes des gaspillages ainsi que l'identification des travaux de maintenance prioritaires pour les équipements clés ayant un impact sur la qualité du produit. Cette étape permet d'évaluer l'état actuel du service de maintenance.

Étape 4 : Tirer la valeur

Cette étape consiste à confirmer que les équipements génèrent de la valeur grâce à l'ensemble des processus de maintenance. C'est à ce stade que les principes du Lean sont mis en œuvre. Il s'agit de reconfigurer ou concevoir la cartographie future de la chaîne de valeur, de sélectionner les meilleures pratiques de Lean maintenance, d'élaborer une stratégie de transformation Lean maintenance et d'évaluer l'OEE (Overall Equipment Efficiency).

Étape 5 : Poursuivre la perfection

L'objectif de cette dernière étape est de continuer à éliminer les gaspillages du processus de maintenance afin d'accomplir les tâches de maintenance correctement dès la première fois et à chaque fois. Cela peut être réalisé par la normalisation des pratiques et des procédures Lean, le développement des équipes et des employés, ainsi que l'expansion des pratiques de Lean maintenance.

V.2.4 Implantation du Lean maintenance :

La Lean maintenance est une approche visant à identifier et éliminer les sources de gaspillage tout en apportant des améliorations concrètes à la ligne de production. Cependant, la mise en œuvre de cette approche n'a pas reçu l'attention nécessaire, ce qui nécessite encore un travail approfondi. Dans ce contexte, nous nous concentrerons sur deux aspects : mettre en évidence les différentes sources de gaspillage et présenter les outils les plus adaptés au processus de maintenance :

Les types de gaspillages :

Les opérations peuvent mobiliser jusqu'à 25% de la main-d'œuvre disponible, et dans certaines usines, environ 60% des gaspillages de travail dans la maintenance sont dus à des activités non valorisées pour la production de l'usine ou la performance globale de l'entreprise [22].

Pour identifier les sources de gaspillage, il est essentiel de comprendre les différents types de gaspillages présents dans les opérations de maintenance :

La sur-maintenance :

Se produit lorsque les opérations de maintenance préventive sont effectuées plus souvent que nécessaire, entraînant des procédures de maintenance prévisionnelle inutiles considérées comme du gaspillage.

L'attente :

L'attente d'outils, de pièces, de documentation, etc., est une activité inutile et sans valeur ajoutée qui doit être éliminée ou réduite autant que possible.

Le transport :

Les déplacements d'outils éloignés du lieu de travail, les tâches qui nécessitent des pièces répétitives non préassemblées, la disponibilité de la documentation, etc. Chaque activité nécessitant du transport est considérée comme sans valeur par rapport au processus de maintenance.

Les pannes :

Lorsqu'une panne survient, les réparations sont généralement effectuées pour rétablir la productivité le plus rapidement possible. Pour réduire les pertes, il est préférable d'intervenir en dehors des périodes de production.

La gestion des stocks :

Les stocks de maintenance comprennent généralement 65% de matériel nécessaire et 35% de consommables et de pièces de rechange rarement utilisés [23]. Des efforts significatifs doivent être déployés pour gérer les stocks et éliminer les gaspillages.

Le mouvement :

Les déplacements et mouvements de personnel inutiles dans les opérations de maintenance, souvent causés par une mauvaise ergonomie du poste de travail.

Les défauts :

Les causes des défauts dans le processus de maintenance sont nombreuses, parmi lesquelles on peut citer l'insuffisance de formation des intervenants, les procédures inefficaces, le manque d'outils appropriés, les méthodes incorrectes de stockage et de manutention des pièces de rechange, et les méthodes d'installation inadéquates des équipements.

La mise en place d'une démarche Lean maintenance permet d'économiser du temps de maintenance qui peut être consacré à d'autres améliorations et de réduire les défauts entraînant des arrêts de

production. Par conséquent, l'entreprise peut réduire les coûts et disposer d'un système de production flexible et durable à long terme.

Les outils de Lean maintenance :

Le système Kanban :

Permet de réguler l'approvisionnement de l'atelier aval en appelant de manière contrôlée l'atelier amont à l'aide d'étiquettes. En plus de son rôle d'information, le Kanban évite les surproductions et les transports inutiles, tout en améliorant la traçabilité des produits. Il permet également aux opérateurs de réguler eux-mêmes leur ligne de production et réduit la documentation administrative de la production au strict nécessaire. [24]

Les 5 pourquoi :

Sont préconisés par Ohno pour résoudre les problèmes. Cet outil consiste à identifier l'origine d'un problème en posant successivement la question "pourquoi" aux opérateurs. En creusant ainsi les causes du problème, chacun peut découvrir les causes initiales et y remédier. [15]

Le Diagramme d'Ishikawa :

Également appelé diagramme des 5M ou diagramme causes-effets, est un outil graphique couramment utilisé pour comprendre les causes d'un défaut de qualité. Les causes potentielles sont classées en cinq catégories : Main d'œuvre, Milieu, Méthode, Matières premières et Moyens. Chaque catégorie peut comporter d'autres causes selon leur importance ou leur niveau de détail. [25]

Le rapport A3 :

Est un outil développé par Toyota Motors Corporation qui guide l'utilisateur dans la résolution de problèmes. Présenté sur une feuille de format A3, il permet de collecter et d'analyser des informations avant d'élaborer un plan d'action d'amélioration. Il implique toutes les personnes concernées par la fabrication du produit et facilite l'identification précoce des dysfonctionnements. [26]

Le concept Juste à temps :

Développé par Taïchi Ohno en 1937, vise à réduire les stocks, augmenter la flexibilité et maximiser la satisfaction des clients. Les produits ne sont fabriqués que lorsqu'ils sont demandés par les clients, conformément aux standards de qualité et de coûts fixés. Il s'agit d'une gestion intégrée des opérations visant à synchroniser les activités de la chaîne logistique pour atteindre un "stock-zéro". [27]

Le Jidoka :

Est une composante fondamentale du Toyota Production System (TPS) qui garantit la qualité à chaque étape du processus de production et permet l'automatisation des machines. Les machines automatiques sont équipées de systèmes d'auto-arrêt et/ou de prévention des productions défectueuses. Le Jidoka permet à un opérateur de gérer plusieurs machines simultanément. [28]

Le Kaizen :

Traduit par "amélioration continue", repose sur de petites améliorations quotidiennes. Il s'agit d'une méthode d'intervention interne qui engage tous les acteurs de l'entreprise pour mettre en place des améliorations concrètes, simples et peu coûteuses, dans le but de lutter contre les activités sans valeur ajoutée (mudas). Cette démarche progressive n'entraîne pas de changements brusques et permet de réduire les coûts. [29]

Le SMED (Single Minute Exchange Die) :

Est un outil du Lean Manufacturing initialement utilisé pour réduire les temps de changement d'outillage, mais qui a ensuite été appliqué à tous les processus de production ou administratifs pour améliorer la flexibilité. Son objectif est d'éliminer progressivement les stocks et d'améliorer la productivité en mettant en place une organisation réactive et flexible. [30]

En résumé, ces différents outils et concepts du Lean permettent d'optimiser les opérations et d'éliminer les gaspillages dans les processus de production. Ils favorisent la traçabilité, la résolution des problèmes, l'identification des causes de défauts, la participation des opérateurs, l'amélioration continue, la réduction des stocks et l'augmentation de la satisfaction client. Leur application contribue à créer un environnement de travail efficient, flexible et axé sur la qualité et la valeur ajoutée.

V.3 Conclusion :

Le présent chapitre a abordé les concepts fondamentaux du Lean ainsi que son application spécifique à la maintenance. Nous avons exploré les principes clés du Lean, tels que l'élimination des gaspillages, la valorisation du travail collaboratif et du flux continu, l'optimisation des flux de valeur et la standardisation des processus. Ces principes constituent les piliers du concept Lean et visent à créer une culture d'amélioration continue.

En ce qui concerne la maintenance, le Lean Maintenance offre une approche systématique pour réduire les gaspillages et optimiser les opérations de maintenance. Nous avons examiné les différentes étapes de l'implantation du Lean Maintenance, allant de la définition de la valeur à la

poursuite de la perfection. De plus, nous avons exploré les types de gaspillages courants en maintenance, tels que la sur-maintenance, l'attente, le transport, les pannes, la gestion des stocks, le mouvement et les défauts.

Enfin, nous avons présenté plusieurs outils de Lean Maintenance, tels que le système Kanban, les 5 pourquoi, le Diagramme d'Ishikawa, le rapport A3, le concept Juste à temps, le Judoka, le Kaizen et le SMED. Ces outils fournissent des méthodes pratiques pour améliorer la gestion des opérations de maintenance et réduire les inefficacités.

En conclusion, le Lean et le Lean Maintenance offrent des approches puissantes pour améliorer l'efficacité, réduire les coûts et accroître la satisfaction des clients dans l'industrie. En adoptant ces principes et en utilisant les outils appropriés, les organisations peuvent atteindre des niveaux élevés de performance opérationnelle et maintenir un avantage concurrentiel durable.

VI. Chapitre 3 : Etude de **cas**

VI.1 Présentation de l'entreprise :

MANSOURI METAL BOX est une entreprise algérienne à vocation industrielle créée en 2009 et située dans la zone industrielle de Berrahal à Annaba. Spécialisée dans la fabrication d'emballages métalliques en fer blanc destinés à l'agro-alimentaire, elle dispose d'une technologie de pointe et de lignes de fabrication hautement performantes qui permettent d'atteindre un niveau de production élevé tout en garantissant des exigences de qualité optimales.

Avec ses capacités de production en boîtes trois pièces qui s'élèvent à 400 millions d'unités par an, MMB se positionne comme un acteur majeur dans son secteur d'activité. Grâce à son expertise et à son savoir-faire, elle répond efficacement aux besoins et aux exigences de sa clientèle, composée notamment des conserveries de l'Est.

Afin de garantir un niveau de qualité irréprochable, MMB s'est dotée d'une machine de tests d'étanchéité en ligne et de deux laboratoires de contrôle qualité. Une batterie de tests, à tous les stades de production, permet d'assurer la conformité du produit semi-fini aux normes les plus strictes.

Engagée dans une démarche de satisfaction de ses clients, MMB s'attache à construire des relations durables avec eux. Pour ce faire, elle emploie plus de 350 personnes, réparties autour d'une équipe managériale jeune et fortement motivée, qui travaille avec rigueur et engagement pour répondre aux besoins et aux attentes de sa clientèle.

En somme, MMB est une entreprise industrielle algérienne de premier plan, dotée d'une technologie de pointe et d'un savoir-faire reconnu dans la fabrication d'emballages métalliques pour l'agro-alimentaire. Elle s'engage à offrir un produit de qualité supérieure à sa clientèle, en s'appuyant sur une équipe de professionnels engagés et compétents [31]

VI.1.1 Certification de l'entreprise :

ISO 9001 (version 2015) : Systèmes de management de la qualité – Exigences

ISO 9000 (version 2015) : Systèmes de management de la qualité – Principes essentiels et vocabulaire

ISO 22000 (Version 2018) : Systèmes de management de la sécurité des denrées alimentaires – Exigences pour tout organisme appartenant à la chaîne alimentaire [31]

VI.1.2 Situation géographique :

MMbox est située dans la zone industrielle de Berrahal, une ville côtière de la région d'Annaba en Algérie. Cette zone, située à proximité des conserveries de l'Est, offre un accès facile aux principales voies de communication, notamment l'autoroute est-ouest et le port d'Annaba. Cette situation géographique stratégique permet à l'entreprise de répondre efficacement aux besoins de sa clientèle, en assurant une livraison rapide et une proximité avec les partenaires commerciaux

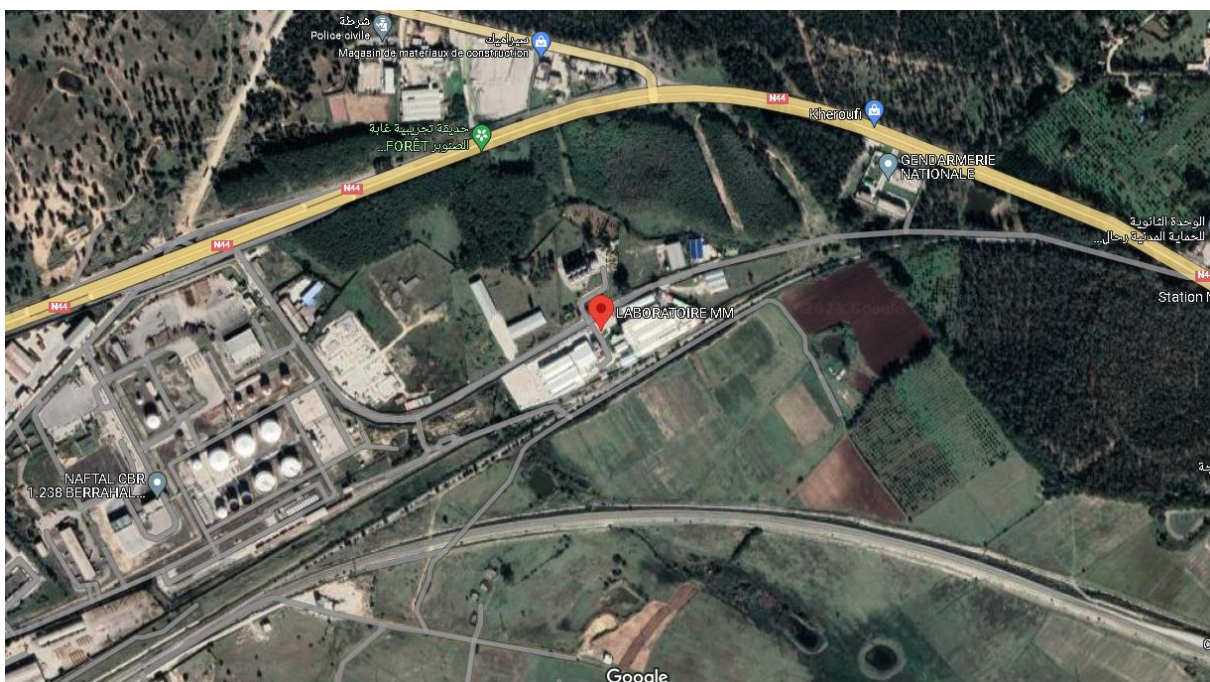
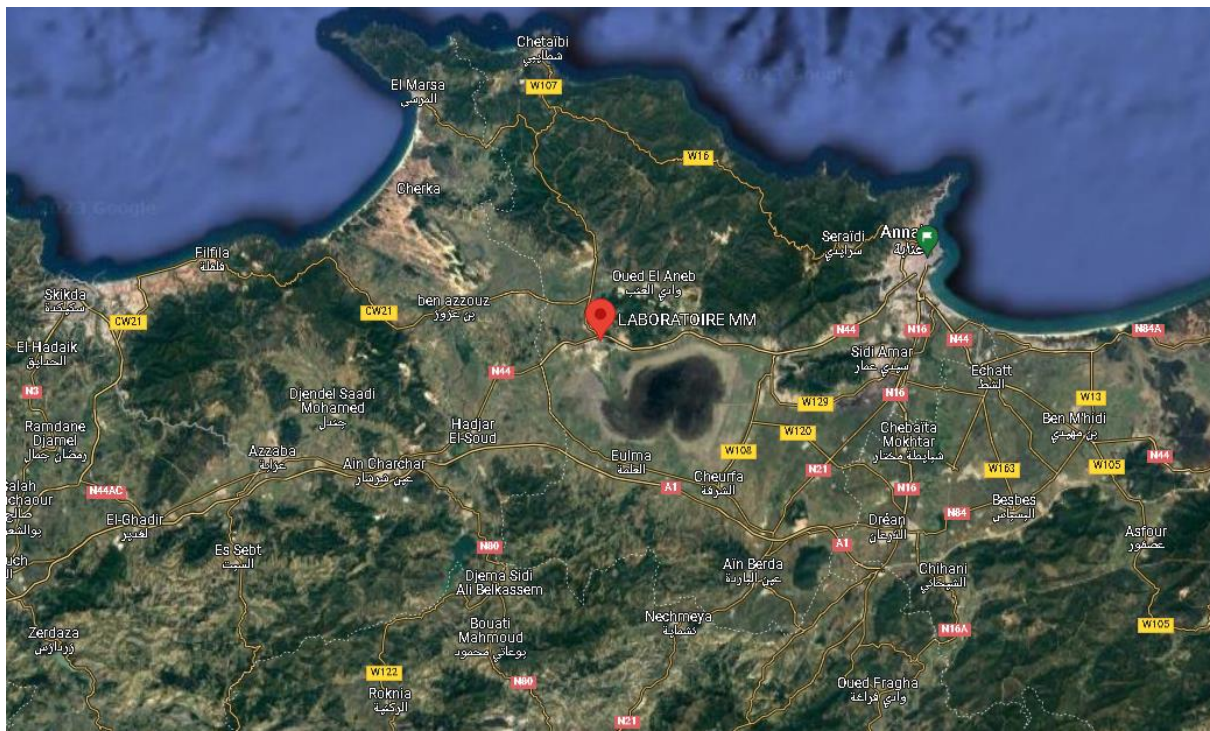


Figure 6 : Situation géographique MMBox - GOOGLE Maps

VI.1.3 Les différentes directions de l'entreprise :

L'entreprise est organisée de la manière suivante :

- Direction générale
- Direction commerciale.
- Direction de production.
- Direction de maintenance.
- Direction administrative et financière (DAF).
- Direction des approvisionnements.
- Direction Contrôle qualité.
- Direction technique et process

VI.1.4 Organigramme fonctionnel de la maintenance :

La direction de la maintenance de l'entreprise est organisée de la manière suivante

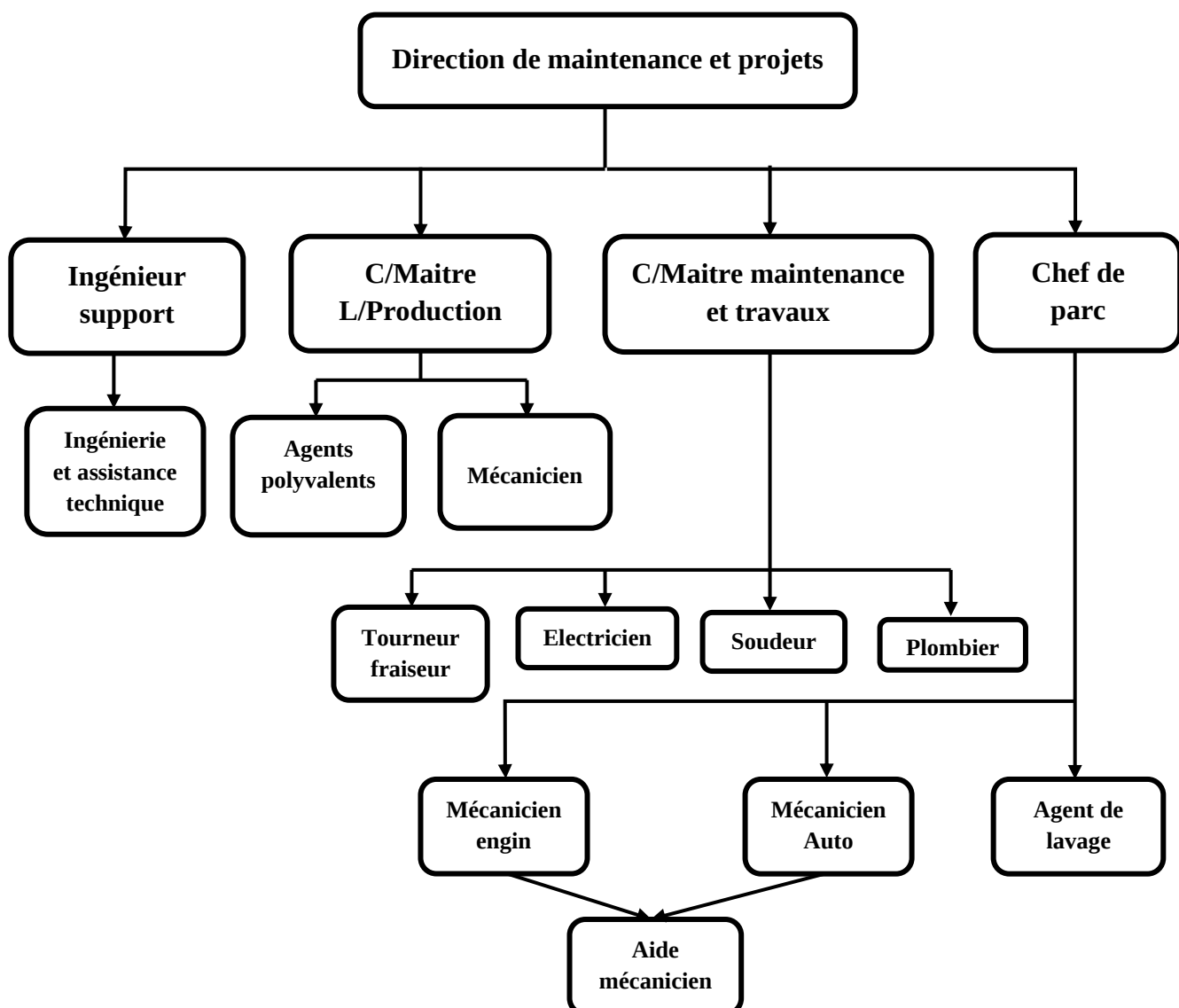


Figure 7 : Organigramme fonctionnel de la maintenance

VI.1.5 Processus de fabrication :

L'entreprise dispose de sept lignes de fabrication qui sont réparties comme suit : deux lignes pour la fabrication des boîtes, deux lignes pour la fabrication des fonds et trois lignes dédiées à l'impression et au vernissage.

Ligne d'impression et vernissage :

Cette ligne est chargée du traitement technologique des feuilles en fer blanc. Le processus consiste à transformer les feuilles en leur donnant une coloration conforme aux exigences du client. Une fois cette étape terminée, le produit est ensuite acheminé vers les autres ateliers pour le traitement final (boîtes et fonds).

Les feuilles sont alimentées une par une à partir de l'alimentateur automatique "Margeur" vers la table de marge, en passant par des fondeuses d'aspiration. Ensuite, les feuilles sont dirigées vers le groupe d'impression, où elles reçoivent la coloration souhaitée pour l'emballage métallique. Quatre cylindres sont utilisés pour entraîner les feuilles et les imprimer avec la couleur choisie.

Après l'impression, les feuilles passent par "La vernisseuse" et sont ensuite séchées dans un "four à gaz". Enfin, les feuilles sont empilées pour le stockage à l'aide d'une machine appelée "empileur".

Ligne de fabrication des boîtes :

Une fois les feuilles préparées dans les lignes d'impression et vernissage, un opérateur les transporte à l'aide d'un Clark vers la ligne de fabrication des boîtes.

Tout d'abord, les feuilles sont découpées en bandes selon le format requis à l'aide de couteaux rotatifs circulaires montés sur la machine "Cisaille OCSAM". Ensuite, les bandes sont envoyées à la "machine à souder SOUCAM" via une "Unité de transport" pour former les boîtes de manière circulaire. Après la soudure, une couche de vernis est appliquée sur la partie soudée à l'extérieur et à l'intérieur, puis les boîtes sont transportées vers le "Four de séchage".

Une fois cette étape terminée, les boîtes sont acheminées vers la machine "Can-o-mat" via un convoyeur "Mectra". Cette machine réalise trois opérations : le sertissage, le moulurage et l'assemblage avec le fond.

Ensuite, les boîtes sont testées sur le "test-o-mat" pour vérifier leur étanchéité et détecter d'éventuels micro-trous. Les boîtes défectueuses sont rejetées.

Enfin, les boîtes passent par une machine appelée "palettiseur" avant d'être plastifiées par une autre machine appelée "cercleuse" qui enveloppe toute la plaquette contenant un nombre défini de boîtes.

Ligne de fabrication des fonds :

La fabrication des fonds est plus simple que celle des boîtes. On utilise des tôles de fer blanc avec un vernis légèrement doré. Les tôles sont d'abord découpées en bandes à l'aide d'une découpeuse appelée "Cisaille Scroll", puis elles sont transformées en cercles à l'aide d'une autre machine "Découpeuse automatique P4". Les cercles obtenus passent ensuite par une machine appelée "Jointeuse" qui réalise un joint circulaire sur les fonds. Enfin, les fonds sont séchés dans un four à double étage appelé "Verticale Double Oven".

Ces différentes lignes de fabrication, qu'il s'agisse de l'impression et du vernissage, de la fabrication des boîtes ou des fonds, jouent un rôle essentiel dans le processus de fabrication global de l'entreprise. Chacune de ces étapes est soigneusement planifiée et exécutée pour garantir la qualité et la conformité des produits finis

VI.1.6 Analyse SWOT :

Pour analyser les déterminant de l'entreprise, on fait appel à un outil largement utilisé dans divers domaines et assez pertinent, c'est l'outil SWOT.

L'outil SWOT, est une méthodologie d'analyse puissante et pertinente pour évaluer la situation d'une entreprise. Il permet d'examiner de manière globale les facteurs internes et externes qui influent sur sa performance et sa compétitivité. L'acronyme SWOT représente les mots-clés : Forces, Faiblesses, Opportunités et Menaces. Cette approche permet aux entreprises de prendre du recul, d'identifier les éléments clés et de formuler des stratégies appropriées.

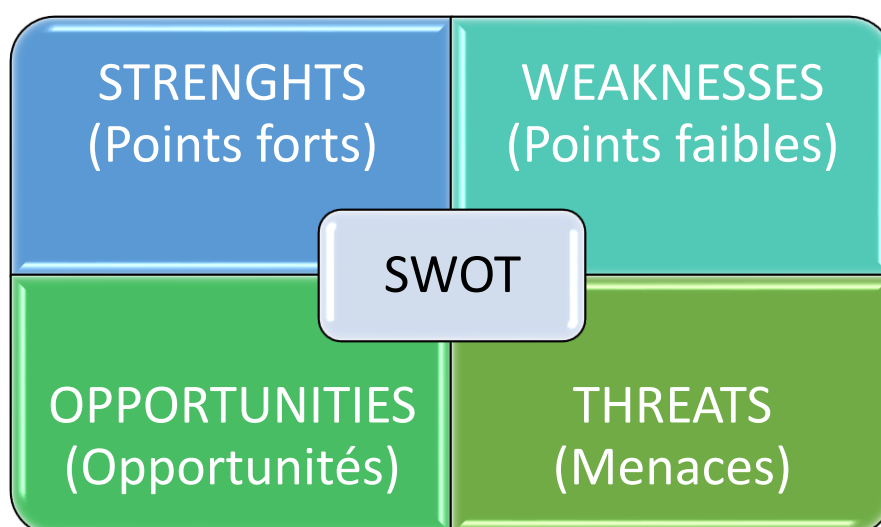


Figure 8 : Analyse SWOT

Forces (Strengths) :

Les forces (Strengths) font référence aux aspects positifs et avantageux de l'entreprise. Il peut s'agir de ressources et compétences uniques, d'une réputation solide, d'une expertise spécifique, d'un avantage concurrentiel ou de tout autre atout interne qui donne à l'entreprise un avantage sur ses concurrents.

- Expertise technique dans la fabrication de boîtes en métal.
- Réputation solide sur le marché en tant que fournisseur fiable.
- Capacité de production élevée et installation moderne.
- Gamme diversifiée de produits répondant aux besoins des clients.
- Personnel qualifié et engagé.
- Certifications ISO 9000, ISO 9001 et ISO 22000, garantissant des normes élevées de qualité et de gestion des processus.

Faiblesses (Weaknesses) :

Les faiblesses (Weaknesses), quant à elles, représentent les aspects internes qui limitent ou affaiblissent la performance de l'entreprise. Cela peut inclure des lacunes dans les compétences ou les ressources, des processus inefficaces, une réputation défavorable ou tout autre élément interne qui entrave la croissance et le développement de l'entreprise.

- Dépendance à l'égard de certains fournisseurs de matières premières.
- Manque de diversification géographique des marchés cibles.
- Coûts de production élevés en raison de certaines inefficacités.
- Faible présence en ligne et manque de stratégies de marketing numérique.
- Besoin d'améliorer la gestion des stocks pour réduire les retards.

Opportunités (Opportunities) :

Les opportunités (Opportunities) font référence aux facteurs externes positifs qui pourraient être exploités par l'entreprise pour sa croissance et son succès. Il peut s'agir de nouvelles tendances du marché, de l'évolution des besoins des consommateurs, de l'émergence de nouveaux marchés, de partenariats potentiels ou de tout autre élément externe qui offre des perspectives favorables à l'entreprise.

- Demande croissante de boîtes en métal dans l'industrie alimentaire.
- Expansion vers de nouveaux marchés émergents à l'échelle internationale.
- Possibilité de développer des produits écologiques et respectueux de l'environnement.

- Collaboration avec des entreprises du secteur de l'emballage pour des partenariats stratégiques.
- Lancement de nouveaux services de personnalisation pour répondre aux besoins spécifiques des clients.

Menaces (Threats) :

Les menaces (Threats) représentent les facteurs externes négatifs ou les obstacles qui pourraient nuire à l'entreprise. Cela peut inclure une concurrence féroce, des changements réglementaires, des innovations technologiques disruptives, des risques économiques ou tout autre élément externe qui pourrait mettre en péril les activités de l'entreprise

- Concurrence intense des fabricants de boîtes en métal établis.
- Fluctuations des prix des matières premières sur le marché mondial.
- Réglementations gouvernementales strictes en matière d'emballage et d'environnement.
- Avancées technologiques pouvant rendre obsolètes les méthodes de production traditionnelles.
- Risque de vol de propriété intellectuelle et de copie de produits

VI.2 Application du LEAN Maintenance :

Dans le cadre de cette étude nous avons choisi une des deux lignes de production dédiées à la fabrication des boîtes de l'entreprise MMB (Ligne de fabrication boîte 2010). Ce choix à était celui de l'entreprise au vu du nombre de pannes relativement important avec son impact négatif sur sa rentabilité.

L'objectif est donc d'analyser en détail les causes des pannes fréquentes sur cette ligne de production et de proposer des améliorations basées sur les principes du Lean maintenance

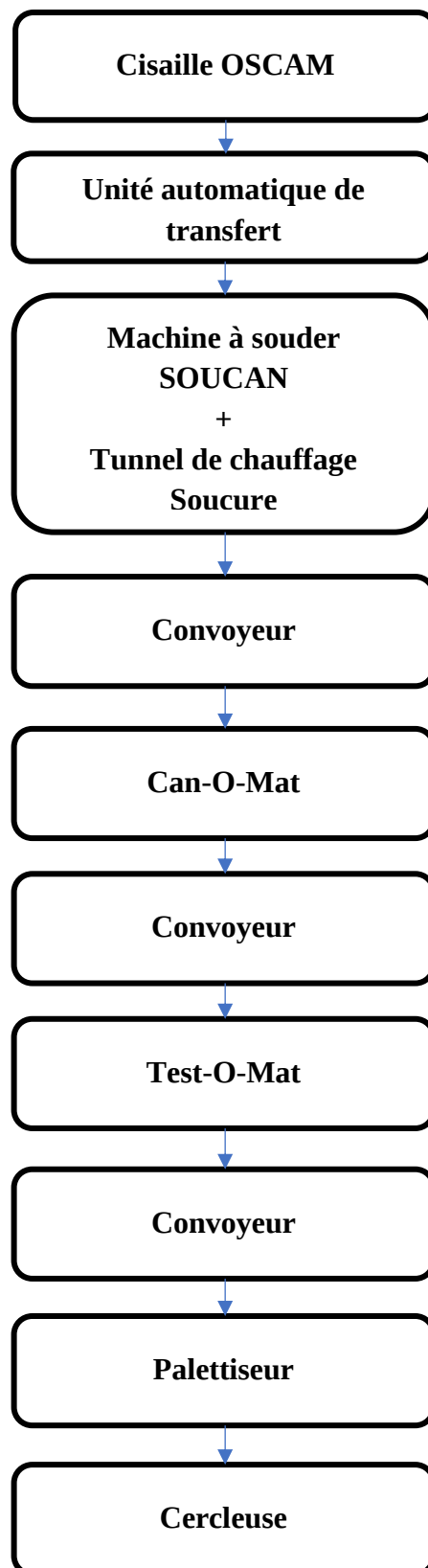
VI.2.1 Organigramme de la ligne de fabrication boîte 2010 :

Figure 9 : Organigramme de la ligne de fabrication boîte 2010

VI.2.2 Présentation des machines de la ligne de fabrication de boîte 2010 :

Cisaille OSCAM : Cette machine est utilisée pour la découpe des tôles de fer blanc. Elle permet de découper les tôles de fer blanc en différentes tailles pour correspondre aux dimensions des boîtes d'emballages métalliques à produire.



Figure 10 : Photo de la Cisaille OSCAM prise chez MMBox

Unité automatique de transfert : Cette machine est chargée de transporter les feuilles de fer blanc depuis la cisaille jusqu'à la machine suivante dans la ligne de production. Elle permet un transfert rapide et efficace des feuilles de fer blanc, minimisant ainsi le temps de production.

Machine à souder SOUCAN : Cette machine est utilisée pour souder les feuilles de fer blanc ensemble et former la forme de la boîte. Elle utilise un processus de soudage par points pour former la boîte de manière précise et solide



Figure 11 : Photo de la soudeuse SOUCAN prise chez MMBox

Tunnel de chauffage Soucure : Après le soudage, une couche de vernis est appliquée sur la partie soudée extérieurement et intérieurement, et ensuite les boîtes sont transportées vers le Four de séchage afin de faire sécher le verni.



Figure 12 : Photo du tunnel de chauffage SOUCURE prise chez MMBox

Convoyeur Mectra : Cette machine est utilisée pour transporter les boîtes tout au long du processus de production, de la machine de soudage jusqu'au test final. Elle est équipée de différents dispositifs de sécurité pour garantir une manipulation en toute sécurité des boîtes.



Figure 13 : Photo du Convoyeur MECTRA prise chez MMBox

Can-O-Mat : Cette machine est utilisée pour former les fonds des boîtes. Elle utilise un processus de pressage pour former les fonds avec une grande précision et uniformité



Figure 14 : Photo du Can-O-Mat prise chez MMBox

Test-O-Mat : Cette machine est utilisée pour tester la qualité des boîtes. Elle effectue des tests d'étanchéité et de résistance pour s'assurer que chaque boîte est conforme aux normes de qualité les plus strictes.



Figure 15 : Photo du Test-O-Mat prise chez MMBox

Palettiseur : Cette machine est utilisée pour empiler les boîtes sur des palettes en vue de leur transport. Elle peut empiler les boîtes de manière précise et uniforme pour faciliter leur manipulation lors du transport.



Figure 16 : Photo du Palettiseur prise chez MMBox

Cercleuse : s'occupe de la plastification sur toute la plaquette contenant une quantité de boîtes normalisées en nombre



Figure 17 : Photo de la Cercleuse prise chez MMBox

VI.2.3 Analyse des causes principales :

Diagramme de causes et effets (ISHIKAWA) :

Dans cette étude, nous nous concentrerons sur l'utilisation de la méthode d'Ishikawa, également connue sous le nom de diagramme de causes et effets ou diagramme en arête de poisson. Cette méthode, développée par Kaoru Ishikawa, est une approche systématique permettant d'identifier et de visualiser les causes potentielles d'un problème donné. Elle est particulièrement efficace pour analyser les problèmes complexes et identifier les facteurs contribuant au gaspillage industriel.

Cisaille OSCAM :

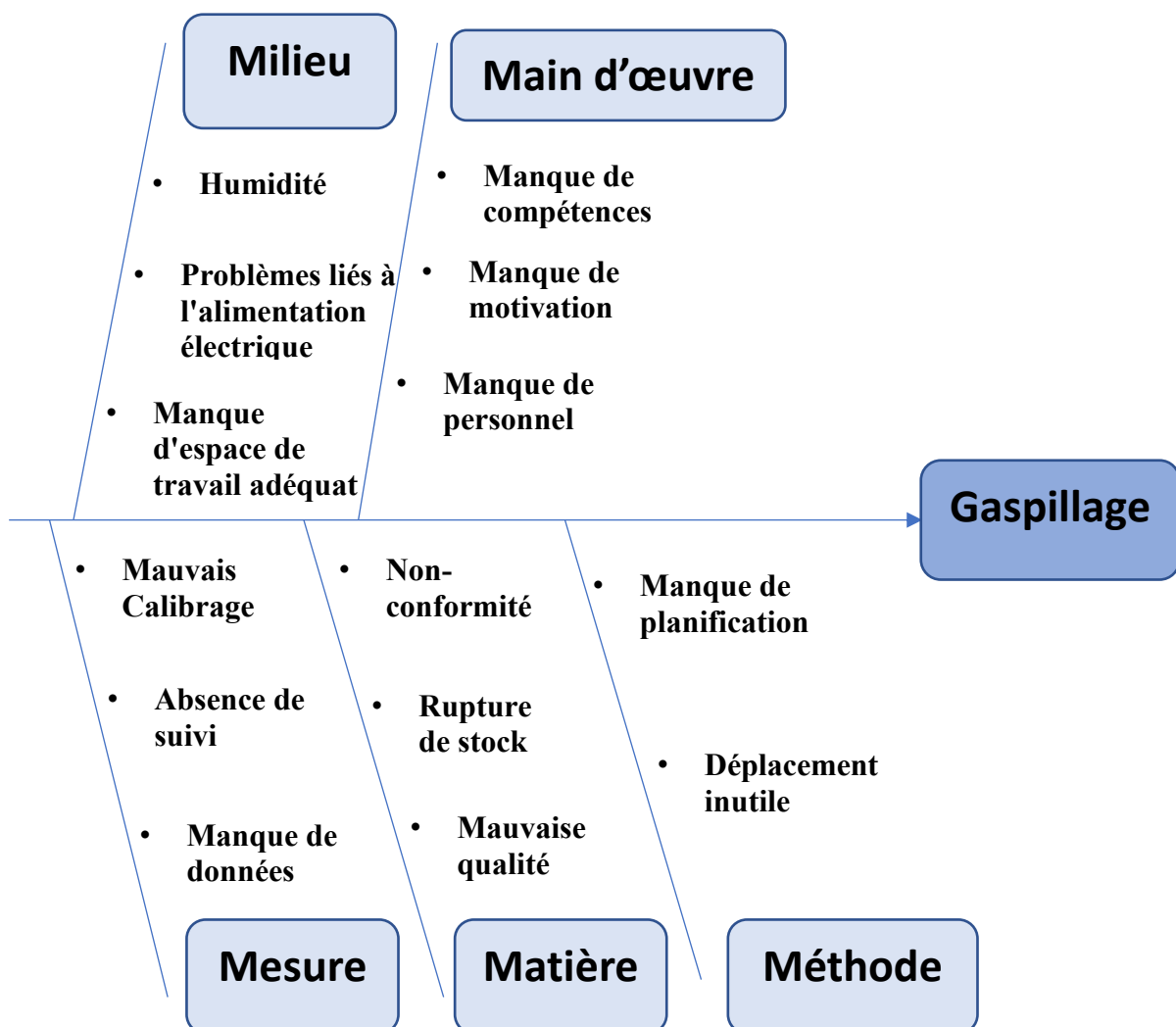


Figure 18 : ISHIKAWA (diagramme de causes et effets) - Cisaille OSCAM

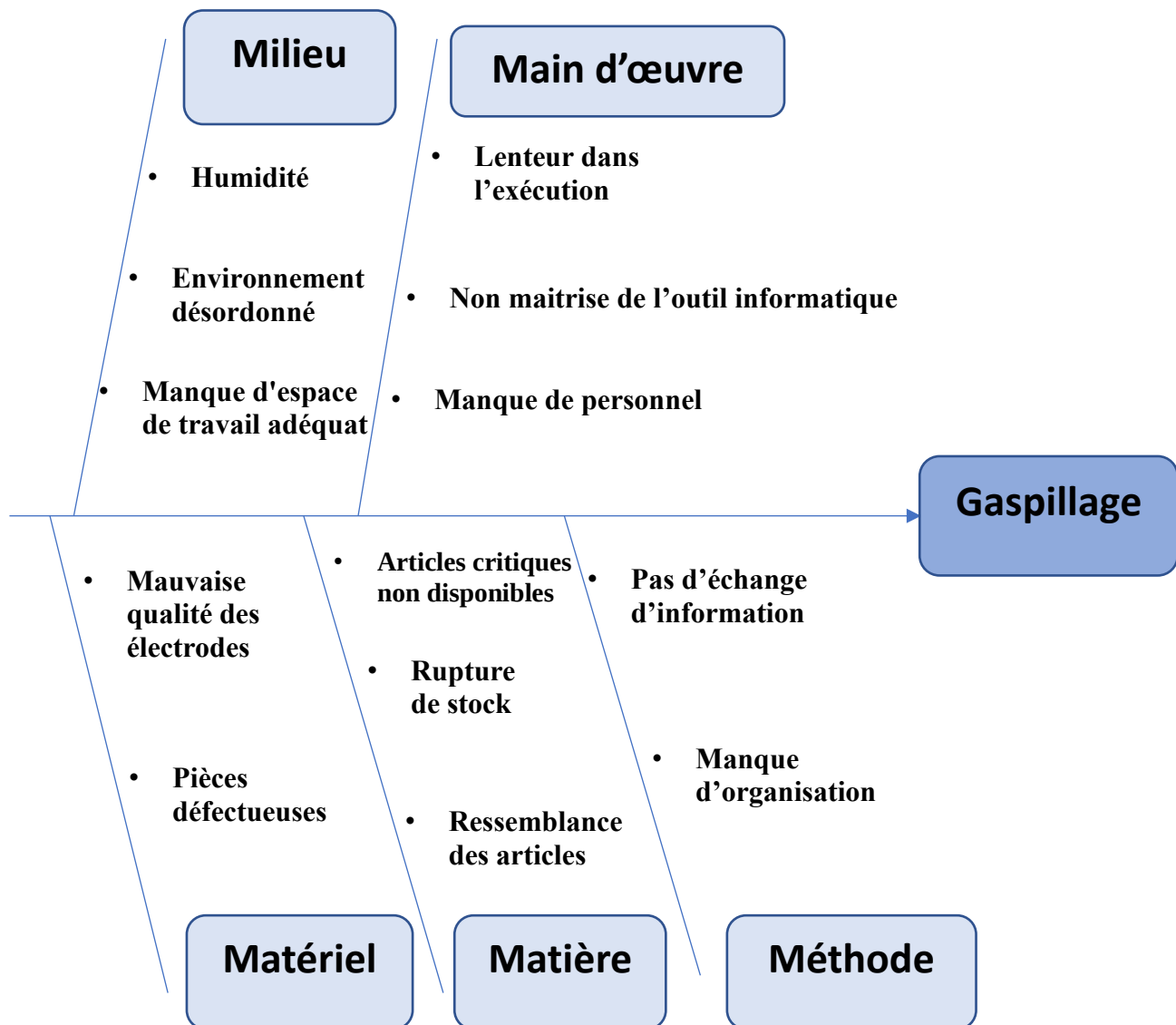
Machine à souder SOUCAN :

Figure 19 : ISHIKAWA (diagramme de causes et effets) - Soudeuse SOUCAM

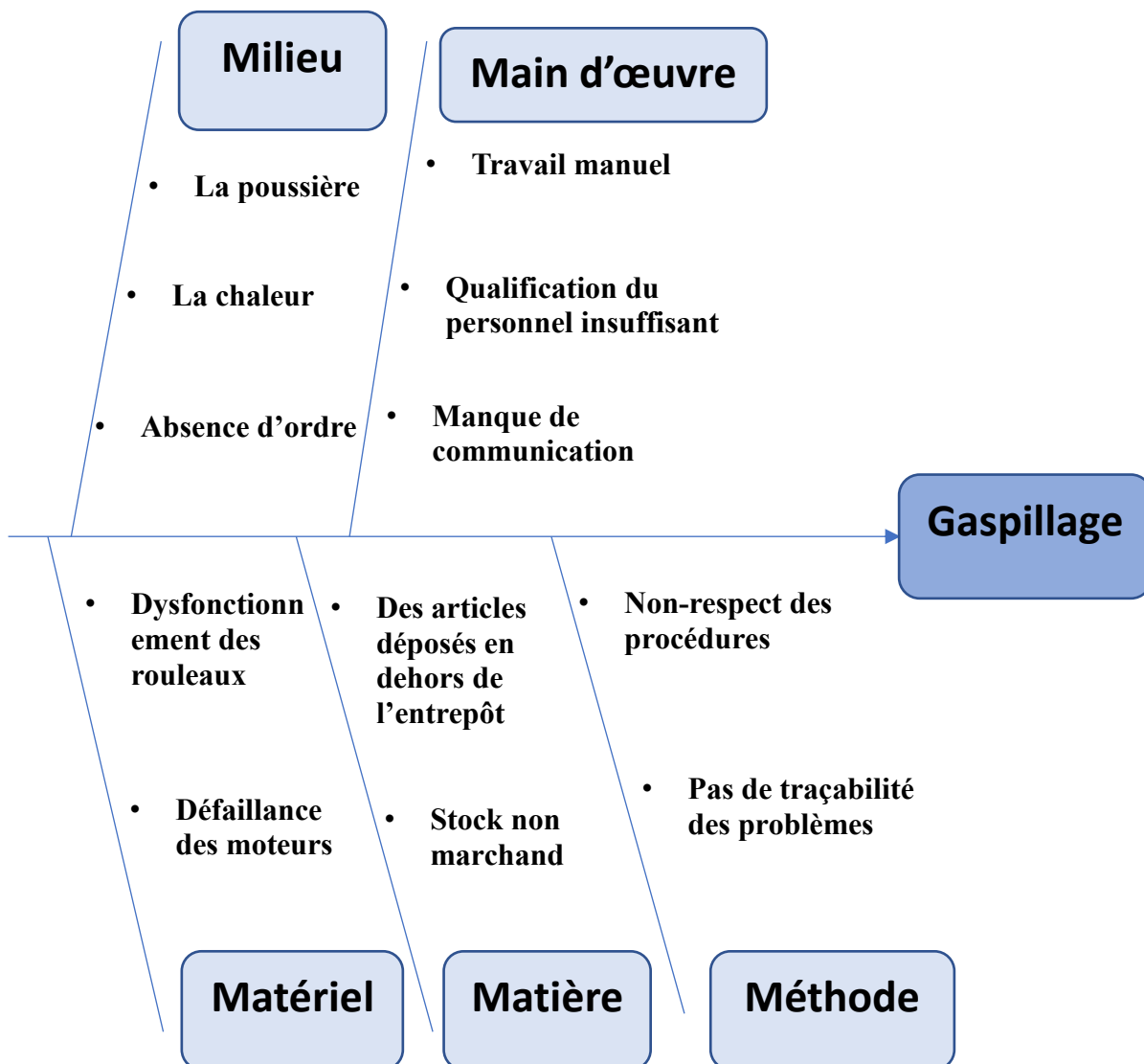
Convoyeur Mectra :

Figure 20 : ISHIKAWA (diagramme de causes et effets) - Convoyeur MECTRA

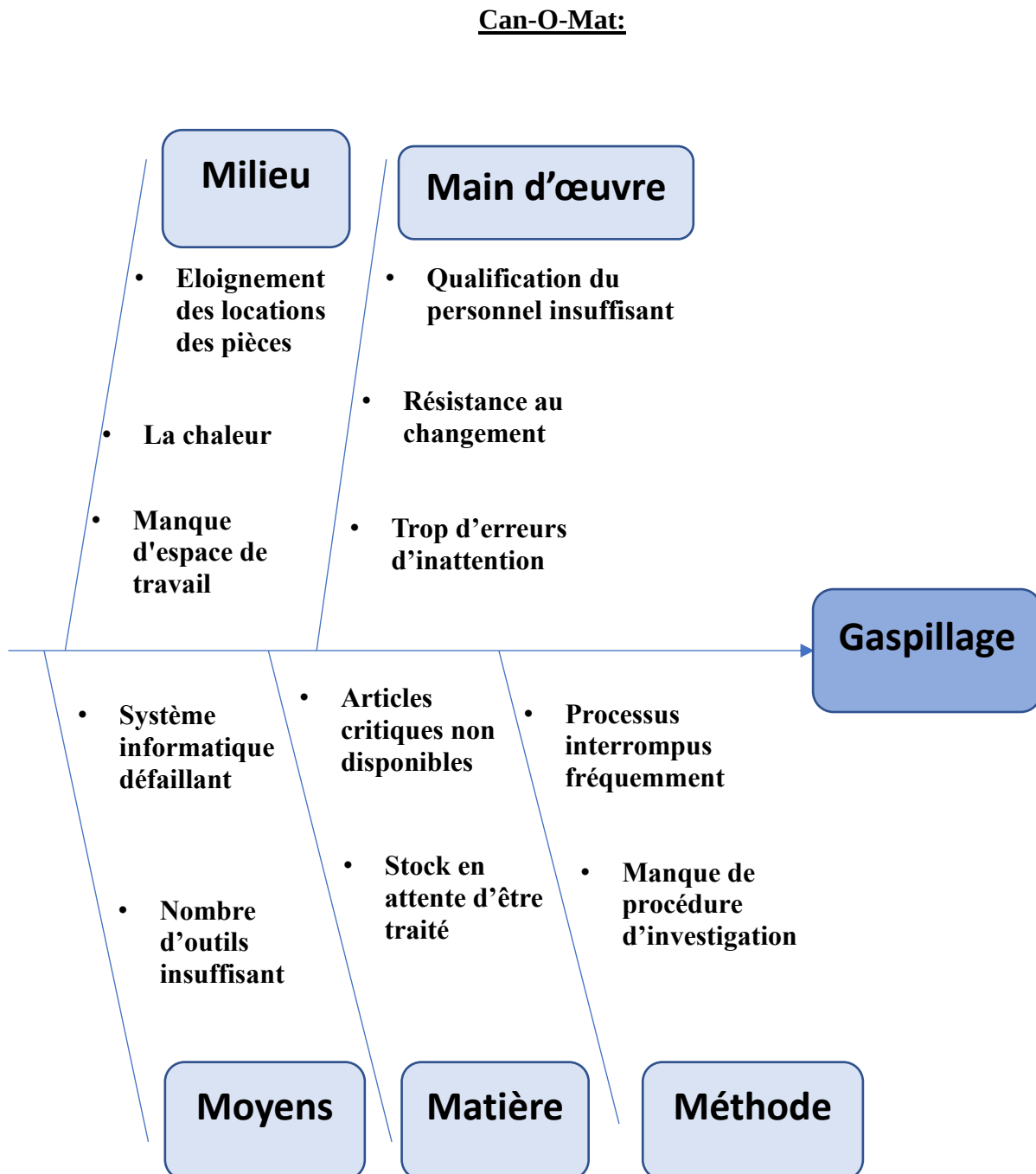


Figure 21 : ISHIKAWA (diagramme de causes et effets) - Can-O-Mat

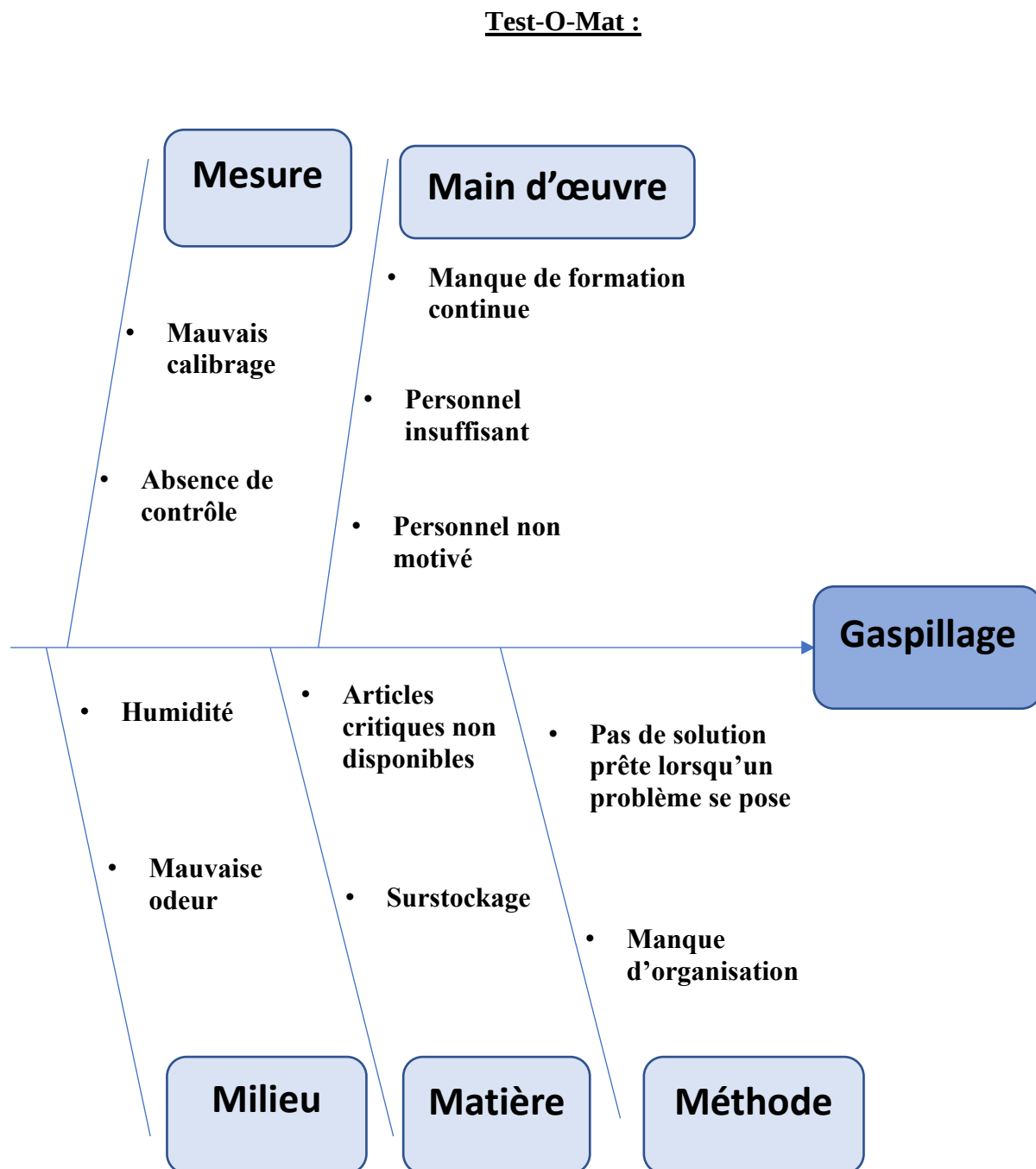


Figure 22 : ISHIKAWA (diagramme de causes et effets) - Test-O-Mat

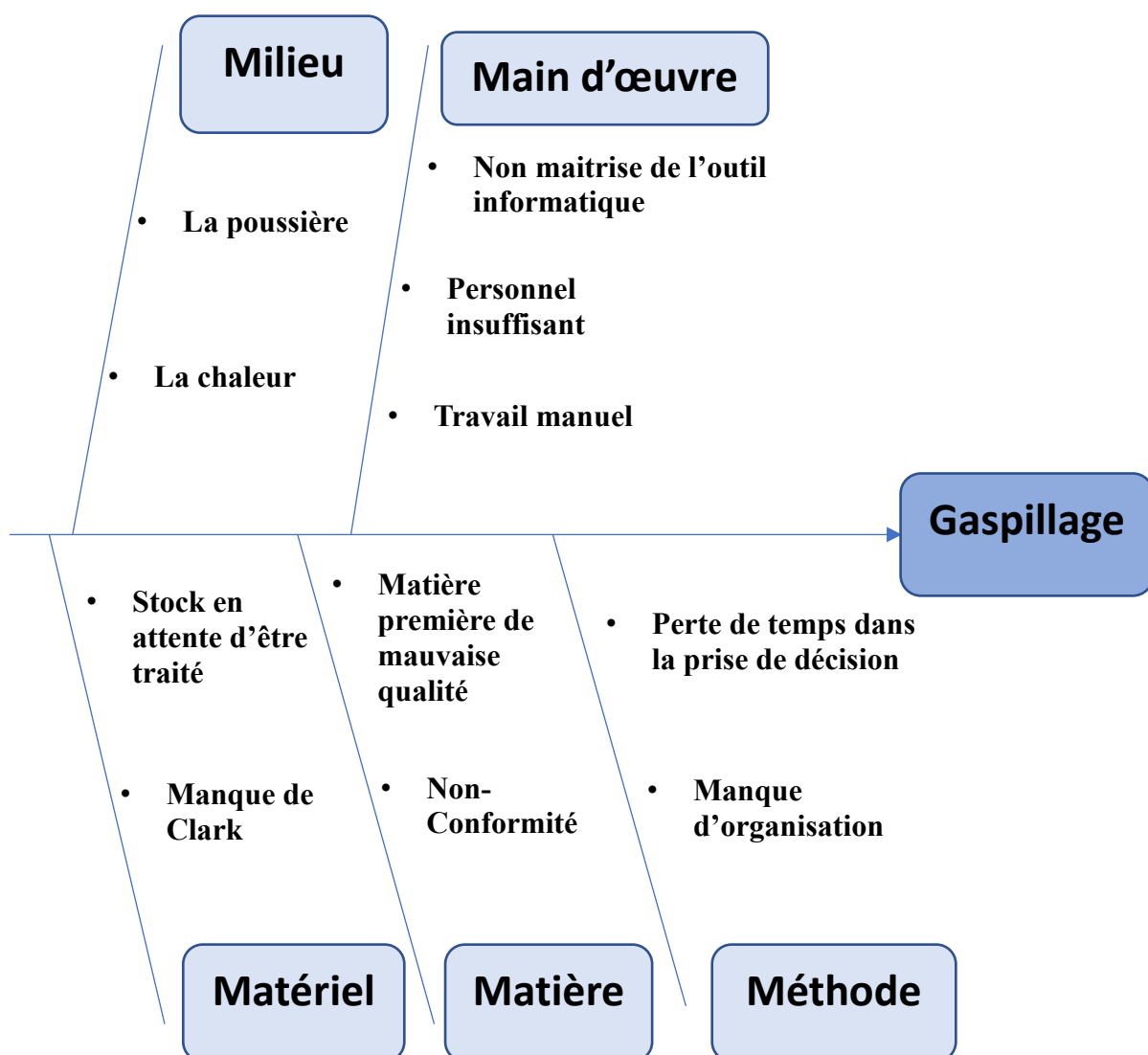
Palettiseur et cerceuse :

Figure 23 : ISHIKAWA (diagramme de causes et effets) - Palettiseur, Cerceuse

Ce diagramme nous a aidés à identifier et à mieux comprendre les causes en fonction des 5M. Cependant, il reste incomplet et ne révèle pas clairement les causes profondes qui influencent la variabilité de l'inventaire.

L'inventaire fait référence à la quantité de produits, de matériaux ou de marchandises qu'une entreprise détient en stock à un moment donné. C'est essentiellement la réserve de biens que l'entreprise conserve en prévision de la demande future de ses clients.

Diagramme d'affinités

A l'issue du diagramme de causes et effets, nous avons utilisé un outil qui s'est révélé très approprié : le diagramme d'affinités.

Le diagramme d'affinité est un outil de gestion de la qualité et de résolution de problèmes utilisé pour organiser et regrouper des idées, des informations ou des données non structurées en fonction de leurs relations et de leurs similitudes. Il est également connu sous le nom de "diagramme KJ" ou "diagramme d'organisation des idées".

Cet outil nous a permis de regrouper et d'affiner les causes similaires au sein de trois catégories distinctes :

Problèmes dus à la charge du travail	Problèmes dus aux personnels	Problèmes dus aux conditions de travail
-Stock en attente d'être traité -Personnel insuffisant -Personnel non motivé -Trop d'erreurs d'inattention -L'intervention dans différentes tâches qui interrompt le processus -Manque de communication entre les employés	-Manque de formation continue -Lenteur dans l'exécution -Non maîtrise de l'outil informatique -Déplacement inutile -Mouvements inutiles -Eloignement des locations des pièces	-Nombre d'outils insuffisants -Système informatique qui défaille. -Manque d'espace de travail

-L'absence d'ordre et d'arrangement des articles dans les locations -Manque d'organisation -Processus interrompus fréquemment -La poussière -Environnement désordonné -Travail manuel -Pas d'échange d'information -Non-respect des procédures -Non traçabilité des problèmes -Précipitation de prendre des décisions -Pas de solutions prêtes lorsqu'un problème se pose -manque de planification		
---	--	--

Tableau 1 : Diagramme d'affinités**Méthode ABC :**

	Machines	Nombre de minutes d'arrêt	Temps d'arrêt en %	Cumul %	ABC
1	Soudeuse	7960	49.39	49.39	A
2	Can-O-Mat	3335	20.70	70.09	A
3	Convoyeur	1470	9.12	79.21	A
4	Test-O-Mat	1395	8.66	87.87	B
5	Cisaille OSCAM	950	5.89	93.76	B
6	Palettiseur	630	3.91	97.67	C
7	Cercleuse	375	2.33	100	C

Tableau 2 : Méthode ABC

Courbe du cumul de pourcentage de temps d'arrêt des machines :

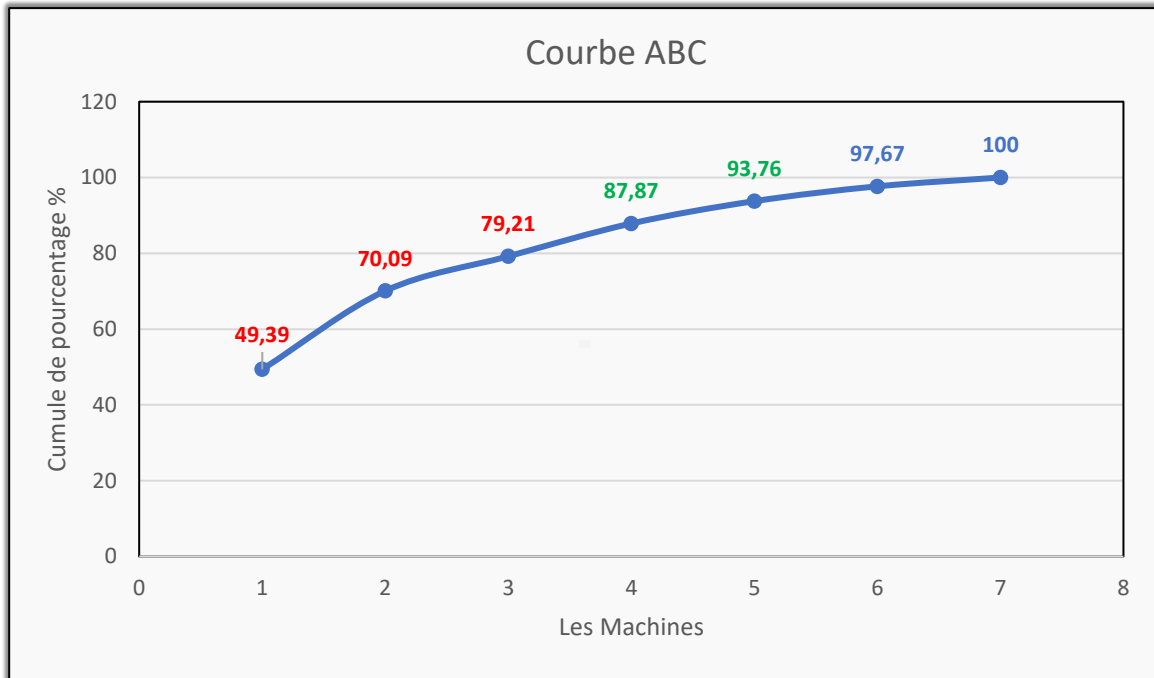


Figure 24 : Courbe du cumul de pourcentage de temps d'arrêt des machines

Interprétation du diagramme de la méthode ABC :

- Les trois premières machines, à savoir la Soudeuse, le Can-O-Mat et le Convoyeur, représentent près de 80% ($49.39\% + 20.70\% + 9.12\% = 79.21\%$) du temps total d'arrêt cumulé. Cela signifie que ces machines ont une influence majeure sur l'efficacité globale du processus de production.
- Les machines Soudeuse, Can-O-Mat et Convoyeur sont classées dans la catégorie A selon l'analyse ABC. Cela indique qu'elles nécessitent une attention particulière en termes de gestion de la maintenance et de l'amélioration continue, car elles contribuent de manière significative aux temps d'arrêt.
- Les machines Test-O-Mat et Cisaille OSCAM représentent ensemble environ 13% ($8.66\% + 5.89\% = 14.55\%$) du temps d'arrêt cumulé. Bien que leur contribution soit moindre que les trois premières machines, elles restent importantes et sont classées dans la catégorie B selon l'analyse ABC.
- Les machines Palettiseur et Cercleuse contribuent respectivement à environ 3.91% et 2.33% du temps d'arrêt cumulé. Bien que leur impact individuel soit relativement faible, il est

important de surveiller et de gérer ces machines pour minimiser les temps d'arrêt et améliorer l'efficacité globale.

En conclusion, l'analyse par la méthode ABC met en évidence les machines clés qui sont responsables de la majorité du temps d'arrêt dans le processus de production. Cela permet de concentrer les efforts de maintenance et d'amélioration sur ces machines prioritaires afin d'optimiser les performances et d'obtenir des gains significatifs en termes de productivité et d'efficacité

VI.2.4 Identification des différentes sources de gaspillage :

Gaspillage lié à la gestion de stock :

Gestion inefficace des pièces de rechange : La gestion des pièces de rechange au sein de l'entreprise semble inefficace du fait par exemple que sur le relevé de l'historique des pannes, une réparation n'a pu être effectuée par absence de pièce de rechange. Il est signalé aussi que plusieurs pièces en stock restent très longtemps inutilisées. (Voir annexe 1 – Historique des pannes – Convoyeur Mectra – le 08/11/2022 – une intervention qui dure 5h à cause d'une rupture de stock)

Gaspillage lié aux processus de mouvement :

a. Déplacements non optimisés : Lors de mes observations, les opérateurs semblent effectuer souvent des déplacements inutiles en raison d'une organisation inadéquate des outils ou d'une mauvaise communication. Cela entraîne une perte de temps et une inefficacité dans les opérations. (Durant une intervention de maintenance effectuée pendant mon stage (changement d'une électrovanne au niveau de l'unité de vernis de la soudeuse), j'ai remarqué qu'il y a une perte de temps liée au déplacement des employés entre la ligne de production et l'atelier en raison d'une mauvaise organisation des outils. Cela a un impact direct sur la productivité de l'entreprise.)

b. Manque de surveillance et de détection précoce des anomalies : J'ai remarqué qu'en raison d'une surveillance insuffisante des équipements, certaines anomalies passaient inaperçues jusqu'à ce qu'elles causent des pannes majeures. Cela entraîne des temps d'arrêt prolongés et des coûts élevés de réparation. (Voir annexe 1 – Historique des pannes – Test-O-Mat – le 24/12/2022 – manque de surveillance des capteurs qui a conduit au blocage complet de la machine)

Gaspillage lié aux défauts :

a. Formation insuffisante des opérateurs : Pendant mon stage, il m'a semblé que le manque de formation adéquate des opérateurs chez MMBox contribuait à des erreurs fréquentes et à des dommages aux équipements. Cela entraîne des interruptions de production et des pertes

financières. (Voir annexes 2 – Rapport numéro 2 – contacte d'un service externe après incompréhension du problème)

b. Qualité des pièces de rechange inadéquate : l'utilisation de pièces de rechange défectueuses ou de mauvaise qualité chez MMBox entraînait des pannes fréquentes, des arrêts de production et des coûts supplémentaires liés aux réparations. (Durant mon stage, lors d'une intervention visant à remplacer une électrovanne défectueuse, nous avons rencontré un problème lié à son absence dans le magasin. Nous avons donc utilisé une électrovanne précédemment remplacée et réparée, mais qui n'avait jamais été testée. Après son installation, il s'est avéré qu'elle était également défectueuse, ce qui a entraîné une perte de temps et donc une baisse de productivité)

Gaspillage lié aux pannes :

a. Maintenance non optimale : J'ai observé à MMBox que la maintenance non optimale des équipements contribuait à des pannes fréquentes, des temps d'arrêt prolongés et des coûts élevés de réparation. (Annexe 1 – Historique des pannes – Soudeuse OSCAM – sur 87 arrêts, 79 sont non planifié avec un temps d'arrêt globale conséquent de 7960 minutes)

b. Défauts d'installation et de réglage : J'ai noté que des erreurs lors de l'installation, du serrage ou du réglage des équipements pouvaient entraîner des pannes et des problèmes de performance. (Voir annexe 2 – Rapport numéro 2 – pannes liée à une erreur de réglage de positionnement d'une pièce dans la machine)

Gaspillage lié au transport :

a. Logistique et approvisionnements inefficaces : J'ai remarqué que des problèmes tels qu'un nombre insuffisant de véhicules de transport ou des fournisseurs éloignés entraînaient des retards dans la réception de pièces de rechange et des perturbations dans la chaîne d'approvisionnement. (Des PDR (Pièces de Rechange) qui ne peuvent pas être stockées, comme les joints pour éviter qu'ils ne durcissent, sont fournis par des magasins en ville qui se trouvent à une heure aller-retour de l'usine. Ainsi, à chaque arrêt non programmé nécessitant un remplacement des joints, il y a au minimum une heure de perdue dans l'intervention, ce qui a un impact considérable sur la productivité)

Gaspillage lié à l'attente :

a. Temps d'attente des opérateurs ou des équipements : Chez MMBox, j'ai constaté que les temps d'attente dus à la non-disponibilité d'outils, de résultats d'analyse ou de matières premières entraînaient des retards dans les opérations et une baisse de productivité. (Voir

annexe 1 – Historique des pannes – Soudeuse SOUCAM – le 18/06/2022 – attente liée à la non disponibilité d'outils)

VI.2.5 Proposition d'amélioration : Rapport A3

Pour proposer des solutions aux types de gaspillage identifiés, j'ai choisi d'utiliser la méthode A3. Cette approche structurée et visuelle permettra de décomposer les problèmes, d'analyser les causes racines et de concevoir des contre-mesures efficaces.

La méthode A3, également connue sous le nom de "rapport A3" ou "plan A3", est une approche de résolution de problèmes utilisée pour favoriser la communication et la prise de décision au sein d'une organisation. Elle tire son nom du format de papier A3 (29,7 x 42 cm), qui encourage la concision et la synthèse des informations [32]

La structure de la méthode A3 est composée des éléments suivants :

Contexte : Cette section présente le contexte global du problème ou de la situation à traiter. Elle explique le contexte opérationnel, les parties prenantes concernées et les enjeux associés.

Situation actuelle : Cette partie décrit l'état actuel du problème ou de la situation, en mettant en évidence les symptômes, les impacts et les dysfonctionnements observés. Elle permet de comprendre en détail le problème à résoudre.

Objectif : Dans cette section, l'objectif spécifique à atteindre est clairement défini. Il s'agit de décrire l'état souhaité ou l'amélioration attendue suite à la résolution du problème.

Analyse des causes racines : Cette étape consiste à identifier et à analyser en profondeur les causes fondamentales du problème. Des outils d'analyse tels que le diagramme d'Ishikawa, et le diagramme d'affinité sont utilisés pour explorer les causes profondes.

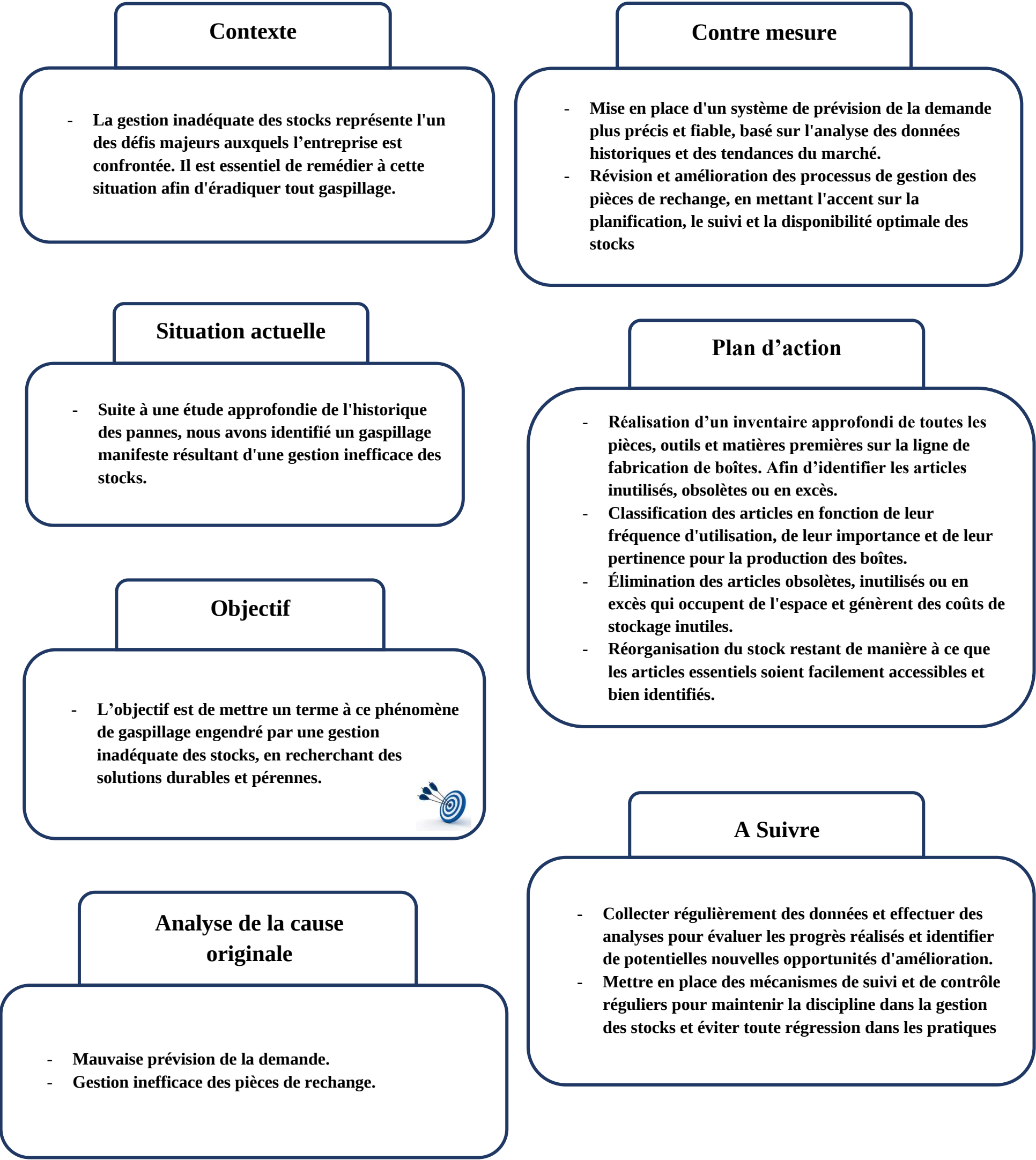
Contre-mesure : Dans cette partie, les actions correctives ou les solutions potentielles sont proposées pour résoudre les causes racines identifiées.

Plan d'action : Le plan d'action détaille les étapes spécifiques à suivre pour mettre en œuvre les contre-mesures.

À suivre : Cette section met en évidence les activités de suivi et d'évaluation de la mise en œuvre des contre-mesures. Elle inclut également les indicateurs de suivi et les mécanismes de réévaluation pour s'assurer de l'efficacité des actions entreprises.

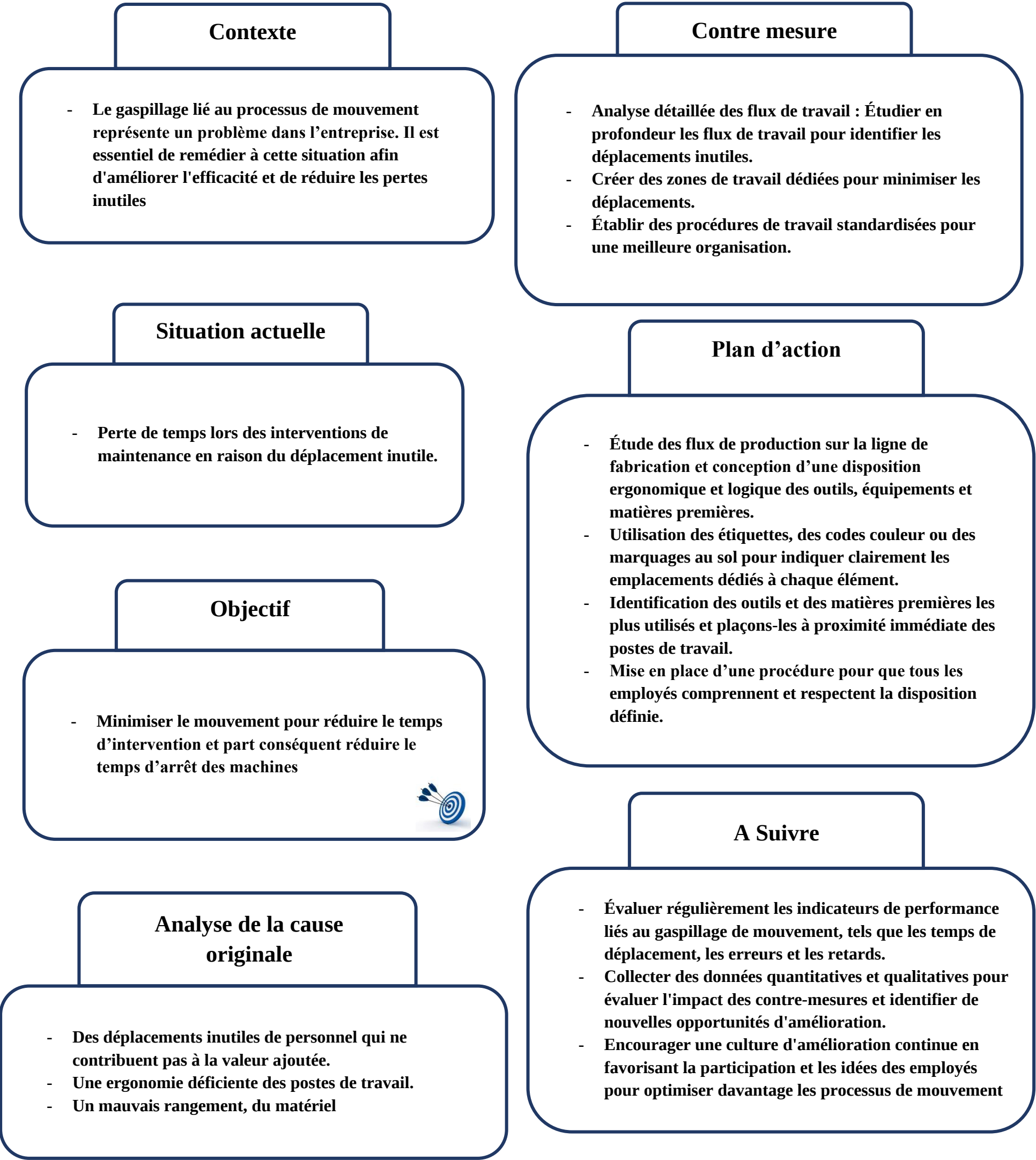
Problème de gaspillage

Type : Gaspillage lié à la gestion de stock



Problème de gaspillage

Type : Gaspillage lié aux processus de mouvement



Problème de gaspillage

Type : Gaspillage lié aux défauts

Contexte

- L'analyse du problème de gaspillage au sein de l'entreprise met en évidence plusieurs facteurs prédominants, parmi lesquels les défauts jouent un rôle majeur en entraînant des arrêts partiels ou totaux sur la chaîne de production.

Contre mesure

- Mettre en place des procédures de contrôle qualité strictes à chaque étape du processus de production.
- Réviser et améliorer les processus de conception et les spécifications des produits pour réduire les défauts dès le stade de la conception.
- Investir dans la formation et le développement des compétences des employés, en mettant l'accent sur la qualité et les techniques de fabrication

Situation actuelle

- Les arrêts non planifiés survenus sur la chaîne de production, motivés par divers facteurs, ont un impact direct sur le rendement global de l'entreprise. Ces interruptions inattendues compromettent la productivité et entraînent des perturbations dans le flux de travail

Plan d'action

- Mettre en place des outils de contrôle qualité tels que des checklists, des audits et des inspections régulières.
- Établir des normes et des critères de qualité clairs pour chaque produit, en se basant sur les exigences des clients.
- Former les employés sur les techniques de contrôle qualité, les procédures opérationnelles standard et l'importance de la qualité dans leur travail

Objectif

- Notre objectif est d'éliminer le gaspillage lié aux défauts en mettant en place des solutions durables et efficaces.



Analyse de la cause
originale

- Manque de contrôle qualité rigoureux tout au long du processus de production.
- Défauts de conception ou de spécifications des produits.
- Manque de formation et de compétences des employés

A Suivre

- Effectuer des revues régulières de la qualité pour s'assurer de la durabilité des solutions mises en place.

Problème de gaspillage

Type : Gaspillage lié aux pannes

Contexte

- Chaque entreprise aspire à une chaîne de production fluide et une maintenance efficiente, mais même avec les mesures de précaution prises, les pannes inattendues persistent, entraînant des pertes financières et des retards de production

Contre mesure

- Sensibilisation des employés à l'importance du nettoyage adéquat.
- Utilisation de modèles prédictifs pour anticiper les fluctuations de la demande.
- Recrutement de personnel qualifié.
- Contrôle qualité rigoureux des pièces de rechange.
- Établir des partenariats avec des fournisseurs de confiance

Situation actuelle

- Les pannes inattendues sur les équipements et les machines sont fréquentes, ce qui entraîne des arrêts non planifiés, des temps d'arrêt prolongés et une baisse de la productivité globale de l'entreprise

Plan d'action

- Évaluer les fournisseurs de pièces de rechange et mettre en place des normes de qualité strictes.
- Identifier les lacunes en compétences du personnel et fournir des formations ciblées.
- Mettre en place un système de suivi de la demande pour ajuster les plans de maintenance en conséquence.
- Élaborer des procédures de nettoyage détaillées et responsabiliser les employés quant à leur exécution régulière

Objectif

L'objectif est de réduire le gaspillage lié aux pannes en mettant en place des mesures préventives et réactives appropriées pour assurer un fonctionnement optimal des équipements.



A Suivre

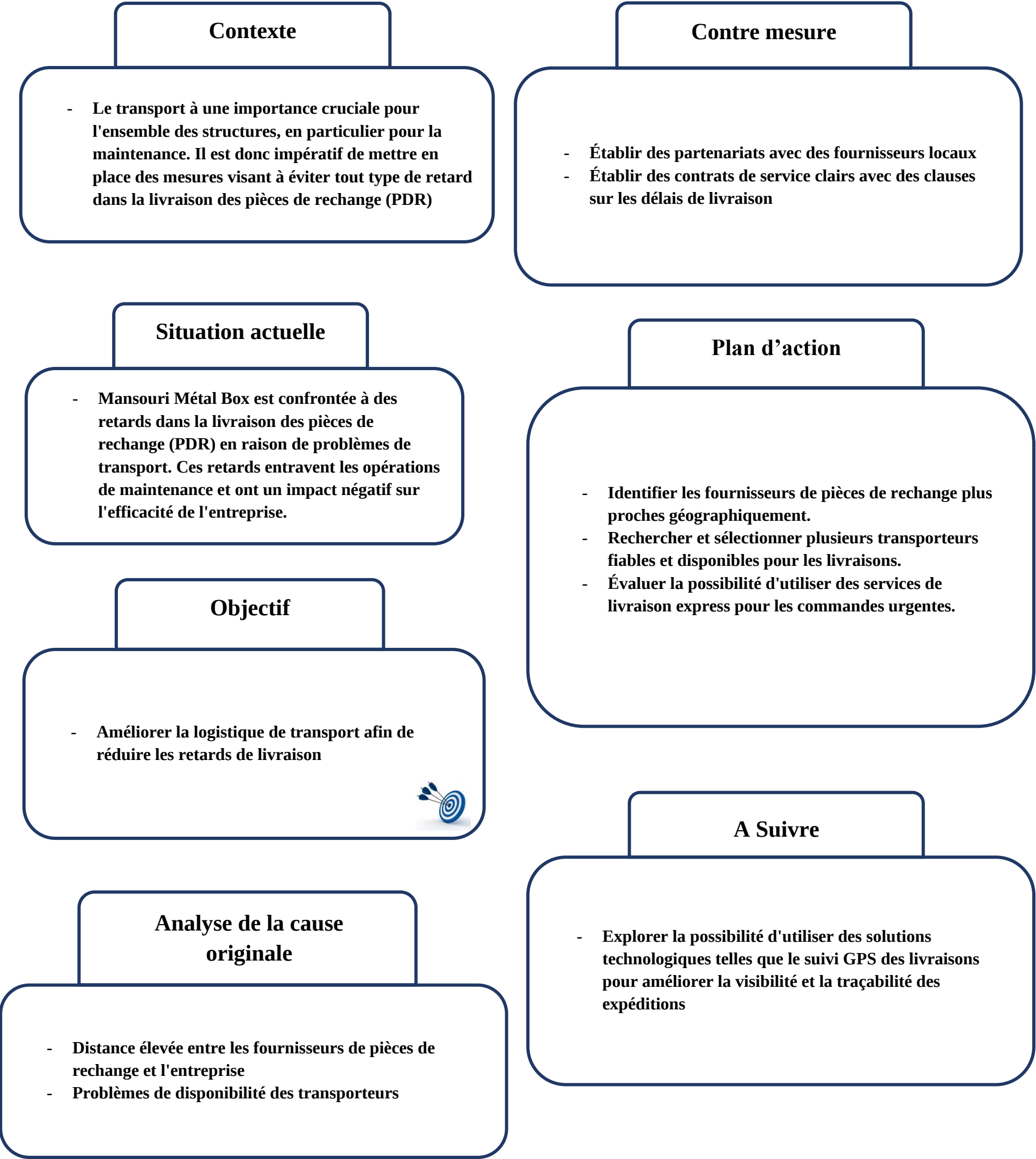
- Évaluer l'efficacité des contre-mesures et du plan d'action mis en place.
- Analyser les données de performance et les statistiques de pannes pour évaluer l'impact des mesures prises.
- Identifier les zones où des améliorations supplémentaires sont nécessaires.

Analyse de la cause originale

- Utilisation de pièces de rechange de mauvaise qualité
- Manque de compétences du personnel
- Fluctuations imprévisibles de la demande qui entraînent une surcharge de production et rendent les plans de maintenance préventive inadaptés.
- Nettoyage des machines insuffisants

Problème de gaspillage

Type : Gaspillage lié au transport



Problème de gaspillage

Type : Gaspillage lié à l'attente

Contexte

- L'un des principaux types de gaspillage est le temps d'attente causé par les arrêts du processus de production.

Contre mesure

- Améliorer la planification des commandes de PDR en se basant sur des prévisions précises.
- Garantir un approvisionnement régulier des outillages nécessaires pour l'entretien.
- Assurer la fiabilité et la disponibilité des outils ainsi que de la documentation

Situation actuelle

- Le temps d'attente excessifs lors des arrêts du processus de production se traduit par une perte de productivité et une utilisation inefficace des ressources.

Plan d'action

- Évaluer les PDR critiques nécessitant un stockage interne pour réduire les délais de réception.
- Optimiser la planification de l'utilisation de l'outillage pour minimiser les temps d'attente

Objectif

- Identifier les causes de ces temps d'attente et mettre en place des mesures pour les réduire



A Suivre

- Analyser les données de performance de l'outillage pour identifier les améliorations potentielles et les opportunités d'optimisation.
- Réviser les accords contractuels avec les fournisseurs pour s'assurer qu'ils répondent toujours aux besoins de l'entreprise

Analyse de la cause
originale

- Retard dans la réception des PDR
- Outillage occupé

VI.2.6 Conclusion et perspectives :

Conclusion :

En conclusion, l'identification des différentes sources de gaspillage dans l'entreprise MMBox a révélé plusieurs domaines où des améliorations sont nécessaires pour optimiser l'efficacité opérationnelle, réduire les coûts et améliorer la qualité des produits. Les sources de gaspillage identifiées comprennent :

- La gestion de stock inadéquate.
- Les processus de mouvement inefficaces.
- Les défauts liés.
- Les pannes résultant d'une maintenance inadéquate.
- Le gaspillage lié au transport.
- L'attente non optimisée.

L'utilisation de la méthode A3 pour chaque type de gaspillage identifié, s'est avérée très bénéfique. Grâce à cette approche structurée de résolution de problèmes, nous avons pu analyser en profondeur les causes racines de chaque gaspillage et concevoir des contre-mesures spécifiques pour les éliminer.

Le rapport A3 nous a permis de :

- Visualiser les problèmes
- Collecter des données pertinentes,
- Impliquer les parties prenantes clés
- Faciliter la communication tout au long du processus.

Les étapes claires et concises de la méthode A3 nous ont guidés dans l'identification des objectifs, l'analyse des causes profondes et la proposition de solutions pratiques.

Perspectives :

Au-delà de l'application du rapport A3, il existe d'autres perspectives pour continuer à améliorer les performances de MMBox. Certaines suggestions comprennent :

- Adoption d'une approche Lean plus large : En complément du rapport A3, MMBox pourrait envisager d'adopter d'autres concepts et outils du Lean, tels que le Kaizen (amélioration continue), le Juste-à-Temps (JIT) pour la gestion des stocks, ou encore le Value Stream Mapping (VSM) pour identifier les flux de valeur et les sources de gaspillage dans les processus.
-
- Intégration de technologies avancées : L'utilisation de technologies avancées telles que l'automatisation, l'internet des objets (IoT) et l'intelligence artificielle peut aider à optimiser davantage les opérations de MMBox. Par exemple, l'utilisation de capteurs IoT pour surveiller les machines en temps réel, l'application de l'IA pour l'analyse prédictive des

défaillances ou l'optimisation des itinéraires de livraison peuvent conduire à des gains significatifs en termes de productivité et d'efficacité.

-
- Collaboration avec les fournisseurs et les clients : MMBox pourrait envisager de renforcer la collaboration avec ses fournisseurs pour améliorer la gestion de la chaîne d'approvisionnement, réduire les délais de livraison et garantir la qualité des pièces de rechange. De même, travailler en étroite collaboration avec les clients peut permettre de mieux comprendre leurs besoins et attentes, ce qui facilite l'adaptation de la production et l'innovation de produits.
-
- Formation continue et développement des compétences : Investir dans la formation continue des employés et le développement des compétences est essentiel pour maintenir une main-d'œuvre qualifiée et adaptable. MMBox pourrait mettre en place des programmes de formation pour renforcer les compétences techniques et managériales de ses employés, favorisant ainsi l'amélioration continue et l'innovation.

En explorant ces perspectives supplémentaires, MMBox peut continuer à progresser vers l'excellence opérationnelle, renforcer sa compétitivité sur le marché et assurer sa croissance à long terme.

En conclusion, l'application des solutions basées sur le rapport A3, l'exploration de perspectives supplémentaires permettront à MMBox de surmonter les défis identifiés, d'améliorer ses performances opérationnelles et de développer un avantage concurrentiel durable

VII. Bibliographie :

VIII. **Bibliographie**

- [1] B. Lina, «Politique d'inspection non périodique d'un système se dégradant,» 2020.
- [2] AFNOR, «Fonction maintenance FD X 60-000.,» Paris, 2002.
- [3] Larousse, Encyclopédique, 2001.
- [4] E. Hupjé, Types of maintenance How to Choose the right Maintenance Strategy, 2021.
- [5] NORME, Norme NF en 13306, 2018.
- [6] AFNOR, FD X 60-000, 2002.
- [7] F. TAMWO, Institut universitaire Fotso Victor de Bandjoun - Lcense maintenance industrielle et productique, 2011.
- [8] Norme, Norme NF en 13306 X 60-319, 06/2011.
- [9] A.BELHOMME, Cours de stratégie de maintenance, 2010/2011.
- [10] C. Coudre, Les 5 Niveaux de maintenance TPM Attitude.
- [11] A. Kelly, Maintenance Strategy, 2011.
- [12] J. Levitt, The Handbook of Maintenance Management, 2012.
- [13] R. (. Palme, Maintenance Planning and Scheduling Handbook, 2013.
- [14] G. Lasnie, Le lean-manufacturing (système de production a haute performance), 2007.
- [15] J. K.Liker, The toyota Way : 14 Management Principles from the world's greatest manufacturer, 2004.
- [16] J.LIKER, The toyota way, MCGRAW'HILL, 2006.
- [17] J. P. W. e. D. T. Jones, Lean Thinking: Banish waste and create Wealth in Your Corporation, 2008.
- [18] R. Smith, What is Lean Maintenance, 2004.
- [19] J. Levitt, Lean maintenance, Industrial Press, 2008.
- [20] J. H. Y. B. e. W. Cai, Weapon Equipement Lean Maintenance Strategy Research, 2012.

Références Bibliographiques

- [21] H. S. Sherif Mostafaa Jantane Dumrakb, Lean maintenance roadmap, 2015.
- [22] D. Anderson, Reducing the cost of preventive maintenance, 2003.
- [23] T. d'Hanlon, Lean Maintenance Lubrication-Focus, 2002.
- [24] D. J. Anderson, Kanban : Succesful Evolutionary Change for your Technology Business, 2010.
- [25] J. Bicheno, The ishikawa diagram : Solving problems with fishbone analysis, 2008.
- [26] J. Shook, Managing to learn: Using the A3 Management Process, 2008.
- [27] T. Glass, Just-in-time manufacturing an introduction, 2009.
- [28] D.H.Stamatis, Jidoka and Quality Assurance : An Introduction to Lean Manufacturing, 2008.
- [29] I. M, Gemba Kaizen: A Commonsense, Low-Cost Approach to Management, . New York :: McGraw-Hill, 1997.
- [30] S. Shingo, Quick Changeover for Operators: The SMED System, 1996.
- [31] D. Interne, *MMBox*.
- [32] J. Shook, Managing to Learn: Using the A3 Management Process, 2008.

IX. Annexes

IX.1 Historique des pannes durant l'année 2022 :

IX.1.1 Cisaille OSCAM :

Date	Désignation du travail	Temps	Nature de maintenance
16/01/2022	<u>Problème :</u> Cisaillement de la tige du porte paquet des flans au niveau du robot automatique N°1. <u>Solution réalisée :</u> Confection d'une autre tige au niveau de l'atelier de fabrication mécanique.	90 min	Curative
22/02/2022	<u>Problème :</u> Blocage du magasin de la Cisaille Ocsam N°1. Après la vérification, nous avons trouvé qu'il Ya un contacteur endommagé. <u>Solution réalisée :</u> Changement du capteur.	60 min	Curative
17/03/2022	<u>Problème :</u> Cisaillement d'une tige filetée du robot automatique de la Cisaille Ocsam N°1. <u>Solution réalisée :</u> Changement de la tige cisailée par une autre.	60 min	Curative
03/04/2022	Confection des cinq (05) supports pour la 2eme table de la Cisaille Ocsam N°1.	120 min	Curative
16/05/2022	<u>Problème :</u> Le système de prélèvement et alimentation de feuille de la Cisaille Ocsam N°1 ne fonctionne pas. <u>Solution réalisée :</u> Serrage du pignon de la chaine métallique qui correspond à la came de mouvement de prélèvement.	60 min	Curative
31/05/2022	<u>Problème :</u> Moteur aller/retour hors position au niveau de la Cisaille Ocsam N°1. <u>Solution réalisée :</u> Nous avons libéré le frein moteur manuellement (avec un clé spécial).	30 min	Curative
19/06/2022	<u>Problème :</u> La température du moteur réducteur du tapis collecteur "Cisaille Ocsam N°1" est trop élevée. <u>Solution réalisée :</u> Vérification de la graisse du réducteur du moteur. Ajustage du tapis de collecteur.	120 min	Curative

Annexes

10/08/2022	<u>Problème :</u> Déclenchement de disjoncteur de la table du collecteur au niveau de la Cisaille Ocsam N°1. <u>Solution réalisée :</u> Vérification du moteur réducteur (Ampérage). Réglage du tendeur du tapis collecteur.	60 min	Curative
11/08/2022	<u>Suite de l'intervention</u> au niveau de la table du collecteur de la Cisaille Ocsam N°1. <u>Solution réalisée :</u> Démontage des axes avec les goujons. Vérification de l'état des paliers ainsi que les roulements. Changement d'un roulement 30010038. remontage.	210 min	Curative
11/08/2022	<u>Problème :</u> Echauffement du moteur de la table du collecteur au niveau de la Cisaille Ocsam N°1. <u>Solution réalisée :</u> Installation d'un flexible d'air pour le refroidissement du moteur.	90 min	Curative
04/09/2022	<u>Problème :</u> Endommagement de la courroie du rouleau (TS196) au niveau de la Cisaille Ocsam N°1. <u>Solution réalisée :</u> Changement du rouleau avec courroie.	30 min	Curative
04/11/2022	Changement d'un tendeur de chaîne au niveau de la chaîne métallique du robot escalator "Cisaille Ocsam N°1".	20 min	Curative

Tableau 3 : Historique des pannes - Cisaille OSCAM

IX.1.2 Machine à souder et tunnel de chauffage :

Date	Désignation du travail	Temps	Nature de maintenance
25/01/2022	Changement du roulement à bille INOX pour l'outil de calibrage au niveau de la Soudeuse N°1.	30 min	Curative
25/01/2022	<u>Problème :</u> Une fuite d'eau au niveau de la poulie réfrigérée du fil de la Soudeuse N°1. <u>Solution réalisée :</u> Démontage et désassemblage de la poulie réfrigérée du fil de la Soudeuse. Changement des trios (03) bagues d'étanchéité. Remontage.	90 min	Curative
15/02/2022	Changement de la tête à molette pendulaire de la Soudeuse N°1.	90 min	Curative
17/02/2022	<u>Problème :</u> Mauvaise adhérence de la poudre sur les boites au niveau de la Soudeuse N°1. Après la vérification, nous avons trouvé que le problème est dû à la perturbation de la tension au niveau de bras pulvérisateur "Electrode". <u>Solution réalisée :</u> Changement de l'électrode du bras de pulvérisation de poudre.	45 min	Curative
19/02/2022	<u>Problème :</u> Bourrage des boites au niveau du Four de la Soudeuse N°1. <u>Solution réalisée :</u> Vérification des tendeurs de la courroie du Four. Vérification de l'état des courroies. Augmentation de la pression d'air du tendeur de la courroie.	30 min	Curative
20/02/2022	Changement du câble de la porte de sécurité de l'unité de roulage "Soudeuse N°1"	90 min	Curative
20/02/2022	<u>Problème :</u> Mauvais fonctionnement de l'unité de ventouse <u>Réf :</u> 78804 au niveau de la Soudeuse N°1. <u>Solution réalisée :</u> Démontage et désassemblage de l'unité de ventouse. Changement du Joint torique. Changement des (32) disques. Changement des trois (03) rondelles d'ajustage. Changement d'un guide de pistons. Changement des deux (02) coussinets de paliers.	180 min	Curative

Annexes

28/02/2022	Remplissage du réservoir de la Soudeuse N°1 par Graisse "KLUBER".	20 min	Curative
04/03/2022	<u>Problème :</u> Une Vibration anormale au niveau du Convoyeur OHC de la Soudeuse N°1. Après la vérification, nous avons trouvé que les deux roues de chaîne du Convoyeur OHC sont endommagées. <u>Solution réalisée :</u> Changement des deux (02) roues de chaîne.	120 min	Curative
06/03/2022	<u>Action programmée:</u> <u>Problème :</u> Vibration au niveau du Convoyeur Roc de la Soudeuse N°1. <u>Solution réalisée :</u> Démontage et désassemblage du Convoyeur Roc. Changement des quatre (04) roulements (61805-2RS). Changement des deux (02) roulements (6002-2RS). Changement du support palier. Changement des deux (02) disques.	240 min	Curative
08/03/2022	<u>Action préventive :</u> Vidange et remplissage de la pompe à vide de la Soudeuse N°1 par huile multilube 100.	30 min	Préventive
09/03/2022	<u>Problème :</u> Affichage d'une alarme "Apparition d'un état d'erreur en relation avec le transmetteur de position du moteur" au niveau de la Soudeuse N°1. <u>Solution réalisée :</u> Vérification de l'état des roulements des poulies de renvoi du fil. Changement des deux (02) roulements d'une poulie de renvoi du manivelle oscillant. Confection d'une poulie de renvoi (Réf : M-454081) au niveau de l'atelier de fabrication mécanique. Vérification des courroies du Convoyeur OHC. Changement de roulement du galets de l'outil de guidage.	240 min	Curative
14/03/2022	<u>Problème :</u> Bourrage des feuilles au niveau de l'unité de ventouse. Après la vérification nous avons constaté que le débit d'aspiration est trop faible. Après le démontage et le désassemblage de la pompe à vide, nous avons trouvé que le variateur de refroidissement a été endommagé. <u>Solution réalisée :</u> Désassemblage de la pompe. Nettoyage à l'intérieur de la pompe. Remontage. <u>NB :</u> Nous avons alimenté la pompe par un flexible d'air comprimé pour le refroidissement (Action palliative).	120 min	Curative
14/03/2022	<u>Problème :</u> Affichage d'une alarme "Early error in starting GCC". La cause de l'apparition de cet alarme est que les données des paramètres machine sont corrompu. La cause de ce problème est l'absence (subitement) de l'alimentation électrique au niveau du pupitre. <u>Solution réalisée :</u> Chargement du logiciel. Vérification de l'état des batteries de l'alimentation des équipements de commandes.	60 min	Curative

Annexes

17/03/2022	<u>Problème :</u> Blocage de la machine à cause de l'affichage d'une alarme "Réglage requis". <u>Solution réalisée :</u> Enregistrement des paramètres du moniteur.	150 min	Curative
28/03/2022	<u>Problème :</u> Une fuite d'eau au niveau de la poulie réfrigérée du fil de la Soudeuse N°1. <u>Solution réalisée :</u> Démontage et désassemblage de la poulie. Changement des six (06) bagues d'étanchéités. Changement des cinq (05) joints torique. Changement des deux (02) pièces d'écartement. Remontage.	60 min	Curative
29/03/2022	<u>Action préventive :</u> Vidange et remplissage du Bac du Refroidissement "Discon" au niveau de la Soudeuse N°1.	120 min	Préventive
04/04/2022	Changement du câble du bras de la poudre et le tuyau de câble ainsi que goupille cylindrique au niveau de la Soudeuse N°1.	180 min	Curative
08/04/2022	<u>Problème :</u> Cisaillement des deux vis de fixation au niveau de la poulie de transmission (62M-413974) de la Soudeuse N°1. <u>Solution réalisée :</u> Arrachement de la vis cisailée. Rectification du filetage des trous.	195 min	Curative
14/04/2022	Changement d'un connecteur de capteur au niveau du magasin de la Soudeuse N°1.	60 min	Curative
14/04/2022	Changement d'un roulement de l'outil de calibrage au niveau de la Soudeuse N°1.	30 min	Curative
19/04/2022	Changement d'un capteur "Déecteur niveau flan" du magasin de la Soudeuse N°1.	30 min	Curative
21/04/2022	Changement visage de connecteur au niveau de la Soudeuse N°1.	15 min	Curative
27/04/2022	<u>Problème :</u> La pression de gaz au niveau du Four de la Soudeuse N°1 est trop faible. <u>Solution réalisée :</u> Vérification de la soupape d'arrêt. Vérification du bon fonctionnement de l'électrovanne. Réglage du débit de gaz "60MBAR".	120 min	Curative

Annexes

28/04/2022	<u>Suite de l'intervention</u> au niveau du Four de la Soudeuse N°1. Installation d'un manomètre au niveau du pressostat du gaz dans le but de mesurer la pression d'air. Nettoyage de la conduite d'air du rejet.	90 min	Curative
28/04/2022	<u>Problème :</u> Décalage du capteur détecteur de la tension du fil de cuivre au niveau de la Soudeuse N°1. <u>Solution réalisée :</u> Réglage de la position de capteur.	30 min	Curative
16/05/2022	<u>Problème :</u> Cisaillement du boulon de palier du rouleau Convoyeur au niveau de la Soudeuse N°1. <u>Solution réalisée :</u> Démontage du rouleau Convoyeur. Changement du boulon de palier. Remontage du rouleau.	60 min	Curative
16/05/2022	Serrage et fixation de la conduite d'air chaud au niveau du Four de la Soudeuse N°1.	15 min	Curative
16/05/2022	Changement d'une poulie de transmission au niveau de la Soudeuse N°1 "Convoyeur OHC".	30 min	Curative
20/05/2022	<u>Problème :</u> Affichage d'une alarme " Ccalsetups : process observer Node : unicontrol connect observer [8] Attent to connect a Node That Don't répond". Après la vérification, nous avons trouvé qu'il Ya une carte électronique retirée. <u>Solution réalisée :</u> Remettre la carte électronique a sa place.	40 min	Curative
21/05/2022	<u>Problème :</u> Affichage d'une alarme "Dérangement entrainement" au niveau de la Soudeuse N°1. <u>Solution réalisée :</u> Serrage des fiches de convertisseur de fréquence (466-U1, 465-U1,461-U1).	20 min	Curative
21/05/2022	<u>Problème :</u> Une fuite d'eau au niveau de la poulie réfrigérée du fil de la Soudeuse N°1. <u>Solution réalisée :</u> Démontage de la poulie. Changement des quatre (04) bagues d'étanchéité simple lèvre. Changement des trois (03) bagues d'étanchéité double lèvre. Changement des trois (03) roulements.	555 min	Curative
23/05/2022	<u>Arrêt programmé : Problème :</u> Un Bruit anormale au niveau de l'extracteur d'air rejeté du Four de la Soudeuse N°1. <u>Solution réalisée :</u> Démontage de l'extracteur (Turbine et moteur). Vérification du bon fonctionnement du moteur. Vérification du support de l'extracteur. Nettoyage de la turbine. Remontage.	180 min	Curative

Annexes

01/06/2022	<u>Problème :</u> Affichage d'une alarme " Dérangement entraînement" au niveau de la Soudeuse N°1. D'après le diagnostic nous avons trouvé qu'il Ya une absence du 24V au niveau du variateur du moteur plateau rotatif. <u>Solution réalisée :</u> Vérification du branchement des fiches du variateur (466V1).	30 min	Curative
01/06/2022	Changement des deux (02) courroies crantées de l'OHC au niveau de la Soudeuse N°1.	30 min	Curative
02/06/2022	Changement de l'indicateur de niveau de l'unité de vernis de la Soudeuse N°1.	60 min	Curative
07/06/2022	Changement d'une courroie plate au niveau de la Soudeuse N°1.	30 min	Curative
14/06/2022	<u>Problème :</u> Mauvais fonctionnement du vérin de traction du fil de l'unité de profilage "Hacheur de fil" au niveau de la Soudeuse N°1. <u>Solution réalisée :</u> Changement de capteur et régulateur de traction du fil. Vérification de l'état du vérin pneumatique de l'unité de profilage.	180 min	Curative
15/06/2022	<u>Problème :</u> Une fuite au niveau du réservoir du Discon de la Soudeuse N°1. <u>Solution réalisée :</u> Serrage des raccords du Réservoir Discon.	30 min	Curative
16/06/2022	Après 48H de l'ajout du "Cleaner" nous avons rempli le bac du discon de l'eau distillé et discon . <u>NB :</u> Nous avons nettoyé le bac du discon avant le remplissage.	120 min	Préventive
18/06/2022	<u>Problème :</u> Affichage d'une alarme "Pression de gaz est trop faible" au niveau de la Soudeuse N°1. <u>Solution palliative :</u> La pression de gaz. L'électrovanne de gaz. Vérification de la consigne du pressostat. Nettoyage des filtres de gaz. Ensuite nous avons décidé d'éliminer le pressostat à gaz (71-S7), en attendant d'alimenter le stock PDR.	60 min	Curative
19/06/2022	Changement d'une électrovanne au niveau de l'unité de vernis de la Soudeuse N°1.	15 min	Curative

Annexes

04/07/2022	<u>Action préventive</u> : Vidange et remplissage du profileur de fil de la Soudeuse N°1.	15 min	Préventive
04/07/2022	Suite à notre programme, nous avons réalisée une intervention au niveau de l'unité de roulage de la Soudeuse N°1. <u>Les actions effectuées</u> : Vérification des rouleaux de l'unité de roulage. Après la vérification, nous avons trouvé qu'il Ya un jeu au niveau du rouleau (<u>Réf</u> : 64M-107363). <u>Solution réalisée</u> : Changement des quatre (04) disques. Changement des deux (02) boulons de palier. Changement des quatre (04) rondelles d'ajustage. Changement des deux (02) coussinets de palier. Changement d'un anneau de sécurité. Remplissage de la pompe de graisse par Graisse Kluber.	420 min	Curative
07/07/2022	Installation de la pompe à vide "BECKER" au niveau de la Soudeuse N°1.	120 min	Préventive
07/07/2022	<u>Problème</u> : La température de servo-moteur du Convoyeur Roc de la Soudeuse N°1 est trop élevée. Après le démontage et désassemblage du moteur, nous avons trouvé que les deux roulements du moteur sont endommagés. <u>Solution réalisée</u> : Changement des deux (02) roulements du moteur.	120 min	Curative
07/07/2022	<u>Problème</u> : Un bruit anormale au niveau de la pompe à eau du refroidisseur au niveau de la Soudeuse N°1. <u>Solution réalisée</u> : Vérification du bon fonctionnement de la pompe. Serrage des vis de fixation de la pompe.	60 min	Curative
07/07/2022	<u>Problème</u> : Affichage d'une alarme "Déclencheur surintensité 900+1B1" au niveau de la Soudeuse N°1. <u>Solution réalisée</u> : Vérification de l'ampérage de la pompe à vide/ Réglage de leur consigne.	120 min	Curative
22/07/2022	<u>Problème</u> : Affichage d'une alarme "Débit d'air trop faible" au niveau de la Soudeuse N°1. Suite à notre diagnostic, nous avons trouvé une fuite d'air au niveau de la vanne de la soupape d'au de refroidissement. <u>Solution réalisée</u> : Démontage de la vanne. Réparation du joint déformé par le silicone.	120 min	Curative
22/07/2022	<u>Suite de l'intervention</u> au niveau de la soupape de l'eau de refroidissement au niveau de la Soudeuse N°1. <u>Solution réalisée</u> : Fabrication d'un joint. Montage du joint fabriqué au niveau de la soupape de l'eau de refroidissement.	60 min	Curative

Annexes

22/07/2022	<u>Problème :</u> Une fuite de la poudre au niveau de l'armoire CPF de la Soudeuse N°1. <u>Solution réalisée :</u> Changement du raccord endommagé par un autre.	60 min	Curative
04/08/2022	<u>Problème :</u> Blocage de la pompe à eau du refroidisseur au niveau du Four de la Soudeuse N°1. <u>Solution réalisée :</u> Démontage et désassemblage de la pompe à eau. Vidange et remplissage du bac de refroidisseur. Démontage des hélices de la pompe. Vérification de l'état du ressort, axe et joint torique.	180 min	Curative
18/08/2022	Changement des deux (02) roulements du galet du courroie de la station de vernis au niveau de la Soudeuse N°1.	45 min	Curative
02/09/2022	<u>Problème :</u> Une fuite d'eau au niveau du raccord rotatif du profileur de fil de la "Soudeuse N°1". <u>Solution réalisée :</u> Changement du raccord rotatif par un autre raccord.	150 min	Curative
02/09/2022	<u>Suite de l'intervention</u> au niveau du Profileur de fil de la Soudeuse N°1. Après le changement du nouveau raccord rotatif, nous avons constaté une fuite d'eau au niveau du disque de profileur de fil. <u>Solution réalisée :</u> Démontage du disque. Changement des deux (02) joints torique.	150 min	Curative
08/09/2022	<u>Problème :</u> Glissement du fil de cuivre sur la poulie réfrigérée de la Soudeuse N°1 à cause de dérèglement du profileur de fil. <u>Solution réalisée :</u> Démontage de la poulie réfrigérée. Vérification des roulements de la poulie. Réglage du largeur du fil (Avec collaboration du service production).	60 min	Curative
11/09/2022	Changement d'une valve magnétique au niveau de la Soudeuse N°1.	60 min	Curative
15/09/2022	<u>Problème :</u> Une fuite d'eau au niveau du disque profilateur de la Soudeuse N°1. <u>Solution réalisée :</u> Démontage des deux disques profilateur. Changement des deux (02) languettes frein. Changement des deux (02) joints torique. Remontage avec deux (02) nouveaux disques.	60 min	Curative
18/09/2022	<u>Action préventive :</u> Remplissage de la pompe de la Soudeuse N°1 par la graisse.	30 min	Préventive

Annexes

25/09/2022	<u>Action préventive :</u> Remplissage de la pompe de la Graisse de la Soudeuse N°1 par la Graisse KLUBER.	30 min	Préventive
29/09/2022	<u>Problème :</u> Endommagement de la bande de transport du Four de la Soudeuse N°1. <u>Solution réalisée :</u> Changement des quatre (04) galets du Convoyeur du Four avec quatre (04) nouveaux roulements. Changement de la bande de transport avec une autre déjà utilisée en attendant l'alimentation de stock PDR.	60 min	Curative
01/10/2022	<u>Problème :</u> Endommagement de la bande de transport au niveau du Four de la Soudeuse N°1. <u>Solution réalisée :</u> Vérification des galets du Convoyeur. Vérification de l'état des tendeurs. Changement d'un galet. Remontage d'une nouvelle bande de transport déjà réparé.	210 min	Curative
02/10/2022	<u>Problème :</u> Endommagement de la bande de transport au niveau du Four de la Soudeuse N°1. <u>Solution réalisée :</u> Vérification du Convoyeur du Four. Changement des quatre (04) galets du Convoyeur avec quatre (04) nouveaux roulements. Remplacement de la bande de transport avec un autre HS . <u>NB :</u> Nous avons envoyé la bande endommagée pour la réparation.	120 min	Curative
03/10/2022	<u>Problème :</u> Endommagement d'un capteur (Indicateur niveau du magasin) au niveau de la Soudeuse N°1. <u>Solution réalisée :</u> Changement du capteur endommagé par un autre.	60 min	Curative
04/10/2022	<u>Problème :</u> Blocage des deux (02) poulies de transmission du Convoyeur OHC de la Soudeuse N°1. <u>Solution réalisée :</u> Démontage des deux poulies. Vérification et remontage avec deux nouveaux roulements.	75 min	Curative
07/10/2022	Changement d'une courroie crantée au niveau de l'unité de roulage de la Soudeuse N°1.	60 min	Curative
09/10/2022	Montage des trois (03) aimants au niveau du Convoyeur du Four "Soudeuse N°1".	15 min	Curative
11/10/2022	<u>Problème :</u> Un jeu au niveau du rouleau (<u>Réf :</u> 62M-235370) et une vis coincée au niveau du palier pivotant de la Soudeuse N°1. <u>Solution réalisée :</u> Démontage du rouleau avec les deux paliers. Vérification de l'état des paliers et du rouleau. Elimination du jeux avec six (06) rondelles (4 disques et 2 d'ajustage). Remontage.	120 min	Curative

Annexes

12/10/2022	<u>Suite de l'intervention</u> au niveau de l'unité de roulage de la Soudeuse N°1. <u>Solution réalisée :</u> Démontage du rouleau. Ajustage des rondelles des paliers. Remontage.	90 min	Curative
14/10/2022	<u>Problème :</u> Affichage d'une alarme "défaut de communication R5232" au niveau de la Soudeuse N°1. <u>Solution réalisée :</u> Après le démontage de plusieurs pièces. Nous avons changé la conduite d'air et tuyau de câble de bras de poudre de la Soudeuse N°1.	360 min	Curative
18/10/2022	Changement de la bande de transport du convoyeur du four de la Soudeuse N°1.	15 min	Curative
21/10/2022	<u>Action préventive :</u> Remplissage de la pompe de la Soudeuse N°1 par graisse KLUBER.	30 min	Préventive
27/10/2022	Changement de la Courroie crantée au niveau de l'unité de roulage de la Soudeuse N°1.	30 min	Curative
27/10/2022	Changement des dix (10) roulements de guidage de l'unité de roulage de la Soudeuse N°1.	30 min	Curative
27/10/2022	<u>Problème :</u> Une Fuite d'huile au niveau du profileur du fil "Partie supérieure" de la Soudeuse N°1. <u>Solution Réalisée :</u> Démontage du profilateur. Changement du Joint SPI. Changement du joint à quatre (04) lèvres. Remontage.	60 min	Curative
27/10/2022	Changement d'un roulement du galet au niveau du Convoyeur de la Soudeuse N°1.	30 min	Curative
27/10/2022	Changement d'un joint SPI au niveau du Profileur de fil "Coté Inferieur" de la Soudeuse N°1.	90 min	Curative
01/11/2022	Changement du raccord d'air au niveau de la Soudeuse N°1.	20 min	Curative

Annexes

03/11/2022	Elimination de la fuite d'eau au niveau de l'unité de calibrage de la Soudeuse N°1.	10 min	Curative
04/11/2022	<u>Problème :</u> Un Bruit anormal au niveau des rouleaux de l'unité de roulage de la Soudeuse N°1. Suite à notre diagnostic, nous avons trouvé que le boulon à palier "Coté droit" du rouleau a été endommagé. <u>Solution réalisée :</u> Démontage du rouleau avec leur paliers. Arrachement de la vis cisailée. Changement du boulon à palier du rouleau.	360 min	Curative
05/11/2022	<u>Problème :</u> Le même problème se répété "Endommagement du boulon à palier des rouleaux de l'unité de roulage" Coté gauche au niveau de la Soudeuse N°1. <u>Solution réalisée :</u> Démontage du rouleau avec leur palier. Changement du boulon à palier. Remontage.	150 min	Curative
20/10/2022	Changement d'un raccord au niveau du Convoyeur N°2 de la Soudeuse N°1.	20 min	Curative
25/11/2022	<u>Problème :</u> Affichage d'une alarme "Capteur sécurité" au niveau de la Soudeuse N°1. <u>Solution réalisée :</u> Réglage de la position de capteur du porte de l'unité de roulage.	30 min	Curative
13/12/2022	Changement d'un bouton tournant pour l'armoire de la Soudeuse N°1.	15 min	Curative
15/12/2022	Changement de capteur (Déecteur niveau paquet des flanc) au niveau du Margeur de la Soudeuse N°1.	60 min	Curative
28/12/2022	Changement des deux (02) roulements des deux (02) galets de l'unité déviatrice au niveau de la Soudeuse N°1.	60 min	Curative

Tableau 4 : Historique des pannes - Soudeuse SOUCAN

IX.1.3 Convoyeur Mectra :

Date	Désignation du travail	Temps	Nature de maintenance
10/02/2022	<u>Problème :</u> Endommagement des deux bandes de transport du Convoyeur N°1. <u>Solution réalisée :</u> Changement des deux bandes endommagées.	120 min	Curative
28/02/2022	Changement du joint SPI du moteur réducteur du tapis métallique "Avant la Can-O-Mat N°1".	15 min	Curative
06/03/2022	<u>Action programmée :</u> <u>Problème :</u> Pénétration d'huile dans le moteur "WA30 DP6B062" du Convoyeur N°1. <u>Solution réalisée :</u> Démontage et désassemblage du moteur. Changement des deux (02) joints SPI du réducteur. Changement du joint SPI du moteur. Remontage.	180 min	Curative
10/03/2022	Rectification des glissières du tapis au niveau du Convoyeur N°1 entre Can-O-Mat et Test-O-Mat.	120 min	Curative
17/03/2022	<u>Problème :</u> Blocage de la chaîne métallique du Convoyeur N°1 "Avant renvoi d'angle". <u>Solution réalisée :</u> Diminution de la longueur de la chaîne. Remontage avec un nouveau maillant.	30 min	Curative
09/04/2022	<u>Problème :</u> Blocage de la chaîne métallique du Convoyeur N°1 "Avant renvoi d'angle". <u>Solution réalisée :</u> Déblocage de la chaîne. Vérification de l'état des pignons.	45 min	Curative
22/06/2022	Changement des quatre (04) joints Spi des deux moteurs réducteur au niveau du Convoyeur N°1.	60 min	Curative
30/06/2022	Changement du Joint Spi du moteur réducteur au niveau du Convoyeur N°1.	15 min	Curative

Annexes

08/07/2022	Diminution de la longueur de la chaîne métallique au niveau du Convoyeur N°1.	30 min	Curative
05/09/2022	Changement des deux (02) bandes de transport au niveau du Convoyeur N°1 "Redresseur vers le haut".	60 min	Curative
07/10/2022	<u>Problème :</u> Blocage de la chaîne métallique du renvoi d'angle du Convoyeur N°1. Après la vérification, nous avons trouvé que le pignon du renvoi d'angle a été endommagé. <u>Solution réalisée :</u> Changement du renvoi d'angle avec un pignon et une nouvelle chaîne.	150 min	Curative
09/10/2022	Changement des deux (02) bandes de transport du redresseur vers le haut côté gauche "Convoyeur N°1".	45 min	Curative
17/10/2022	Diminution de la longueur d'une chaîne métallique avant la Can-O-Mat N°1.	15 min	Curative
08/11/2022	<u>Problème :</u> Une fuite d'huile au niveau du Moteur réducteur "Avant la Can-O-Mat N°1". <u>Solution réalisée :</u> Démontage et désassemblage du moteur réducteur. Changement du joint SPI. Remplissage du réducteur par huile FODDA 460. Remontage. <u>NB :</u> L'intervention duré 5h à cause de la rupture de stock du Joint Spi.	300 min	Curative
30/11/2022	Changement d'un roulement du pignon au niveau du Moteur réducteur "Convoyeur N°1".	120 min	Curative
19/12/2022	Diminution de la longueur des chaînes métalliques avant la Can-O-Mat N°1.	30 min	Curative
24/12/2022	<u>Problème :</u> Un bruit anormal au niveau du moteur réducteur du Convoyeur N°1. <u>Solution réalisée :</u> Démontage et diminution de la longueur de la chaîne métallique du Convoyeur.	90 min	Curative

31/12/2022	Serrage de la chaîne métallique du Convoyeur N°1 "Avant la Can-O-Mat".	45 min	Curative
------------	--	--------	----------

Tableau 5 : Historique des pannes - Convoyeur Mectra

IX.1.4 Can-O-Mat :

Date	Désignation du travail	Temps	Nature de maintenance
15/01/2022	<u>Problème</u> : Un problème de bavure à l'intérieur du plateau au niveau de la tête inférieur de sertissage N°5. <u>Solution réalisée</u> : Rectification du rayon intérieur du plateau.	60 min	Curative
16/01/2022	Rectification des trois (03) cœurs de bordage Diam 99 pour la Can-O-Mat N°1.	45 min	Curative
17/01/2021	Rectification des quatre (04) cœurs de bordage diam 99 pour la Can-O-Mat N°1.	120 min	Curative
25/01/2022	Changement du connecteur détecteur "Appel fonds empile" de la Can-O-Mat N°1.	15 min	Curative
09/02/2022	Rectification des quatre (04) cœurs de bordage Diam 73 et trois (03) cœurs de bordage diam 99 pour la Can-O-Mat N°1.	420 min	Curative
14/02/2022	Changement du connecteur femelle (Détecteur couvercle) pour la Can-O-Mat N°1.	30 min	Curative
22/03/2022	Changement du connecteur femelle droit au niveau de l'étoile sortie de la Can-O-Mat N°1.	30 min	Curative

Annexes

22/03/2022	Changement du connecteur femelle droit au niveau de l'étoile d'entrée de la Can-O-Mat N°1.	20 min	Curative
28/03/2022	<u>Problème :</u> Un jeu au niveau de la tige porte outil supérieur "Unité de sertissage" de la Can-O-Mat N°1. <u>Solution réalisée :</u> Changement de la bague de guidage. Changement du centrage.	60 min	Curative
25/04/2022	<u>Action préventive :</u> Vidange et remplissage de la chambre d'engrenage de la Can-O-Mat N°1.	120 min	Préventive
23/05/2022	<u>Arrêt programmée :</u> <u>Problème :</u> Un bruit au niveau du moteur réducteur principal de la Can-O-Mat N°1. Après le vidange de la chambre d'engrenage et le démontage du réducteur, nous avons trouvé que l'accouplement (Réducteur-Moteur) a été endommagé. <u>Solution réalisée :</u> Changement de l'accouplement endommagé. Remontage du réducteur.	300 min	Curative
25/05/2022	<u>Problème :</u> Un bruit anormal au niveau du moteur réducteur principale (N°179145) de la Can-O-Mat N°1. <u>Solution réalisée :</u> Démontage du moteur réducteur. Désassemblage du moteur - Réducteur. Changement des deux (02) roulements de l'axe du rotor. Changement de l'accouplement du moteur - Réducteur. Assemblage du moteur réducteur. Augmentation du temps de freinage moteur. Remontage.	300 min	Curative
14/06/2022	<u>Problème :</u> Bourrage des boîtes au niveau de l'unité de moulurage à cause du mauvais rendement de la tête N°3 au niveau de la Can-O-Mat N°1. Après le vidange de la chambre d'engrenage et après un diagnostic profond, nous avons trouvé que le support du rouleau et le galet de l'axe de la tête N°3 sont endommagés. <u>Solution réalisée :</u> Changement du support de rouleau. Changement du galets.	300 min	Curative
19/06/2022	Changement d'un capteur au niveau de l'unité de moulurage "Can-O-Mat N°1".	30 min	Curative
22/06/2022	<u>Problème :</u> Un bruit anormale au niveau du pignon <u>Réf :</u> 808-70096-01 du Convoyeur "Sortie de la Can-O-Mat N°1". Selon notre diagnostic et après le démontage du système des pignons, nous avons trouvé que l'axe du système du pignon a été déformé.	180 min	Curative

Annexes

	<u>Solution réalisée :</u> Chargement de la partie endommagée au niveau de l'atelier de construction. Rectification du diamètre de l'axe au niveau de l'atelier de fabrication mécanique. Remontage avec deux (02) nouveaux roulements.		
27/06/2022	<u>Problème :</u> Blocage de la tête N°2 de l'unité de moulurage à cause d'un bourrage des boîtes au niveau de la Can-O-Mat N°1. Suite à un diagnostic profond, nous avons trouvé que le galet et le palier de la tête N°2 de l'unité inférieure de moulurage sont en mauvais état. <u>Solution réalisée :</u> Vidange d'huile de la chambre d'engrenage. Démontage de la tête N°2. Changement de palier avec son galet. Remontage.	360 min	Curative
04/07/2022	Suite à un problème répétitif "Frottement des paliers de l'unité intérieurs de l'unité de moulurage et blocage des galets" au niveau de la Can-O-Mat N°1. Nous avons programmé avec la collaboration du service process, une intervention dans le but de changer les galets des têtes de l'unité de moulurage. <u>Solution réalisée : Tête N°1, 4, 5,6,7,8 :</u> Vidange de la chambre d'engrenage. Démontage des outils intérieurs (Axe de moulurage, douilles de moulurage...). Démontage des paliers <u>Réf :</u> DVKO-31-15-003 avec les galets. Changement des galets des têtes N°1,4,5,6,7,8. Vérification de la came de l'unité intérieur. Remontage des pièces qui ont été démontées.	360 min	Curative
04/08/2022	Changement d'une courroie rondes ouverte du magasin de la Can-O-Mat N°1.	60 min	Curative
21/08/2022	<u>Problème :</u> Un problème au niveau de l'entraînement principal de la Can-O-Mat N°1. <u>Solution réalisée :</u> Après le vidange de la chambre d'engrenage et le démontage du moteur, nous avons trouvé que l'accouplement (Réducteur-Moteur) est libre. Serrage de l'accouplement et remontage de la machine.	180 min	Curative
04/09/2022	Changement d'un détecteur au niveau de l'étoile de sortie "Can-O-Mat N°1".	30 min	Curative
24/10/2022	<u>Problème :</u> Endommagement du réducteur au niveau de l'entrée de la Can-O-Mat N°1. <u>Solution réalisée :</u> Démontage de désassemblage du réducteur. Changement du réducteur endommagé par un autre.	480 min	Curative

Annexes

08/11/2022	Changement d'un capteur au niveau de l'entrée de la Can-O-Mat N°1.	15 min	Curative
08/11/2022	Rectification des six (06) mandrins de l'unité de sertissage de la Can-O-Mat N°1.	60 min	Curative
15/11/2022	Rectification de la surface d'un guide de l'unité de moulurage au niveau de la Can-O-Mat N°1.	60 min	Curative

Tableau 6 : Historique des pannes - Can-O-Mat

IX.1.5 Test-O-Mat :

Date	Désignation du travail	Temps	Nature de maintenance
07/02/2022	<u>Problème</u> : Cisaillement du fusible de la Test-O-Mat N°1. <u>Solution réalisée</u> : Démontage du moteur principale de la Test-O-Mat N°1. Arrachement du fusible cisailé. Remontage du moteur avec un autre fusible.	90 min	Curative
06/03/2022	Changement des (11) ventouses Diam 99 Pour la Test-O-Mat N°1.	30 min	Préventive
20/06/2022	<u>Problème</u> : Alarme "Pression de ligne" au niveau de la Test-O-Mat N°1. Après la vérification de l'air comprimé, nous avons trouvé qu'il Ya une fuite au niveau du flexible d'air. <u>Solution réalisée</u> : Changement du flexible.	30 min	Curative
11/08/2022	<u>Problème</u> : Une fuites d'air au niveau de la Test-O-Mat N°1. <u>Solution réalisée</u> : Changement de flexible d'air "Entrée d'air comprimé".	15 min	Curative
19/08/2022	<u>Problème</u> : Un bruit au niveau de l'étoile de chargement de la Test-O-Mat N°1. <u>Solution réalisée</u> : Démontage du système étoile de chargement. Changement des deux (02) roulements. Confection de l'axe de l'Etoile au niveau de l'atelier de fabrication mécanique. Remontage du système.	360 min	Curative
19/08/2022	<u>Problème</u> : Un bruit au niveau de la chaine métallique de la Test-O-Mat N°1. <u>Solution réalisée</u> : Démontage de la chaine. Lubrification et nettoyage de la chaine. Remontage de la chaine métallique.	150 min	Curative
31/08/2022	<u>Problème</u> : Endommagement du tapis de la sortie Test-O-Mat N°1. <u>Solution réalisée</u> : Changement du tapis de la sortie Test-O-Mat N°1. Soudure et rectification de l'axe.	330 min	Curative
27/10/2022	<u>Problème</u> : Blocage de la pompe à vide au niveau de la Test-O-Mat N°1. Après le démontage et désassemblage de la pompe à vide nous avons trouvé que le roulement du rotor de la pompe à été bloqué. <u>Solution réalisée</u> : Changement des deux roulements du rotor de la pompe à vide.	360 min	Curative

24/12/2022	<u>Problème :</u> Blocage de la machine "Test-O-Mat N°1" à cause de l'affichage d'une alarme. Selon notre diagnostic, nous avons constaté que le capteur d'embrayage de l'étoile d'entrée est endommagé. <u>Solution réalisée :</u> Changement de capteur. Réglage de l'embrayage (Serrage du ressort d'amortissement de l'embrayage).	30 min	Curative
------------	--	--------	----------

Tableau 7 : Historique des pannes - Test-O-Mat

IX.1.6 **Palettiseur :**

Date	Désignation du travail	Temps	Nature de maintenance
21/01/2022	Changement du bouton tournant au niveau du Palettiseur N°1.	30 min	Curative
16/06/2022	<u>Problème :</u> Mauvais fonctionnement du robot du Palettiseur N°1. <u>Vérification et Solution :</u> Vérification des capteurs (Détecteur intercalaire). Changement du connecteur du capteur "Détecteur intercalaire "avec son fil.	90 min	Curative
21/08/2022	<u>Problème :</u> Décalage de la position du robot au niveau du Palettiseur N°1. <u>Solution réalisée :</u> Réglage de la position du robot.	120 min	Curative
28/08/2022	<u>Problème :</u> Mauvais fonctionnement du robot du Palettiseur N°1. Après la vérification des détecteurs et des électrovannes, nous avons trouvé une fuite au niveau du flexible d'air (Pression à vide). <u>Solution réalisée :</u> Changement du vérin faible course. Changement du joint torique. Changement du flexible. Changement de capteur de cylindre.	255 min	Curative
30/08/2022	<u>Problème :</u> Décalage de la position du robot du Palettiseur N°1. <u>Solution réalisée :</u> Changement de la courroie crantée du transport au niveau du robot Palettiseur.	30 min	Curative
30/08/2022	<u>Problème :</u> Endommagement de la courroie du robot Palettiseur N°1. <u>Solution réalisée :</u> Changement de la courroie <u>Réf :</u> 11800600320M.	45 min	Curative

Annexes

20/10/2022	Changement d'une ventouse au niveau du Palettiseur N°1.	15 min	Curative
30/11/2022	Changement du connecteur d'un capteur "Détecteur intercalaire" au niveau du Palettiseur N°1.	15 min	Curative
30/11/2022	<u>Problème</u> : Déformation d'une tige au niveau du robot "Porte intercalaire" au niveau du Palettiseur N°1. <u>Solution réalisée</u> : Soudure et dressage de la tige endommagée.	30 min	Curative

Tableau 8 : Historique des pannes - Palettiseur

IX.1.7 Cercleuse :

Date	Désignation du travail	Temps	Nature de maintenance
08/04/2022	<u>Problème</u> : Le feuillard de la Cercleuse N°1 ne s'attache pas. Après la vérification, nous avons remarqué qu'il y a un disjoncteur déclenché. <u>Solution réalisée</u> : Enclenchement du Disjoncteur.	15 min	Curative
25/05/2022	<u>Problème</u> : Affichage d'une alarme au niveau de la Cercleuse N°1. <u>Les étapes de la vérification</u> : Vérification des capteurs. Réglage de la position des fin de course. Vérification du branchement des capteurs de la came.	60 min	Curative
01/07/2022	<u>Problème</u> : Blocage des pignons du moteur de la Cercleuse N°1. Après la vérification, nous avons trouvé que la tige de fixation du pignon a été endommagée. <u>Solution réalisée</u> : Réglage de la position du pignon. Changement de la tige endommagée.	90 min	Curative
01/07/2022	<u>Problème</u> : Le feuillard ne s'attache pas au niveau de la Cercleuse N°1. <u>Solution réalisée</u> : Réglage de la position des capteurs. Réglage de la position du fin de course du bras de guidage du feuillard.	45 min	Curative

16/08/2022	<u>Problème :</u> Affichage d'une alarme au niveau de la Cercleuse N°1. <u>Solution réalisée :</u> Après la vérification, nous avons trouvé que le vérin fin de course est excité ainsi qu'une fuite au niveau du flexible du vérin de sécurité. Changement d'un flexible d'air.	30 min	Curative
17/08/2022	Fixation du ressort de la cam au niveau de la Cercleuse N°1.	30 min	Curative
21/08/2022	Dressage et Soudure du dévidoir au niveau de la Cercleuse N°1.	45 min	Curative
31/08/2022	Réglage du ressort de la tête de Cerclage au niveau de la Cercleuse N°1.	45 min	Curative
30/11/2022	Changement d'un détecteur de proximité "Injection feuillard terminer" au niveau de la Cercleuse N°1.	15 min	Curative

Tableau 9 : Historique des pannes - Cercleuse

IX.2 Rapport MMBox :

IX.2.1 RAPPORT 01

- Suite à une alarme signalée sur la machine métalstar le / / notre équipe de maintenance a intervenue au niveau de margeur.
- L'alarme a affiché le déclenchement de système sécurité (margeur Drive PLC : déclenchement de redondance) ce déclenchement provoque plusieurs problèmes au niveau de software parmi ces problèmes erreur de positionnement pour le réglage de la plaque support et le pileboard ne tourne pas, donc ce problème nous a demandé une vérification de logique câblé de 200 pages sur le schéma électrique ce qui nous permet de passer à l'étape suivante (problème soft).
- Le câblage réagissait bien donc nous avons contacté le service technique de KBA par la télémaintenance installée sur la machine qui ont procédé aux actions suivantes :

1. Réarmer l'alarme sur le variateur Rexrothe Bosch (Reset PLC),
 2. Repositionnement le moteur main pile +321-M3 sur 340° /-1.362,
 3. Plusieurs commandes pour la vérification de système redondance par un logiciel tant que ne nous possédons pas.
- D'après plusieurs tentatives la machine tourne bien mais juste après une coupure d'électricité le même problème réapparaît, le directeur de maintenance propose des solutions palliatives pour alimenter la partie commande de la machine et les variateurs par une nouvelle installation d'un onduleur pour la partie +130-A25. Concernant l'automate ABB PM581-EC500 nous avons acheté une batterie équivalente à cause de la non disponibilité de cette dernière sur le marché local, une modification sur le système de réglage support pile par une intégration d'une nouvelle commande pour le variateur +313A1-N7 contient un sélectionneur double position à cause de l'endommagement aussi de potentiomètre +313A-R7 du moteur M7 en attendant l'envoi de ces pièces par KBA.

IX.2.2 RAPPORT 02

- Suit a une alarme signalé sur la machine métal star le / / notre équipe de maintenance intervenait au niveau de margeur.
- L'alarme Clarifier le déclenchement de système sécurité (margeur Drive PLC : déclenchement de redondance) cette déclenchement impose plusieurs problème au niveau de software parmi ces problèmes erreur de positionnement pour le réglage de la plaque support et le pileboard ne tourne pas, donc cette problème contient une vérification de logique câblé a 200 page sur le schéma électrique pour ont passé à l'étape suivante (problème soft).
- Le câblage réagissait bien donc nous avons contacté le service technique de KBA par la télémaintenance installé sur la machine résultant en réarmer l'alarme sur le variateur Rexrothe Bosch (Reset PLC), repositionnement le moteur main pile +321-M3 sur 340° /-1.362, des plusieurs commande pour la vérification de système redondance Par un logiciel tant que nous n'avons pas .
- D'après plusieurs tentative la machine tourne bien mais juste après une coupure d'électricité le même problème indiquaient ,le directeur de maintenance propose des solutions palliative pour alimenter la partie commande de la machine et les variateurs par une nouvelle installation d'onduleur pour la partie +130-A25 et

Annexes

pour l'automate ABB PM581-EC500 achetait une batterie équivalent à cause de la non disponibilité de ce dernier au marché locale ,une modification sur le système de réglage support pile par une intégration d'une nouvelle commande pour le variateur +313A1-N7 contient un sélectionneur double positionne à cause de l'endommagement aussi de potentiomètre +313A-R7 du moteur M7 en attendant la disponibilité de ces pièces.

Annexes