

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

Ingénieur d'état

Spécialité

Management et ingénierie de la maintenance industrielle

- **Thème** -

**Etablissement d'un système d'amélioration
de la performance de production par
l'implantation de la
«MAINTENNACE AUTONOME »**

-Au sein de l'entreprise AFIA Internationale Algérie -

Réalisé par

NOUCAIR Farah & BENRAHOU Farah Hadjer

Les membres de Jury :

BOUDHAR Hamza	Président
GHAZI Nawel	Promoteur
BOUGCHICHE Fazia	Examineur

Alger, le 06/07/2022

Année universitaire 2021–2022

Dédicaces

À la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ma mère **RAIS DJAMILA**, Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Ton soutien fut une lumière dans tout mon parcours aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites. Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour.

A mon exemple et ma joie de vivre : Mon père **NOURINE**, Je te dois ce que je suis aujourd'hui tu m'as appris l'espoir et l'espérance, à rester positif malgré les épreuves. Je voudrais te remercier pour ton amour, ta générosité, ta compréhension, ton encouragement. Ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices que tu as déployés pour mon éducation et ma formation.

A ma chère grand-mère paternelle : **Hbib**

Je sais, tu attendais ce jour-là avec impatience mais l'Alzheimer nous a éloigné de toi malgré ta présence. Je sais qu'au fond de ton cœur tu es la personne la plus contente par ma réussite, c'est grâce à tes conseils, tes prières tes encouragement et ton soutien que j'ai réussi. Je te remercie pour tout le soutien exemplaire et l'amour exceptionnel que tu m'as porté depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagnera toujours. Allah ychafik puisse le Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder la santé et une longue vie.

A mon cher grand-père paternel : **HBIBI**

MERCI de **tout mon cœur** pour toutes ces choses qui ont fait de toi un merveilleux grand-père, **patient, généreux, présent et aimant**. Tu étais toujours à nos coté malgré les distances on n'a jamais senti ton absence, Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites. J'implore le tout-puissant pour qu'il t'accorde une bonne santé et une vie longue et heureuse.

À mes regrettées grand-mères **Khadoudja CHERAK** et **Mimouna MELIANI**

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour eux. Que dieu ait leurs âmes dans sa sainte miséricorde.

A ma sœur l'ainée que je considère comme ma deuxième maman : **KHADOUDJA**

Merci d'avoir être toujours présente à mes côtés, merci pour ton amour, ta patience et tes encouragements, merci pour tout ce que tu as fait pour moi jusqu'au ce jour-là.

A ma chère sœur : **HANANE** merci d'avoir était toujours à l'écoute de mes soucis et présente à mes côtés durant tous mon parcours scolaire et académique, je te dédie ma réussite c'est grâce à ton aide et tes encouragements que j'ai pu réaliser ce travail.

A mes chères petites sœurs, **Malek et DOUAA**

En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous. Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite, c'est à vous maintenant de nous rendre fière avec vos succès.

A mon âme sœur, et le coffret de mes secrets : **MEZIANI CHAHRAZED** merci d'avoir être toujours présente dans ma vie, je te remercie de m'offrir le support dont j'ai besoin quand ça ne va pas. Merci pour ton écoute, pour tes conseils merci pour ta fraternité. Je remercie aussi sa famille : **DAHEUR, DALILA, SOUAD, et FATIMA** considérés comme ma deuxième famille pour leur soutien et leur encouragement et leur présence dans tous les moments de ma vie.

A **BENKETEF LINA YASMINE**, ma meilleure amie considérée comme ma grande sœur qui a été toujours présente dans les bons comme les mauvais moments de ma vie.

A TOUTE MA FAMILLE

La famille **NOUCAIR, RAIS**, tous mes oncles, mes tantes, mes cousins et mes cousines avec toute mon affection et mon respect.

Je n'oublierai jamais de remercier les amis de mon père que je considéré comme mes oncles : **DERNI ABDERHMANE , SABANI HOUARI, NADJI SALIM, et MESBAH HOUCINE**.

Un grand remerciement à la famille **REGUIG, Tonton SMAIL, Tata FOUZIA, SOUNDOUS, MAROUA et MIDOU**.

Un grand remerciement à la famille **BENBELKACEM** a leur accueil chaleureux, et spécialement **TATA FATIHA** qui m'a toujours considéré comme sa fille.

Enfin, je remercie infiniment mes chers amis (es) d'être toujours là, de m'avoir aidé et soutenu et d'avoir créé des souvenirs, des fous rires, des moments précieux qui seront gravés à jamais dans mon cœur.

Et avant de clôturer tout ceci, Il est certainement difficile d'exprimer et de reformuler ma reconnaissance en quelques lignes, Aucun langage ne saurait exprimer mon respect et ma considération pour le soutien et l'encouragement de ma famille. Je dédie ce travail à toute per-sonne qui m'est très chère et je comme je l'ai toujours dit et redit que mon succès n'est que le vôtre.

NOUCAIR FARAH

Dédicace

Avec l'expression de ma reconnaissance, une sincère gratitude et une chaleureuse considération que, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverai jamais à leur exprimer mon amour sincère.

A mes très chers parents pour m'avoir toujours aimé et soutenu, je n'aurais jamais pu faire cela sans votre foi, votre soutien et vos encouragements constants. Merci de m'avoir appris à croire en moi, en Dieu et en mes rêves :

La femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse : mon adorable mère **Hafida**

L'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père **Ahmed**

A ma chère sœur **Fatima Zahra** ; garde en tête que la vie est pleine de changements mais l'amour d'une sœur est éternel. Tu es la prochaine nchallah, je souhaite que ton chemin vers l'obtention du diplôme soit plein de succès et de joie, je t'aime beaucoup.

Et mon adorable petit frère **Haïthem** qui sait toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille.

A mes grands-pères :

Bbaa pour ses prières pour moi

Djedi maternel, bien que vous reposiez en paix, mais votre force et amour vivent à travers notre famille.

A mes grandes mères :

Yemma, je prie pour vous et demande à Allah de restaurer votre santé, d'apaiser votre douleur et de soulager votre inquiétude, de vous donner votre paix et votre confort. Merci beaucoup pour vos prières continues pour moi.

Amma, les mots ne me suffiront pas pour exprimer comment je me sens. Votre affection, amour, encouragement et les prières du jour et de nuit qui me permet d'obtenir tant de succès et d'honneur.

Que Dieu leur donne une longue et joyeuse vie.

Mes tantes Hbiba **Malika** et Hbiba **Fatima Zahra** avec ses enfants qui n'ont pas cessée de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études.

Que Dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.

A mes deux meilleures amies, ma deuxième moitié **Sara BELMOKHTAR** pour toujours être là pour moi, et ma grande sœur que ma mère n'a pas mis au monde **Amina FERDJI** ; le fait de la connaître a été la meilleure chose qui ne me soit jamais arrivée à l'université.

A tous mes oncles et mes tantes, les cousins, et les amis que j'ai connus. Merci pour leurs amours et leurs encouragements.

A ma copine **Zineb** et ma collègue **Farah** et ses douces sœurs pour leur patience et leur accueil chaleureux Et bien sûr la famille **Mimiyet**, les filles de spécialité pour leur soutien moral, et tous les bons moments que nous avons vécus.

BENRAHOU Hadjer Farah

Remerciement

On remercie Dieu le tout puissant de nous avoir accordé force, santé et la volonté pour réaliser ce travail. L'aboutissement de ce travail n'aurait pas vu le jour sans la collaboration et l'aide de plusieurs personnes qui d'une façon directe ou indirecte ont contribué à sa concrétisation. Qu'elles trouvent à travers ces quelques lignes l'expression de nos chaleureux remerciements.

Tout d'abord, Nous remercions chaleureusement notre Encadrante Mme N. GHAZI pour son soutien et son encouragement prodigué tout au long de l'année universitaire.

Tout notre respect et nos remerciements vont vers les membres du jury qui vont pleinement consacrer leur temps et leur attention afin d'évaluer notre travail, qui espérons le sera à la hauteur de leur attente.

Au sein de l'entreprise AFIA INETRATIOANLE Algérie , nous souhaitons exprimer toute notre gratitude à **M. BENREDJEM Mohamed** le directeur d'usine et le remercier pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur, sa disponibilité, ses conseils et ses commentaires précieux qui nous ont permis, de surmonter les difficultés et de progresser dans ce travail.

Nous tenons à remercier également **M. Zemmour Nabil, M. Djamel Eddine MODERES, M. Nouredine Ben CHOIRA, M. YAHYA OUI Hakim, M. ATHMANI YUCEF** pour leurs précieux conseils, les discussions intenses et les échanges fructueux que nous avons eus avec eux tout au long du travail.

Enfin, nos remerciements les plus sincères sont adressés au directeur à tous les professeurs, l'administration et le personnel de l'ENST qui ont contribué à forger nos connaissances et à assister notre formation, et à toute personne qui a participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste mémoire.

Table des matières

LISTE DES FIGURES	9
LISTE DES TABLEAUX	11
LISTE DES ABREVIATIONS :	12
INTRODUCTION GENERALE	13
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA MAINTENANCE.	15
INTRODUCTION :	16
I. LA MAINTENANCE :	16
I.1 LES FONCTIONS DE MAINTENANCE :	16
I.2 LES DIFFERENTES FORMES DE MAINTENANCE :	17
I.3 LES NIVEAUX DE LA MAINTENANCE :	19
I.4 OUTILS METHODE MAINTENANCE : SEPT TECHNIQUES A CONNAITRE :	19
II. LA SURETE DE FONCTIONNEMENT :	22
II.1 DEFINITION :	22
II.2 LES PRINCIPAUX INDICATEURS :	23
CONCLUSION :	23
CHAPITRE 02: GENERALITES SUR LA PRODUUCTIVE TOTALE (TPM).	24
INTRODUCTION :	25
I. DEFINITION DE LA TPM :	25
II. OBJECTIFS DE LA TPM :	25
III. LA MISE EN ŒUVRE DE LA DEMARCHE TPM :	26
IV. LES HUIT PILIERS DE LA TPM :	27
V. PILIER 1 : AMELIORATION AU CAS PAR CAS, OU CHASSE AUX PERTES	27
VI. PILIER 2 : MAINTENANCE AUTONOME :	30
1. LES OBJECTIFS DE LA MAINTENANCE AUTONOME :	31
2. MISE EN ŒUVRE DE LA MAINTENANCE AUTONOME ETAPE PAR ETAPE	31
3. LES OUTILS ET METHODES UTILISES DANS LA MAINTENANCE AUTONOME :	36
4. AUDIT DE MAINTENANCE AUTONOME :	36
CONCLUSION	38
CHAPITRE 03 : ETUDE DE CAS PRATIQUE	39
INTRODUCTION :	40
I. PRESENTATION DE L'ENTREPRISE AFIA :	40
II. SAVOLA MANUFACTURING EXCELLENCE (SME) :	41
III. PROBLEMATIQUE	43
IV. ANALYSE DE L'EXISTANT	43
IV.1. CHOIX DE LA LIGNE LA PLUS CRITIQUES :	44
IV.1.1 CALCUL DE L'OEE :	45

IV.2. LA DEMARCHE DE L'ANALYSE :	46
IV.2.1. QQQQCP	46
IV.2.2. CLASSIFICATION DES PROBLEMES D'ARRETS :	46
IV.2.3. BRAINSTORMING :	51
IV.2.4. DIAGRAMMES D'ISHIKAWA :	51
IV.2.5. LA METHODE DES 5 POURQUOI :	55
CONCLUSION :	60
CHAPITRE 04: IMPLANTATION DE LA MAINTENANCE AUTONOME	61
INTRODUCTION :	62
I. IMPLANTATION DES ETAPES DE LA MAINTENANCE AUTONOME :	62
CONCLUSION :	72
CHAPITRE 05 : SIMULATION AVEC ARENA	73
INTRODUCTION :	74
I. MODELISATION PAR ARENA :	74
I.1. DESCRIPTION DU MODEL :	75
I.2. SIMULATION DU SYSTEME AVEC LES ARRETS REELS DU MOIS DU FEVRIER	76
I.2.1. RESULTATS DE LA SIMULATION :	79
I.2.2. INTERPRETATION DES RESULTATS :	80
I.3. SIMULATION DU SYSTEME AVEC UNE DIMINUTION DE 25 ET 50 % DES MICROS ARRETS REELS DU MOIS DE FEVRIER :	80
I.4. CALCUL OEE :	82
CONCLUSION	84
ANNEXE A : LES PILIERS 3 A 8 DE LA TPM	I
ANNEXE B : PRESENTATION DU GROUPE SAVOLA	IV
ANNEXE C : PROBLEME MODULE GOBLET	XIII
ANNEXE D : PROBLEME DE FOUR	XIV
ANNEXE E : PROBLEME PRESSE DE SOUFFLAGE	XV
ANNEXE F : PROBLEME TAPIS EMBALLAGE	XVI
ANNEXE G : PROBLEME ENROULEMENT FILM	XVII
ANNEXE H : PLANS CILT FARDELEUSE	XVIII
ANNEXE I: SOURCE DE CONTAMINATION ET LES ENDROITS INACCESSIBLES FARDELEUSE	XXI
ANNEXE J : MODELISATION PAR ARENA	XXII
ANNEXE K : CALCUL OEE	XXIII
BIBLIOGRAPHY	XXVI

Liste des figures

Figure 1: Les différentes formes de la maintenance	18
Figure 2: PDCA	20
Figure 3: Ishikawa	21
Figure 4: Définition des termes de la TPM	25
Figure 5: Les 8 piliers de la TPM	27
Figure 6 : Calcul des indicateurs de performance TRS et TRG selon la norme AFNOR NF E 60-182 [8].	29
Figure 7: Les différents types d'anomalies	32
Figure 8: Identification des SOC	33
Figure 9 : Organigramme d'un système d'audit	37
Figure 10: Les 10 piliers de la SME	42
Figure 11 : Les étapes de transformation d'huile brute en l'huile consommable	44
Figure 12 : Démarche de l'analyse	46
Figure 13 : Classification des machines par PARETO	47
Figure 14 : Machine souffleuse	47
Figure 15 : Classification des problèmes d'arrêts souffleuse par Pareto	49
Figure 16: Machine Fardeuse	50
Figure 17: Classification des arrêts de la fardeuse	51
Figure 18 : Diagramme Ishikawa Problème de presse	52
Figure 19 : Ishikawa, Problème module Goblet	53
Figure 20 : Diagramme d'Ishikawa : problème du four	53
Figure 21: Diagramme d'Ishikawa : Problème enroulement film	54
Figure 22 : Diagramme d'Ishikawa : Problème blocage tapis	54
Figure 23: liste d'autocontrôle	63
Figure 24: Matériels du nettoyage	63
Figure 25: Lampes avant nettoyage	64
Figure 26: Lampes durant le nettoyage	64
Figure 27: Lampes après le nettoyage	64
Figure 28 : Four avant le nettoyage	65
Figure 29 : Four avant le nettoyage	65
Figure 30 : Four durant le nettoyage	65
Figure 31 : Four durant le nettoyage	65
Figure 32 : Four après le nettoyage	65
Figure 33 : Four après le nettoyage	65
Figure 34: Vis sans fin avant nettoyage	65
Figure 35: Les glissières avant le nettoyage	65
Figure 36 : les gobelets avant le nettoyage	65
Figure 37 : Les pinces avant le nettoyage	66
Figure 38 : Les glissières durant le nettoyage.	65
Figure 39: vis sans fin durant le nettoyage	65
Figure 40: Module goblet durant le nettoyage	65
Figure 41 : vis sans fin après le nettoyage	65
Figure 42: Les glissières après le nettoyage	65
Figure 43: Module goblet après le nettoyage	65
Figure 44: Module goblet après le nettoyage	65
Figure 45: Les pinces après le nettoyage	66
Figure 46: Le moule avant le nettoyage	66
Figure 47: moule durant le nettoyage	66
Figure 48: moule après le nettoyage	66
Figure 49: Cabine machine avant le nettoyage	66
Figure 50: cabine machine durant le nettoyage	66

Figure 51: cabine machine après le nettoyage.....	66
Figure 52: nettoyage photos cellules et réflecteurs	67
Figure 53: Tags des problèmes détectés durant le nettoyage.....	67
Figure 54: Serrage des pinces	68
Figure 55 : Serrage four.....	68
Figure 56: serrage de la chaîne de transfert.....	68
Figure 57: Lubrification des pinces.....	68
Figure 58: Lubrification presse de soufflage	68
Figure 59: Plan d'inspection	70
Figure 60: Plan de lubrification	71
Figure 61: Plan de serrage	71
Figure 62: Plan de nettoyage	72
Figure 63: Modélisation du système de production d'AFIA	75
Figure 64:	75
Figure 65: Modélisation du cas continu du processus de production	76
Figure 66: Modélisation du cas discret	76
Figure 67: Capacité du réservoir.....	77
Figure 68: Les paramètres de la Valve.....	77
Figure 69: Exemple : vitesse de la souffluse	77
Figure 70: exemple : temps de bon fonctionnement souffluse	78
Figure 71: exemples arrêts planifiés souffluse.....	78
Figure 72: MTTR souffluse.....	78
Figure 73: pertes souffluse	78
Figure 74: Nombre de palettes produites durant le mois de février	79
Figure 75 : Nombre d'arrêts durant le mois de février	79
Figure 76 : Temps totale d'arrêts durant le mois de février	80
Figure 77: Taux de pièces performantes de chaque machine	80
Figure 78: Nombre d'arrêt avec une diminution de 50%	81
Figure 78: Nombre d'arrêt avec une diminution de 25%	81
Figure 80: Temps d'arrêts à -50%	81
Figure 79: Temps d'arrêts à 25-%	81
Figure 81: Nombre de palettes produites à -25% des arrêts.....	81
Figure 83: Graphe récapitulatif calcul OEE	83
Figure 84: Graphes récapitulatif de nombre de palettes produites.....	83

Liste des tableaux

Tableau 1: les niveaux de la maintenance	19
Tableau 2: Tableau récapitulatif des étapes de la TPM	26
Tableau 3: Les différents types de pertes et les outils associés à l'identification de ces pertes	28
Tableau 4: Schéma représentant les points clés pour remédier à la contamination	36
Tableau 5 : Données nécessaires pour le calcul de l'OEE	44
Tableau 6 : Exemple de calcul du OEE de la ligne 01.....	45
Tableau 7 : Méthode QQQQCP.....	46
Tableau 8 : Classification des machines.....	47
Tableau 9: Rapport des arrêts de la souffleuse	49
Tableau 10: Rapport des arrêts de la fardeuse.....	50
Tableau 11: Méthode des 5pourquoi pour le problème de la presse de soufflage	55
Tableau 12: Les 5 pourquoi du problème Module Goblet.....	56
Tableau 13: Les 5 pourquoi du problème du FOUR	57
Tableau 14 : 5pourquoi problème enroulement film	58
Tableau 15: 5pourquoi problème Tapis d'emballage	59
Tableau 16: Plan d'action.....	59
Tableau 17: Liste d'autocontrôle	64
Tableau 18: Les phases de nettoyage (avant, durant, après).....	64
Tableau 19: Les endroits difficiles à y accéder	69
Tableau 20 : Les sources de contamination	69
Tableau 21: Plans de lubrification et d'inspection	70
Tableau 22: Plans de nettoyage et de serrage	71
Tableau 23: plan de lubrification.....	71
Tableau 24:Tableau récapitulatif	82

Liste des abréviations

TPM : Total Productive Maintenance.

OEE: Overall equipment Efficiency

TRS: Taux de Rendement Synthétique

PDCA: **P**: plan **D**: Do **C**: check **A**: act

TRG: Taux de Rendement Global.

AM: Autonomous Maintenance.

SME: SAVOLA Manufacturing Excellence.

CILT: Cleaning, Inspection, Lubrification, Tightening.

SOC: Sources of Contamination.

OPL: One Point Lesson.

QQOQCP: Quoi, Qui, Ou, Quand, Comment, Pourquoi.

INTRODUCTION GENERALE

La concurrence mondiale caractérisée par les innovations technologiques rapides et les demandes du marché en constante évolution mettent une énorme pression sur les organisations de production à travers le monde. Les organisations de production contemporaines s'efforcent d'atteindre un haut niveau de performance par l'amélioration continue des systèmes de production et développement de produits et des services par la disponibilité, la productivité et la flexibilité de leurs ressources à faible cout afin de répondre à une demande qui se fait de plus en plus exigeante et sélective.

Dans un environnement dynamique et très exigeant, un équipement de fabrication fiable est considéré comme le principal contributeur à la performance et à la rentabilité des systèmes de production. De ce fait la maintenance, contribue à maintenir dans un état optimal de fonctionnement des équipements de plus en plus complexes et coûteux, à préserver voire améliorer la productivité, la qualité et la conformité des produits et des services, et enfin à garantir la sûreté des systèmes et la sécurité des personnels.

L'intégration efficace de la fonction de maintenance avec l'ingénierie et d'autres fonctions de production dans l'organisation peut aider à économiser énormément de temps, d'argent et d'autres ressources utiles pour traiter les problèmes de disponibilité, de maintenabilité et de performances. Cela a incité les principales organisations du monde entier à adopter des stratégies de maintenance efficaces et efficientes tel que la maintenance productive totale.

La TPM, une abréviation de Total Productive Maintenance, est née officiellement au Japon en 1971 dans les usines du groupe Nippondenso, puis a été formalisée par seiichi Nakajima. La TPM est une démarche globale d'amélioration des ressources de production qui vise la performance économique de l'entreprise basée sur les travaux de groupes. La TPM est une approche innovante de la maintenance qui optimise l'efficacité de l'équipement, élimine les pannes et favorise la maintenance autonome de l'opérateur au quotidien, activités impliquant l'ensemble de la main-d'œuvre. L'objectif de la TPM est d'atteindre l'efficacité maximale des équipements et améliorer la productivité et la qualité ainsi que le moral des employés et la satisfaction au travail.

Dans cette perspective d'évolution, la TPM nous a permis de mettre l'empreinte sur l'amélioration de performance des équipements d'une ligne de production dans l'entreprise AFIA. Notre périmètre d'étude est concentré sur l'implantation de la maintenance autonome au sein de l'entreprise, afin d'améliorer la performance et la productivité des équipements l'entreprise par l'amélioration de l'OEE ou bien le TRS en français ; le taux de rendement synthétique, l'indicateur phare de la TPM.

Afin de répondre à la problématique soulevée, notre étude a pour objectifs d'implanter la maintenance autonome suite à la demande de l'entreprise dans laquelle nous avons effectué notre stage, ceci en concordance avec l'état d'avancement du processus de l'implantation de la TPM au sein de ses installations répondant ainsi à leurs objectifs stratégiques d'atteindre l'excellence opérationnelle. En vue de prouver l'efficacité de l'implantation de la maintenance autonomes, nous avons procédé à la modélisation et à la simulation du système en deux temps, d'abord avec des micro-arrêts de la ligne étudié, et ensuite, avec une diminution de 25% et 50% de ces micro-arrêts.

Notre mémoire est composé de 5 chapitres :

Chapitre 1 : « Généralités sur la maintenance » : Dans ce chapitre, nous allons dans un premier lieu définir quelques concepts fondamentaux sur la maintenance ainsi que les outils et méthodes utilisés dans la maintenance.

Chapitre 2 : « La maintenance totale productive » : ce chapitre est dédié à la présentation des concepts de la TPM, ses principes, ses objectifs et ses étapes de mise en œuvre. La maintenance autonome est particulièrement détaillée dû au fait qu'elle représente l'objet principale de notre étude pratique.

Chapitre 3 : « Cas d'étude : étude de l'existant » : dans ce chapitre on a donné une vue générale sur l'environnement du projet à travers une présentation de l'organisme d'accueil et une description du procédé de fabrication. Comme on a fait une analyse approfondie du système de production afin de déterminer les causes racines des problèmes d'arrêts.

Chapitre 4 : « Implantation de la maintenance autonome » : Dans ce chapitre, nous allons mettre en avant l'idée principale de notre travail, qui consiste l'établissement d'un programme de maintenance autonome via l'implantation des trois premières étapes.

Chapitre 5 « Modélisation et simulation sur ARENA » : dans ce chapitre, nous allons utiliser le simulateur ARENA pour modéliser et simuler le système de production de l'entreprise AFIA afin de prouver la fiabilité de notre étude. Nous allons d'abord présenter l'environnement ARENA tout en indiquant les bibliothèques utilisées. Ensuite, nous allons minimiser les micros-arrêts et étudier leurs impacts sur la productivité du système de production considéré.

Le mémoire sera clôturé par une conclusion générale ainsi qu'une bibliographie qui regroupe l'ensemble des documents consultés au cours du travail réalisé.

CHAPITRE I : **GENERALITES SUR LA MAINTENANCE**

INTRODUCTION

Lors de la fabrication, les équipements et les machines sont des ressources très importantes qui sont constamment utilisées pour manufacturer des produits. Ceux-ci doivent donc être conservés dans les meilleures conditions de fonctionnement. Sinon, un mauvais fonctionnement des machines et des équipements entraînera des problèmes qui affectent la qualité des produits ou qui provoquent des temps d'arrêt excessifs et une interruption de la production si ces derniers sont des maillons d'une ligne de production de masse. Par conséquent, la maintenance industrielle est nécessaire pour maintenir l'équipement dans de bonnes conditions de fonctionnement.

Mais d'abord c'est quoi la maintenance ? Quelle est son rôle ? Quelle sont ses activités et fonctions ? Et Comment l'optimiser ? Nous allons répondre à toutes ces questions dans ce chapitre.

I. LA MAINTENANCE

La « maintenance » fait référence à une série d'actions pour tester, régler, réparer et restaurer chaque appareil afin de maintenir ou rétablir le système dans les meilleures conditions de fonctionnement à tout moment.

Selon la norme NF EN 13306 X 60-319, c'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. »

A partir de cette définition on peut intégrer les mots clés suivants :

- 1- **Maintenir** : comprend la notion de « prévention » sur un ensemble en fonctionnement, pour empêcher le processus de détérioration menant à la défaillance.
- 2- **Rétablir** : comprend la notion de « correction » pour remettre l'équipement en bon état, après la panne ou bien la défaillance.
- 3- **Etat spécifié** et **service déterminé** : qui prédétermine le niveau de compétences et les objectifs à atteindre.

I.1 LES FONCTIONS DE MAINTENANCE

Les fonctions de maintenance sont :

1. **Préparation**

Consiste à collecter les informations pour déterminer les symptômes et les causes racines de défaillance afin de savoir comment remédier à la panne. Alors que, le préparateur rédige des procédures décrivant les opérations à suivre ; tel que les documents d'interventions à réaliser sur l'équipement :

- Outillage, pièces de rechange, le temps d'interventions...

- Ainsi que les consignations et les précautions.

Une telle préparation doit bien entendu tenir compte des objectifs généraux énoncés dans la politique de maintenance, notamment en termes de coût, de délai, de qualité et de sécurité [1]

2. Ordonnancement

Cette fonction sert à planifier le travail qui inclut le « qui, quoi, quand et où » des tâches à réaliser. Elle permet également de [1]:

- Définir le plan chronologique de déroulement de chaque tâche.
- Poser un début et une fin au travail à effectuer.
- Comparaison entre besoins et moyens, et entre la prévision et la réalisation.
- Avoir une vision à long terme, à moyen terme et court terme.

3. Méthodes

Cette fonction a pour objectif la garantie de la flexibilité et de l'efficacité de la maintenance pour assurer la bonne qualité qui répond aux exigences du client, avec le minimum de coût possible.

Elle sert à optimiser des tâches en fonction des critères retenus dans le cadre de la politique de maintenance définie par l'entreprise [2]

4. Réalisation

Afin d'atteindre les résultats souhaités dans les délais spécifiés par l'ordonnancement, la réalisation consiste à mettre en pratique les stratégies décrites dans le dossier de préparation. L'utilisation d'outils de communication appropriés est souvent essentielle au succès de cette phase. Le diagnostic (identification et caractérisation de la panne) impliquant l'application de techniques méthodologiques adaptées peut être nécessaire à sa réalisation[1].

5. Gestion des stocks et Magasin

C'est le processus de commande, stockage, utilisation et de vente des stocks d'une entreprise. Cela comprend la gestion des matières premières, des composants et des produits finis, ainsi que l'entreposage et le traitement de ces articles. L'objectif de cette fonction est de minimiser les coûts qui aident les installations à déterminer quand acheter plus d'inventaire en fonction des taux des utilisations normales.

I.2 LES DIFFERENTES FORMES DE MAINTENANCE

Même si deux équipements sont similaires en termes de fonctionnement, ils peuvent être différents en termes de : l'âge, des réparations du fabricant, des historiques d'entretien et de criticité relative. On a donc besoin des moyens adaptés pour les maintenir en état de fonctionnement. Les différentes formes de la maintenance sont illustrées dans la Figure (1).

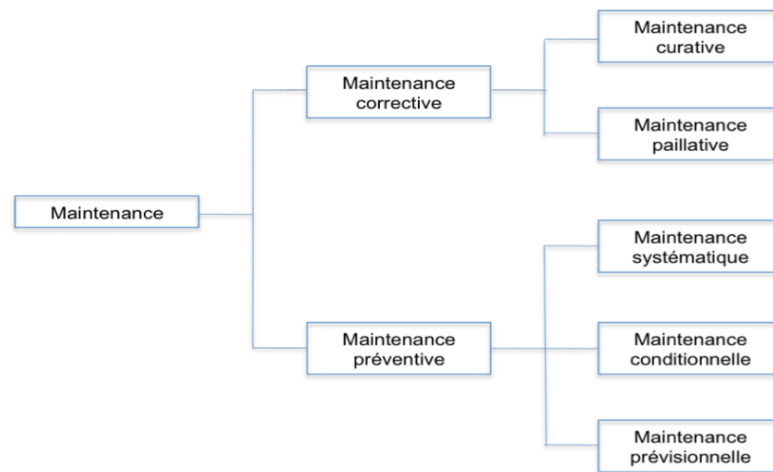


Figure 1: Les différentes formes de la maintenance

1. La maintenance corrective

La maintenance corrective vise à rétablir le bien à son état de fonctionnement nominal et à lui redonner ces qualités perdues, dans le cas d'une défaillance ou d'une panne. Selon AFNOR c'est « La maintenance exécutée après détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise ».

1.1. Maintenance corrective palliative

Selon la Norme FD X 60-000, elle est définie comme « Action de maintenance corrective destinée à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise »

1.2. Maintenance corrective curative

Selon la Norme FD X 60-000, elle est définie comme « l'ensemble des activités ayant pour objectif de maintenir ou rétablir un bien dans un état spécifié de fonctionnement pour établir une fonction requise »

2. La maintenance préventive

Selon la Norme AFNOR c'est « La maintenance exécuté à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrit et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien »

2.1. La maintenance préventive systématique

C'est une maintenance préventive réalisée suivant un échéancier établi selon le temps ou le nombre d'unités d'usage sans contrôler l'état général de la machine. Elle est d'une importance critique pour la maîtrise des premiers stades de dégradation d'un équipement. Par exemple, un composant spécifique du moteur d'un véhicule est changé tous les 6000 km/h.

2.2. La maintenance préventive conditionnelle

Nécessite la surveillance du fonctionnement d'une machine ou de paramètres significatifs (Niveau de l'huile, température, pression, les vibrations, etc.). Dans ce cas, on ne déclenche les opérations que lorsque certains paramètres mesurables arrivent à un seuil limite.

2.3. La maintenance améliorative

Selon la Norme NF EN 13306, elle est définie par « L'ensemble des mesures techniques, administratives et de gestion, destinées à améliorer la sûreté de fonctionnement d'un bien sans changer sa fonction requise ».

I.3 LES NIVEAUX DE LA MAINTENANCE

Selon la norme AFNOR X60-00, il y a 05 niveaux de maintenance qui sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1: les niveaux de la maintenance

Niveau	Intervention	Opérateur
1^{er} niveau	Réglages simples nécessaires à l'exploitation, effectués sur des éléments facilement accessibles en toute sécurité sans démontage.	Peut être réalisé par l'exploitant du bien, sur place, sans outils et à l'aide de la notice d'utilisation.
2^{ème} niveau	Actions qui nécessitent des procédures simples (dépannage) et/ou des équipements supports (intégrés au bien ou externes) pour une utilisation ou une mise en œuvre simple.	L'intervention doit être faite par un personnel qualifié, les procédures doivent être détaillées, et les équipements de support définis dans les instructions de maintenance.
3^{ème} niveau	Opérations qui nécessitent des procédures complexes et/ou des équipements de support portables, d'utilisation ou de mise en œuvre complexes.	L'intervenant doit être un technicien qualifié.
4^{ème} niveau	Opérations dont les procédures impliquent la maîtrise d'une technique ou d'une technologie particulière et/ou l'utilisation d'équipements de soutien spécialisés.	Effectuées par une équipe composée d'un personnel technique très spécialisé, dans un atelier spécialisé et équipé d'outillage général (moyens mécaniques, câblage, nettoyage, etc.)
5^{ème} niveau	Rénovation, reconstruction ou installation.	Réalisée par le fabricant ou par un service ou une entreprise spécialisée.

I.4 OUTILS METHODE DE LA

MAINTENANCE : SEPT TECHNIQUES A CONNAITRE

Pour de nombreuses entreprises, la gestion de la maintenance industrielle peut parfois apparaître comme une question épineuse. Cependant, il le maîtrise parfaitement grâce à de nombreux outils méthode de maintenance très simples à comprendre :

1. Total Productive Maintenance (TPM)

La « Total Productive Maintenance » est un programme de maintenance qui implique un concept défini pour la maintenance des équipements. Cette démarche vise à augmenter

l'autonomie du personnel vis-à-vis de la maintenance des équipements. En incluant l'ensemble des services de l'entreprise et plus particulièrement la maintenance et la production en vue d'une amélioration de productivité des installations. L'objectif est de réduire au minimum la maintenance d'urgence et imprévue, et bannir les arrêts non planifiés pour éviter les pertes de productivité. Cette approche sera plus détaillée dans le chapitre suivant.

2. Le PDCA

Appelée aussi la roue de Deming, est une technique très importante qui permet l'amélioration de la gestion et de la performance d'une organisation. L'acronyme PDCA signifie [2] :

- **P** : Plan pour « Définir le but, l'objectif, les ressources et les moyens d'y parvenir »
- **D** : Do pour « Prendre connaissance, s'entraîner, exécuter et vérifier les tâches définies »
- **C** : Check pour « Contrôler, mesurer les écarts, et comprendre les résultats obtenue »
- **A** : Act pour « Décider les mesures nécessaires et les améliorations possible »

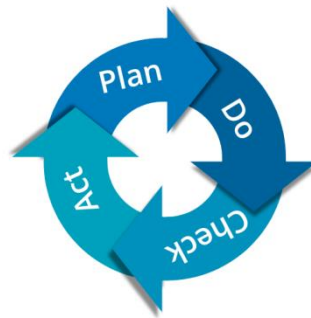


Figure 2: PDCA

3. Le diagramme d'Ishikawa

Appelé également « Diagramme cause-effet » ou « Diagramme des 5M », et « Fishbone » en anglais. Il fournit une approche structurée et systématique pour identifier et rassembler les causes potentielles d'un effet.

La collection et l'organisation des causes potentielles peuvent inclure l'identification des obstacles, des facilitateurs et des incitations à un comportement, l'analyse des organigrammes, la réalisation d'une analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDEC), des enquêtes, des entretiens et un brainstorming [3].

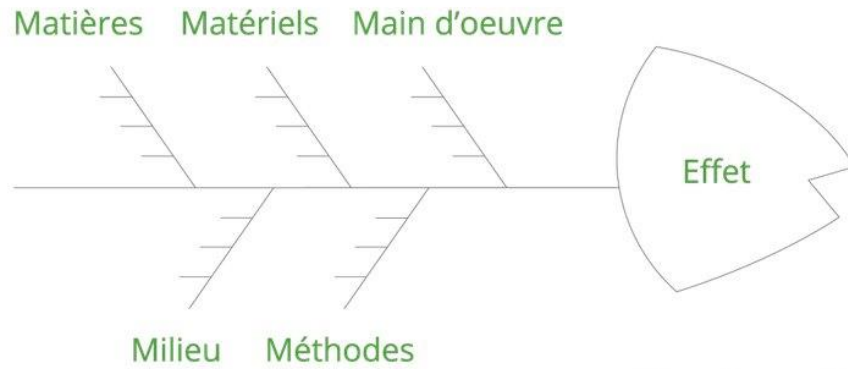


Figure 3: Ishikawa

4. Le QQQQCP

Connue sous le nom de « méthode de questionnement ». C'est un acronyme où chaque lettre correspond à une question : quoi, qui, où, quand, comment et pourquoi. Cette technique permet de comprendre une situation et de discerner un problème en analysant tous les aspects [4]

5. Kaizen

Kaizen est un mot japonais signifiant « changer pour le mieux » ou « amélioration continue ». C'est une philosophie japonaise du business, concernant les processus d'amélioration continue des opérations et impliquent tous les employés. Cet outil considère l'amélioration de productivité comme un processus graduel et méthodique.

L'objectif est d'atteindre et maintenir zéro perte en ce qui concerne les arrêts mineurs, les mesures et les réglages, les défauts et les temps d'arrêt inévitables. Il vise également à réduire les coûts de fabrication de 30 % [4].

6. Pareto

L'analyse de Pareto, ou l'analyse ABC, est une méthode utilisée pour catégoriser quelque chose en fonction de son importance ou de sa valeur dans un contexte donné. Elle est considérée comme méthode de classification très importante dans l'analyse des stocks. Cette analyse est un aphorisme qui affirme que 80 % des résultats (ou extrants) résultent de 20 % de toutes les causes (ou intrants) d'un événement donné.

Un diagramme de Pareto contient un graphique à barres et un graphique linéaire. Les barres sont disposées par ordre décroissant et représentent un défaut ou un problème spécifique, tandis que le graphique linéaire représente la somme cumulée des variables ou des défauts. De cette façon, le diagramme décrit visuellement les situations les plus significatives [4].

7. AMDEC

L'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) ; est une analyse quantitative appliquée aux systèmes afin de déterminer l'impact d'une défaillance, ainsi que la probabilité que de telles défaillances surviennent.

La méthode est utilisée dans la détermination des mesures de protection appropriées qui doivent être mises en œuvre afin de contrer les défaillances ainsi que les protocoles de maintenances planifiées appropriés qui doivent être appliqués aux systèmes.

Il s'agit d'une approche structurée appliquée à l'évaluation des risques qui examine des modes de défaillance uniques et contrôlables en interne et qui ne sont pas liés à une erreur humaine. Elle vise à augmenter la production en limitant les défaillances [3].

II. LA SURETE DE FONCTIONNEMENT

II.1 DEFINITION

Appelé également la « science de défaillance ». Elle évalue les risques potentiels avant qu'ils ne deviennent incontrôlables. Elle comprend les attributs clés ; fiabilité, maintenabilité, disponibilité et durabilité.

1- Fiabilité

« L'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise, dans des conditions données, pendant un intervalle de temps donné » - La norme AFNOR X 60-500

2- La disponibilité « availability »

« L'aptitude d'une entité à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données à un instant donné ou durant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs est assurée » - La norme AFNOR X 60-500.

3- La Sécurité « safety »

La sécurité est l'aptitude d'une entité à éviter de faire apparaître, dans des conditions données, des événements critiques ou catastrophiques.

4- La maintenabilité « Maintainability »

D'après la Norme AFNOR NF-X 60-500, elle est définie comme la probabilité qu'un composant ou un système défaillant pour être restauré ou réparé dans un état spécifié, dans une période ou un temps spécifié lorsque la maintenance est effectuée conformément aux procédures prescrites.

II.2 LES PRINCIPAUX INDICATEURS

La performance des opérations de maintenance des équipements joue un grand rôle dans la rentabilité d'une entreprise. Pour mesurer cette performance, plusieurs indicateurs sont disponibles :

➤ **MTBF** : Mean Time Between Failure ou Temps moyen entre les pannes :

C'est une mesure de maintenance cruciale pour :

- Mesurer les performances, la sécurité et la conception des équipements.
- Déterminer la fiabilité d'un dispositif.

➤ **MTTR** : Mean Time To Repair ou Temps moyen de réparation :

Le temps moyen de réparation est un indicateur essentiel qui représente le temps moyen nécessaire pour réparer et rétablir la fonctionnalité d'un composant ou d'un système. Le MTTR est un indicateur majeur de la simplicité de maintenance des systèmes d'une entreprise, de ses équipements, applications et infrastructures.

CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous nous sommes familiarisés avec les notions de base de la maintenance et les mots-clés qui s'y rapportent. Nous avons répondu aux questions que nous nous sommes posées précédemment, notamment qu'est-ce que la maintenance, ses différentes formes, ses fonctions, ses niveaux, et les principaux indicateurs. Nous avons également cité les démarches, les outils et les méthodes d'optimisation., et en dernier lieu, nous avons abordé la sureté de fonctionnement. Le TPM sera traité en détail dans le chapitre suivant.

CHAPITRE 02 : GENERALITES SUR LA MAINTENANCE PRODUCTIVE TOTALE (TPM)

INTRODUCTION

De nos jours, les systèmes de production doivent être hautement compétitifs, ce qui implique que les ressources de production sont utilisées pour la survie de l'entreprise afin d'obtenir autant d'avantages possibles, pour cela, de nombreux outils et méthodes de fabrication sont appliqués. Une des méthodes qui vise à augmenter la disponibilité et la performance des ressources de production et qui permet d'atteindre les objectifs de production à tout moment, est la maintenance productive totale (TPM). Cette méthode a prouvé son efficacité au cours des années. C'est pourquoi les dirigeants de nombreuses entreprises cherchent à l'implémenter dans leurs systèmes de production.

Le présent chapitre aborde la démarche TPM, ses objectifs, ses phases et étapes ainsi que ses huit piliers. Le principal objectif de cette étude, est de connaître les étapes de la mise en œuvre de la TPM et principalement la mise en œuvre de son deuxième pilier qui est la maintenance autonome.

I. DEFINITION DE LA TPM

La Total productive maintenance ou TPM est une approche globale d'amélioration des ressources de production qui vise la performance économique des entreprises. Son but est de maintenir et améliorer l'intégrité du système de production et la qualité du système [4]. La Figure (4) représente les définitions des termes de la TPM .

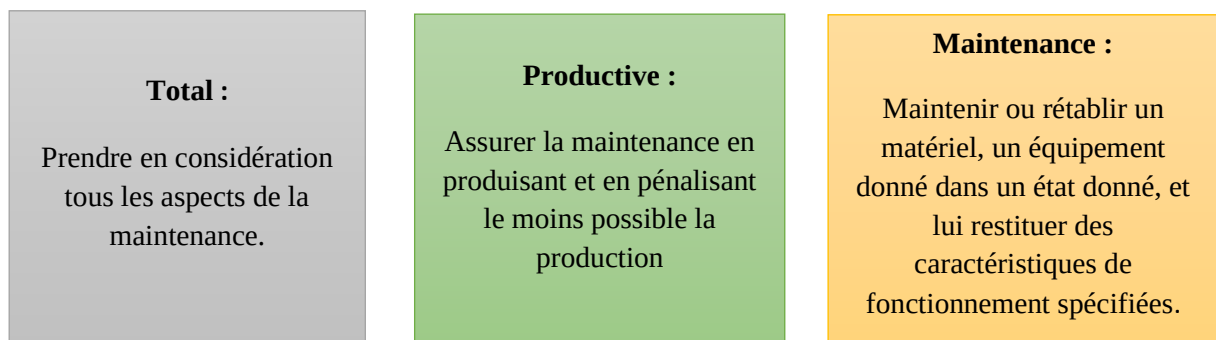


Figure 4: Définition des termes de la TPM

II. OBJECTIFS DE LA TPM

Selon Agustiady et Cudney [6], la Maintenance Productive Totale a l'intention de :

1. Établir une culture d'entreprise qui maximise l'efficacité du système de production.

2. Organiser un système pour prévenir les pertes et atteindre ces objectifs de « réduction à zéro » comme : « zéro accident », « zéro défaut » et « zéro panne » sur l'ensemble du cycle de vie du système de production.
3. Impliquer toutes les fonctions d'une organisation, y compris la production, le développement, les ventes et la gestion.
4. Impliquer chaque membre d'une organisation, de la haute direction aux opérations de première ligne, et atteindre des pertes nulles grâce aux activités de petits groupes qui se chevauchent.
5. Améliorer le rendement des équipements et des machines en termes de productivité, efficacité, fiabilité et de disponibilité.

III. LA MISE EN ŒUVRE DE LA DEMARCHE TPM

La mise en œuvre de la démarche TPM est organisée selon 4 phases, 12 étapes et 8 piliers. Nous avons résumé dans le Tableau (2) les étapes de la mise en œuvre d'un plan de la TPM [4] :

Tableau 2: Tableau récapitulatif des étapes de la TPM

Phases	Les étapes
Préparation	1. Déclaration de la haute direction pour introduire la TPM.
	2. Définition des principes de base et des objectifs de TPM.
	3. Formation d'introduction pour le TPM.
	4. Mise en place d'une organisation de promotion TPM.
	5. Création d'un schéma directeur pour la mise en place de TPM.
Lancement	6. Mise en place de la phase préparation
Exécution	7. Mise en place de systèmes pour améliorer l'efficacité de la production. - Amélioration individuelle (Activités de l'équipe projet et activités en petits groupes dans l'atelier) - Maintenance autonome (Système d'étapes, diagnostique et certification de qualification) - Maintenance planifié (Maintenance d'amélioration périodique ou maintenance prédictive) - Formation de mise à niveau des compétences d'exploitation et de maintenance (Éducation de groupe des dirigeants et membres de la formation)
	8. Établir des systèmes de contrôle initiaux pour les nouveaux produits et équipements. (Développement de produits faciles à fabriquer et faciles à utiliser)
	9. Mise en place d'une organisation de maintenance qualité (conditions de réglage sans défauts, et son entretien et contrôle)
	10. Mettre en place des systèmes pour améliorer l'efficacité de l'administration et autres départements indirects (Soutien à la production, augmentation de l'efficacité du département et de l'équipement)
	11. Mettre en place des systèmes de contrôle de sécurité et de l'hygiène de l'environnement de travail. (Établir des systèmes zéro accident et zéro pollution)
Fixation	12. Application totale de la TPM et élévation de son niveau.

IV. LES HUIT PILIERS DE LA TPM

Selon Agustiady et Cudney [6], Pour réussir les étapes précédentes et obtenir un plan bien organisé, nous avons besoin de huit piliers solides. Cela nous amène aux 8 piliers de la TPM, ou aux 8 principes de base de la TPM qui sont :

1. Amélioration au cas par cas.
2. Maintenance autonome.
3. Maintenance planifiée.
4. Amélioration des connaissances et du savoir-faire.
5. Conception produits et équipements.
6. Contrôle de la qualité et processus.
7. TPM des services fonctionnels.
8. Sécurité, conditions de travail et environnement.

Leur mise en œuvre est non seulement essentielle pour activer la TPM, mais également pour garantir sa pérennité. Les 8 piliers sont représentés dans la Figure (5) :

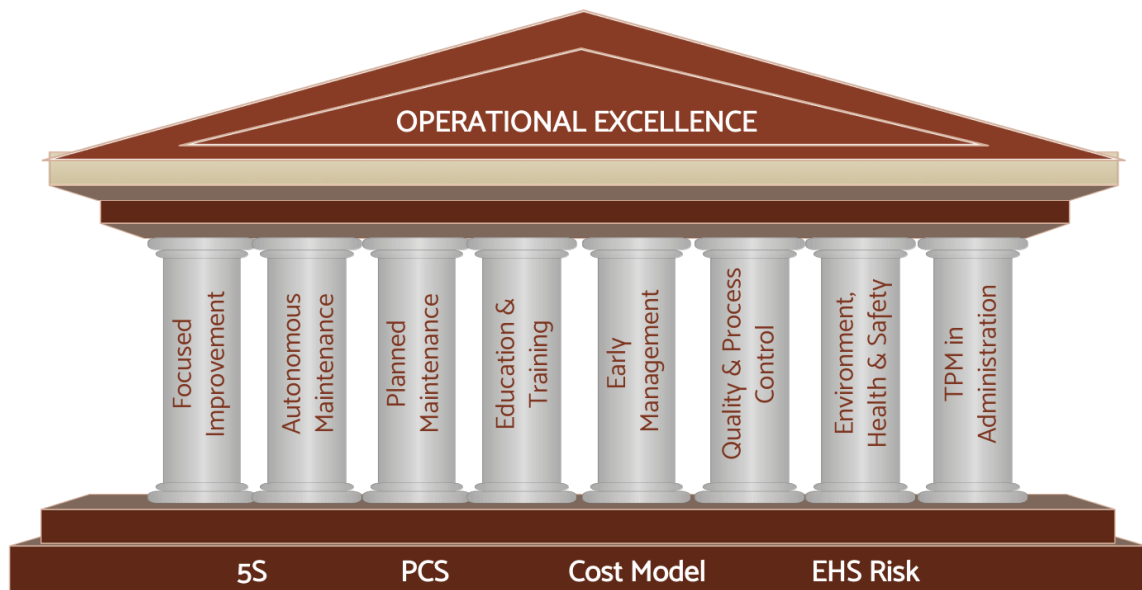


Figure 5: Les 8 piliers de la TPM

Dans la suite du chapitre, nous allons aborder que les deux premiers piliers de la TPM, le reste des piliers sont présentés dans l'annexe A.

V. PILIER 1 : AMELIORATION AU CAS PAR CAS, OU CHASSE AUX PERTES

Il vise à repérer et éliminer tous les gaspillages et les causes de pertes ainsi que de détecter la cause racine de ces derniers pour supprimer définitivement les dysfonctionnements. Ce pilier a

pour vocation l'augmentation de la performance, la qualité et la disponibilité des équipements. Selon Bufferne [4] l'implantation de ce pilier se fait en quatre étapes :

➤ **Etape 1: Identification des conditions idéales de fonctionnement**

Pour un bon fonctionnement d'un équipement et pour obtenir un bon rendement, il est impératif d'étudier les conditions idéales mises en place par les constructeurs :

- La capacité théorique.
- La capacité de l'équipement avec la plus grande vitesse de la ligne.
- La capacité de l'équipement si on a zéro perte.
- Comparaison avec les résultats obtenus par d'autres entreprises dans le même secteur.
- Objectif de performance fixé par l'entreprise.

L'objectif est de démontrer l'amélioration ultime de l'efficacité de la production et de toucher zéro perte de tous types de pertes. Ces dernières sont représentées dans le tableau 3.

➤ **Etape 2: Identification des pertes**

Pour objectif d'augmenter l'efficacité globale de l'équipement, il est essentiel d'éliminer les majeures pertes qui influent sur la performance, la qualité et la disponibilité; à l'effet d'améliorer les opérations et atteindre une plus grande efficacité dans l'atelier. Le tableau (3) représente les différents types de pertes [4] et les outils associés à l'identification de chacune de ces dernières.

Tableau 3: Les différents types de pertes et les outils associés à l'identification de ces pertes

	Pertes	Définition	Outils utilisés :
Disponibilité	Changements	La perte de temps dû entre l'obtention de la dernière bonne pièce d'une série et l'obtention de la première bonne pièce d'une nouvelle série.	SMED, 5S, Poka-yoké
	Arrêts imprévus	Arrêt non planifié de l'équipement qui nécessite au moins 10 min.	5S, AMDEC
	Les pertes au démarrage	Temps total nécessaire (y compris les réglages) pour atteindre la vitesse et la qualité nominales.	5M
Performance	Micro-arrêts	Arrêt non planifié de l'équipement inférieur à 10 minutes	Pareto, 5pourquoi, QQQCP, Ishikawa
	Rupture de la matière première	Temps perdu dans la livraison inefficace des matériaux d'emballage.	5S, kanban, kaizen
	Sous-vitesse	Perte de vitesse de la ligne de roulement à une vitesse inférieure à la vitesse de conception pour un produit particulier	Kanban

	Mauvaise organisation de la ligne	Pertes résultantes de la mauvaise manipulation de l'opérateur sur la ligne dues à son manque de formation, son savoir-faire et son habilité.	5S
Qualité	–Rebuts –Retouches –Qualité visée non obtenue	Temps perdu à produire un produit non conforme et temps perdu à retravailler un produit non conforme, ceci résulte une perte de temps et de matière.	AMDEC, Poka-yoké, 5S

➤ Etape 3 : Calcul du taux de rendement

La mesure des taux de rendement est une pratique exemplaire de fabrication. Ces taux permettent d'acquérir des informations importantes sur comment bonifier systématiquement le processus de fabrication. C'est la meilleure mesure pour discerner les pertes, comparer les progrès et améliorer la productivité des équipements [7]. La norme NF E60-182 fixe le vocabulaire et le mode de calcul des différents indicateurs de production (TRS, TRG, TRE).

La Figure (6) est une figure illustrative du calcul du taux de rendement.

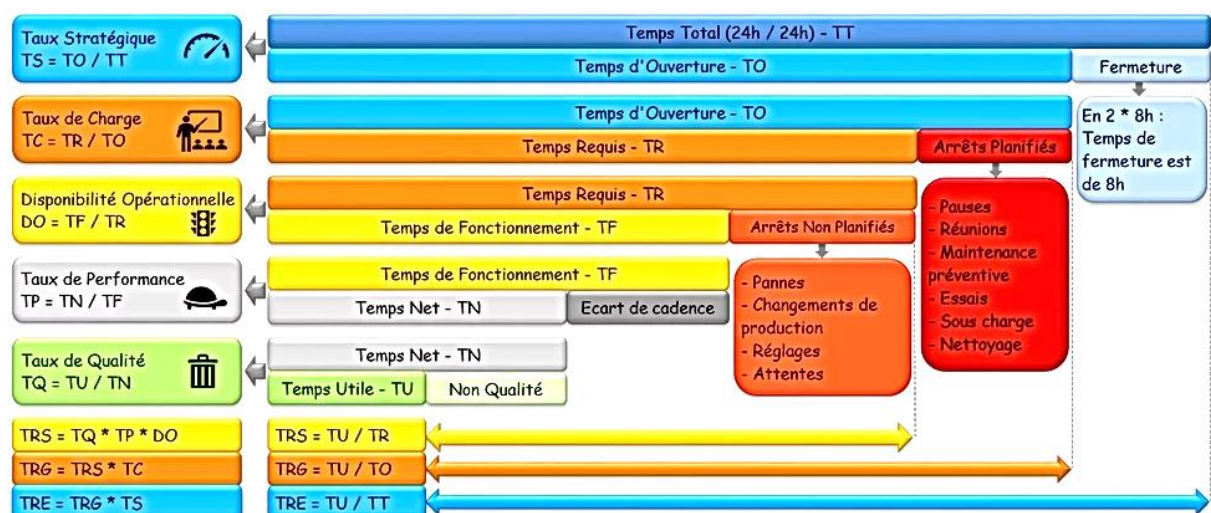


Figure 6 : Calcul des indicateurs de performance TRS et TRG selon la norme AFNOR NF E 60-182 [8].

⇒ Le taux de rendement Synthétique (TRS/ OEE)

Ou OEE pour **Overall Equipment Efficiency** en anglais, il représente l'efficacité globale de l'équipement. C'est l'étalon-or pour mesurer la productivité de la fabrication. Autrement dit, il reconnaît le pourcentage de temps de fabrication réellement productif.

$$\text{TRS} = \text{OEE} = \text{Qualité} \times \text{Performance} \times \text{Disponibilité} \quad (1)$$

Il se décompose en trois principaux indicateurs :

- ✓ **La qualité :** est un indicateur utilisé pour mesurer les produits et les articles non conformes ou défectueux. Un contrôle de qualité et de surveillance est indispensable pour maintenir la production.

$$\text{Qualité} = \frac{\text{nombre de produits totale} - \text{produits défectueux}}{\text{nombre de produits totale}} \times 100 \quad (2)$$

- ✓ **La disponibilité :** est le rapport entre le temps au cours duquel un équipement était disponible (fonctionne normalement) et le temps de traitement standard.

$$\text{Disponibilité} = \frac{\text{Temps de chargement} - \text{temps d'arrêt}}{\text{temps de Chargement}} \times 100 \quad (3)$$

Avec :

$$\text{Temps de chargement} = \text{temps totale} - \text{temps planifié} \quad (4)$$

$$\text{Temps opérationnel} = \text{totale time} - \text{temps planifié} - \text{temps d'arrêts} \quad (5)$$

- ✓ **La performance :** c'est l'évaluation du rythme de production à partir des données disponibles sur la vitesse de production d'un article par rapport au niveau de vitesse attendu. La performance compare la quantité produite avec la quantité prévue, qui aurait pu être produite lorsque l'appareil était opérant, indépendamment de la qualité de production. Le calcul se fait de la manière suivante :

$$P = \frac{\text{nombre unités produites}}{\text{temps opérationnel} \times \text{temps de cycle standard}}$$

➤ Etape 4 : Le plan d'action

L'établissement d'un plan d'action est une étape essentielle pour définir la stratégie à appliquer pour que les résultats soient améliorés. L'élaboration du plan d'action est mise à effet selon quatre phases : la phase d'élaboration, la phase de mise en œuvre, la phase du suivi et la phase d'évaluation.

VI. PILIER 2 : MAINTENANCE AUTONOME

La maintenance autonome (MA) fait partie de la stratégie TPM. Elle est destinée à accroître la durabilité et la stabilité de l'usine, en collaboration avec la maintenance préventive grâce à une approche systématique par étapes. Elle enrichit les connaissances et les propriétés des

opérateurs, pour les rendre capable de faire face à des problèmes plus complexes liés à la qualité dans les stades ultérieurs [9].

1. LES OBJECTIFS DE LA MAINTENANCE AUTONOME

Les objectifs d'un programme de maintenance autonome sont [6]:

- Empêcher la détérioration de l'équipement grâce à un fonctionnement correct et des contrôles quotidiens.
- Créer des groupes de travail autonomes qui ont une capacité à reconnaître les «irréguliers» à chaque étape de leur travail.
- Amener l'équipement à son état idéal grâce à une restauration et une gestion appropriée.
- Établir les conditions de base nécessaires pour un bon entretien des équipements.
- Utiliser l'équipement comme moyen d'enseigner aux gens de nouvelles façons de penser et de travailler.

2. MISE EN ŒUVRE DE LA MAINTENANCE AUTONOME ETAPE PAR ETAPE

La mise en œuvre de la maintenance autonome se déroule en 7 étapes [6] :

1) Étape 1. Nettoyage initial

Le nettoyage initial est la première activité de la Maintenance Autonome, ciblant :

- ✓ **L'élimination complète de la poussière, la saleté et les matériaux inutiles de l'équipement** : Un nettoyage minutieux oblige les opérateurs à toucher chaque partie de leur équipement ce qui leur permet de reconnaître l'importance du nettoyage et à décider de garder leurs équipements impeccables dans l'avenir
- ✓ **La détection et l'élimination des anomalies et l'utilisation des tags** : Une anomalie est une déficience, un désordre, une légère irrégularité, un défaut, ou toute condition qui

pourrait conduire à d'autres problèmes. Ils existent plusieurs types d'anomalie comme illustré dans la Figure (7) :

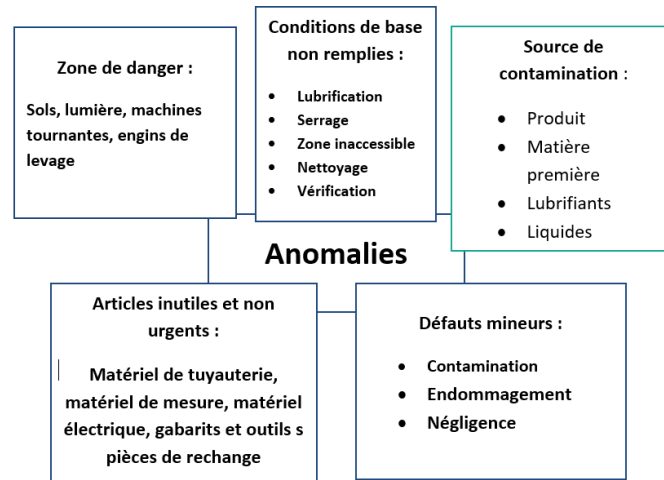


Figure 7: Les différents types d'anomalies

✓ **La correction des défauts mineurs et l'établissement des conditions de base de l'équipement :**

Il est essentiel d'accroître la fiabilité des équipements en établissant des conditions de base et cela se fait par :

▪ **Correction des défauts mineurs**

Il est essentiel d'accroître la fiabilité des équipements en établissant des conditions de base. Commenant par la correction des défauts mineurs tels que les dommages, la déformation et l'usure dès leurs détections.

▪ **Etablissement des Conditions de base de l'équipement**

L'établissement des conditions de base de l'équipement se fait par :

- **Lubrification** : parfois les opérateurs ne sont pas informés sur les principes de lubrification ou les problèmes qu'une mauvaise lubrification peut engendrer. La lubrification est l'une des conditions de base les plus importantes pour préserver la fiabilité des équipements.
- **Le serrage** : L'analyse des défaillances effectuée dans les usines révèle qu'un serrage inadéquat contribue d'une manière ou d'autre, directement ou indirectement, à plus de la moitié des accidents.

✓ **Exposition des points de danger et la pratique de la formation à la prévention des accidents** : Il est indispensable d'exposer et de neutraliser toutes les sources de danger

dans l'équipement et l'environnement de travail afin de prévenir les accidents et créer des lieux de travail sûrs, propres et agréables.

2) Étape 2. Traitement des sources de contamination et des endroits inaccessibles

Lorsque l'équipement redevient rapidement sale ou que le niveau de propreté atteint lors du nettoyage initial ne peut pas être maintenu, les opérateurs se sentent généralement obligés de faire quelque chose à ce sujet, mais trouvent qu'il faut une quantité intolérable de temps et d'efforts ; ainsi, l'objectif de l'étape 2 est de réduire le temps nécessaire pour le nettoyage, le contrôle et la lubrification en introduisant deux types d'amélioration qui sont :

- Prévenir les fuites et les déversements.
- Améliorer l'inaccessibilité.

✓ Identifier et éliminer les sources de fuites et de déversements (sources de contamination-SOC)

Les industries souffrent d'une grande variété de sources de contamination, qui ont souvent des effets nocifs sur l'équipement. Par exemple : les fuites, déversements et dispersions de poudres, de vapeurs et de liquides corrosifs.

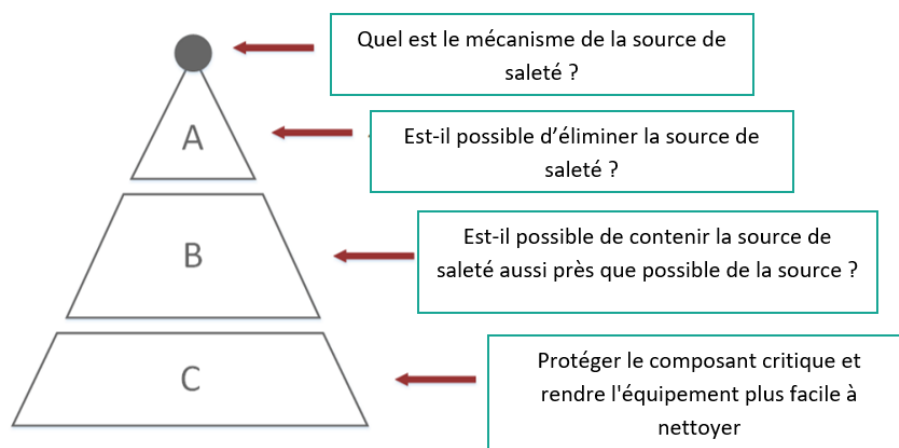


Figure 8: Identification des SOC

✓ Améliorer l'accessibilité aux endroits difficiles d'accès (HTRA) afin de réduire le temps de travail

Les conditions optimales ne sont pas vraiment atteintes que lorsque le nettoyage, la vérification et la lubrification sont devenus si faciles que n'importe qui peut les faire rapidement, correctement et en toute sécurité. Cela implique ces activités d'amélioration [10] :

- **Réduire les temps de nettoyage** : préparer et tester en un coup d'œil des tableaux de nettoyage, réduire les sources de contamination, rendre plus accessibles les endroits difficiles à nettoyer et concevoir des outils de nettoyage plus efficaces.
- **Réduire les temps de contrôle** : préparer des grilles de contrôle illustrées ; concevoir des outils d'inspection améliorés ; améliorer le positionnement et l'orientation des accessoires ; fournir une plate-forme sur laquelle les opérateurs peuvent se tenir pendant qu'ils vérifient les endroits difficiles d'accès etc.
- **Identifier les endroits difficiles à lubrifier** : utiliser des tableaux de lubrification illustrés pour vérifier les dispositifs tels que : les jauges de niveau d'huile et FRL (ensembles filtre-régulateur-lubrificateur) et faire le plein ou changer les lubrifiants.
- **Simplifier les tâches de lubrification** : repositionner les jauges de niveau d'huile, les FRL, les entrées de lubrifiants, etc.
- **Standardiser les types de lubrifiants** : améliorer les dispositifs de lubrification manuels et prendre des mesures pour empêcher les entrées de lubrifiants de se contaminer.
- Suivre une procédure similaire pour les équipements difficiles à utiliser ou à régler.

3) Étape 3. Établissement des normes de nettoyage, de l'inspection, de la lubrification et du serrage

Le but de cette étape est également de verrouiller les acquis des étapes 1 et 2, c'est-à-dire de s'assurer et maintenir les conditions de base et maintenir l'équipement en parfait état. Pour y parvenir, l'opérateur et les équipes doivent standardiser les procédures de nettoyage et d'inspection et assumer la responsabilité du maintien de leur propre équipement.

4) Étape 4. Effectuer une inspection générale de l'équipement

Cette étape vise à atteindre des conditions de travail idéales en restaurant la détérioration "externe" de la machine et en améliorant la capacité des opérateurs à détecter les conditions anormales et à les gérer rapidement. Pour l'équipement, l'objectif est d'atteindre des conditions de travail idéales en identifiant et en corrigeant les anomalies des systèmes d'équipement et des composants, et cela en améliorant les problèmes difficiles à inspecter, en facilitant la détection des conditions et en définissant des normes générales d'inspection.

Réaliser une inspection générale est simple par exemple : Observer un outil ou un composant, être à l'écoute lorsque des pièces mobiles font un bruit anormal, vérifier si les composants tactiles; tel que: les photo cellules, capteurs, réflecteurs, sont bien fixés ou s'ils ne présentent aucune vibration, mesurer l'usure et le jeu, et contrôler le fonctionnement des capots de sécurité.

Et cela doit être fait sur les éléments suivants: Écrous et boulons, Pneumatique, Hydraulique, Pièces électriques Transmission de puissance, Sécurité des machines, Travail de surface, et bien d'autres éléments spécifiques basés sur les caractéristiques du procédé.

5) Étape 5. Effectuer une inspection générale du processus

À l'étape 5, Inspection générale des processus, les opérateurs sont formés à l'inspection des processus en fonction des pertes identifiées. Le résultat de l'étape est la création de normes provisoires couvrant les trois aspects : fonctionnement correct, réglage et manipulation correcte des anomalies. La méthode définie pour l'approche à cet égard est la suivante :

- Identifier les pertes par erreurs humaines.
- Convenir des normes attendues avec l'ingénierie des procédés.
- Former les opérateurs par l'équipe d'ingénierie des procédés.
- Identifier les actions correctives prises par la maintenance/les opérateurs.
- Mettre à jour les normes.

Par conséquent, les objectifs des étapes 4 et 5 sont de réduire les échecs et de développer des opérateurs qui maîtrisent leurs équipements.

6) Etape 6. Maintenance autonome systématique

À l'étape 6, le programme est axé sur les performances. Le programme devient dirigé par la combinaison entre l'équipe de Production, Maintenance et Qualité. Une grande partie du travail d'amélioration est basé sur la méthode des 5S.

7) Étape 7. Pratiquer l'autogestion complète

L'objectif est de créer une gestion entièrement autonome par l'équipe, visant à une amélioration.

La méthode définie pour l'approche à cet égard est la suivante :

- Mesurer et analyser les pertes.
- Cibler les pertes et élaborer le plan.
- Appliquer les outils d'excellence opérationnelle appropriés pour éliminer les pertes.
- Mettre en œuvre des contre-mesures.
- Développer des normes.

Le but ultime de cette étape est une organisation robuste capable de s'autogérer entièrement.

3. LES OUTILS ET METHODES UTILISES DANS LA MAINTENANCE AUTONOME

Les systèmes et outils utilisés à chaque étape sont représentés dans le Tableau (4) [11] :

Tableau 4: Schéma représentant les points clés pour remédier à la contamination

Systèmes	Définition	Etapes
Les 5S	Le système 5S est un processus organisationnel standardisé et structuré qui crée et maintient la ligne ou la zone de travail très organisée. Il établit la base pour créer un programme d'amélioration réussi	1, 2 et 6
KPI de la MA	Un ensemble d'indicateurs requis qui mesurent les progrès et les performances : les données de l'indicateur sont saisies dans une base de données à des fins d'analyse et de communication des résultats.	1
TAGS	C'est le processus de flux de travail qui utilise des étiquettes colorées pour identifier, enregistrer, résoudre et signaler les anomalies sur la chaîne de production. Les étiquettes sont produites en 3 couleurs pour indiquer qui s'occupera de la résolution du problème, par ex. Bleu pour Opérateur et Rouge pour Maintenance. De plus, il y a l'étiquette verte, qui a des catégories de problèmes distinctes, pour indiquer les problèmes de sécurité.	1 et 4
Normes CILT	Les normes CILT (Clean, Inspect, Lubricate & Tighten) sont la série d'activités qui doivent être fait régulièrement pour éviter la détérioration de l'équipement.	1 et 3
Registre d'amélioration	Il s'agit d'un système permettant de conserver une trace de toutes les améliorations apportées à l'équipement, aux machines et aux composants (amélioration de la fiabilité, de l'exploitation ou de la maintenance).	2
SOC et HTRA	Il permette d'identifier les sources de saleté et les endroits difficiles d'accès qui doivent être améliorés.	2
Contrôle visuel	La clé d'une exécution constante des tâches de nettoyage, de contrôle et de lubrification et pour les rendre facile à exécuter correctement par n'importe qui est d'utiliser des contrôles visuels.	3
OPL (one point lesson)	Les feuilles OPL sont également utiles pour que les opérateurs puissent apprendre à reconnaître les anomalies en utilisant des fiches spécialement préparées avec des schémas simples illustrant un seul point.	6

4. AUDIT DE MAINTENANCE AUTONOME

Le développement d'un programme de maintenance autonome par étapes, comporte deux avantages qui rendent le programme particulièrement efficace :

- Les activités produisent des résultats concrets au fur et à mesure de leur déroulement.
- Les résultats sont confirmés dans le cadre du programme.

Pour que le programme de maintenance autonome réussisse il faut que l'audit soit minutieux à la fin de chaque étape pour confirmer les résultats obtenus et pour pointer l'orientation des travaux

ultérieurs. L'ensemble de l'audit est nécessaire pour établir le statut complet d'une étape et il est utilisé le plus efficacement au début et au point d'achèvement prévu.

Ainsi, l'audit est le moyen le plus efficace qu'à la direction pour soutenir les équipes et garder la motivation pour atteindre les objectifs soulignés, en maximisant les avantages. L'idéal est que les équipes utilisent leurs tableaux d'activités des machines pour expliquer leurs activités, car ils sont un outil puissant qui aide l'équipe à communiquer leur projet. Une fois les évaluations individuelles terminées, l'équipe doit se réunir pour réévaluer leurs conclusions. Les audits sont l'outil de gestion le plus efficace pour s'assurer qu'un programme de maintenance autonome se poursuit avec vigueur. La Figure (9) montre un organigramme pour un système d'audit.

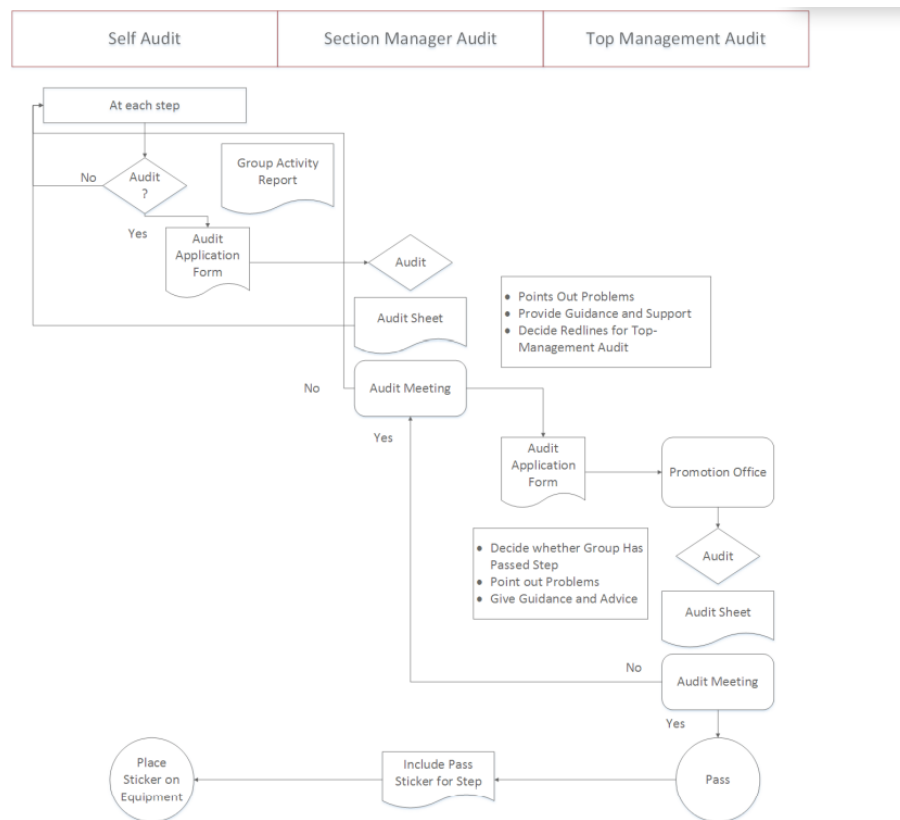


Figure 9 : Organigramme d'un système d'audit

CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons défini la démarche TPM, ses objectifs, ses étapes de mise en œuvre ainsi que ses piliers. La TPM est une démarche globale qui permet aux entreprises d'augmenter le rendement de leur équipement et de leurs personnels. La mise en œuvre des quatre premiers piliers permet d'obtenir le rendement maximal des équipements. Tandis que les quatre derniers permettent d'obtenir les conditions idéales du travail. Le chapitre prochain sera consacré à la mise en œuvre des deux premiers piliers de la TPM au sein de l'entreprise AFIA dans le but d'améliorer le rendement d'une des lignes de production.

CHAPITRE 03 : ETUDE DE CAS PRATIQUE

INTRODUCTION

La croissance mondiale des huiles et des graisses est directement liée à la croissance démographique. Dans la cuisine algérienne, les huiles et les graisses sont considérés comme un ingrédient essentiel des plats faits maison, ce qui fait que le marché des huiles de table soit le plus grand segment du marché des huiles et graisses en Algérie. D'après une étude, il représente environ 83 % de la taille du marché Algérien. Le marché connaît une âpre concurrence entre les groupes CEVITAL, SAVOLA, LABELLE, PROLIPOS, et SIM. CEVITAL est le premier leader du marché des huiles alimentaires, en 2020, il monopolisait à lui seul 67.7% du marché algérien, ceci est dû à sa présence historique en Algérie.

AFIA INTERNATIONAL ALGERIA, occupe la deuxième place avec 25.5% du marché algérien en 2020. Elle propose une grande variété de produits, notamment des huiles végétales composées d'un mélange de plusieurs types d'huiles : huile de soja, huile d'olive, huile de tournesol et huile de maïs.

AFIA internationale domine le marché avec des prix abordables et compétitifs et répond adéquatement à la demande et aux attentes des consommateurs en termes de rapport qualité/prix. Dans ce chapitre, nous allons présenter l'entreprise d'accueil et parler de ses principaux départements et stratégies. Ensuite, nous allons aborder les étapes de fabrication de l'huile de table pour mieux comprendre le fonctionnement de l'usine.

I. PRESENTATION DE L'ENTREPRISE AFIA

Société AFIA INTERNATIONAL ALGERIA est une société de droit Algérien créée en février 2006 par le groupe SAVOLA dont elle est filiale à 99,99% « Le Groupe SAVOLA a été fondé en 1979, il est présent dans 09 pays ». L'investissement de 60 Millions de Dollars a permis l'entrée en production de L'usine en septembre 2008. La capacité de production annuelle est de 200 000 T. AFIA INTERNATIONAL ALGERIA assure la distribution, et de ce fait, la disponibilité de ses produits sur tout le territoire Algérien.

L'entreprise AFIA fait la transformation des différents types d'huile brute (Huile de soja alimentaire, Huiles de maïs, de germe de maïs et de germe de blé alimentaires, Huile de tournesol) a des huiles consommables par raffinage et conditionnement. Elle s'inscrit dans le programme d'excellence du groupe SAVOLA nommé SAVOLA Manufacturing Excellence (SME) afin d'améliorer sa performance et sa productivité pour satisfaire la demande des clients.

II. SAVOLA MANUFACTURING EXCELLENCE (SME)

Le programme d'excellence de SAVOLA, SAVOLA Manufacturing Excellence (SME), est une stature de classe mondiale, envisage d'être le meilleur des meilleurs ; avec une capacité de fournir des produits et des services de haute qualité à des prix compétitifs sur un marché mondial, elle est adoptée par l'entreprise AFIA INTERNATIONAL Algeria. C'est un modèle de réussite à travers:

- Une qualité supérieure des produits.
- Une meilleure satisfaction des clients.
- Un environnement de travail auquel les employés seront fiers d'appartenir.

Les principales missions du SME est de :

- Former une équipe forte avec un haut niveau de savoir-faire, innovante, agile et passionnée par la création de valeur.
- Accompagner l'entreprise pour permettre une augmentation significative de sa part de marché.
- Générer une croissance durable et rentable à travers les opérations de l'entreprise
- Innover en matière de durabilité et réduire l'empreinte écologique de 30% d'ici 2023.

Afin d'accomplir ces objectifs, le programme est basé sur 10 piliers dont 8 piliers de la TPM et 6 focus areas, qui sont leurs mêmes fondus sur quatre principes essentiels :

- Nous agissons en tant que leader.
- Nous agissons en tant que propriétaire.
- Nous collaborons en interne et en externe.
- Nous livrons tout ce que nous avons engagé à temps.

Les six focus areas sont : Coût total de livraison, Cash, Chaîne d'approvisionnement, Qualité, SAVOLA Manufacturing Excellence (SME) et la Digitalisation (Industrie 4.0).

Le programme d'excellence de SAVOLA comporte 10 piliers parmi lesquelles il y a 8 piliers de la TPM (Figure 10) :

- 1- Leadership
- 2- Organisation
- 3- Chaîne d'approvisionnement
- 4- Sécurité, santé et environnement
- 5- Éducation et formation
- 6- Management de portefeuille de projets

- 7- La qualité
- 8- Amélioration des compétences
- 9- Maintenance planifiée
- 10- Maintenance autonome



Figure 10 : Les 10 piliers de la SME

Tous ces piliers ont un but principal, qui est l'élimination des pertes dont on distingue trois types :

- 1- Coût matériel direct (DMC).
- 2- Coût indirect : rassemblant toutes les charges d'environnement, d'utilités, salaires des employés et amortissements des machines.
- 3- OEE (Over all Equipment Efficiency).

III. Problématique

La société AFIA produit différents types d'huile sur plusieurs lignes de production. Cela place le secteur de la production devant le défi d'assurer une flexibilité efficace et efficiente des activités de production d'une part ; tout en respectant la qualité de produit et les délais de livraison pour satisfaire ses clients ; et d'une autre, de créer de la valeur ajoutée pour l'entreprise. Cette flexibilité motive les efforts continus de l'entreprise pour améliorer les performances de ses lignes de production, ce qui a un impact positif sur le taux de rendement. En effet, les lignes 02 et 03 sont considérées comme les deux lignes les plus critiques de l'usine en raison des nombreuses opérations de maintenance qui doivent être effectuées chaque jour.

Alors, comment peut-on impliquer l'ensemble du personnel de la ligne dans le maintien de la fiabilité des équipements pour déminuer le maximum des arrêts de la ligne critique, et améliorer sa la performance ?

IV. Analyse de l'existant

Vu que la maintenance autonome est un pilier basique donc très important et qu'il joue un rôle vital dans l'amélioration de la performance, et vu que son implémentation est considéré comme un objectif qui doit être atteint dans l'immédiat par l'entreprise, alors, nous avons procéder à l'implantation de la maintenance autonome comme une méthode qui répond à cette problématique d'étudier son impact sur l'amélioration de la performance suite à la demande de l'entreprise dans laquelle nous avons effectué notre stage, ceci en concordance avec l'état d'avancement du processus de l'implantation de la TPM au sein de ses installations répondant ainsi à leurs objectifs stratégiques d'atteindre l'excellence opérationnelle.

De ce fait, pour montrer que c'est la bonne solution et pour avoir une démarche d'étude et de mise en œuvre logique et objective, nous avons effectué une analyse du système de production pour pouvoir choisir la ligne la plus critique, pour ensuite effectuer une analyse des causes en utilisant les outils et les méthodes d'analyse pour pouvoir déterminer les éléments qui nécessitent une amélioration, l'objectif de cette démarche est d'augmenter la performance globale de la ligne.

Sachant que chacune des lignes de production suit le processus de production d'huile alimentaire illustré dans la Figure (11).

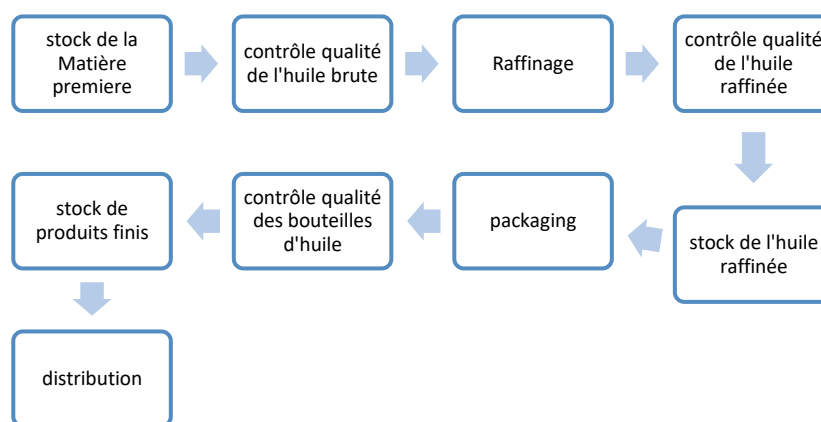


Figure 11 : Les étapes de transformation d'huile brute en l'huile consommable

IV.1. Choix de la ligne la plus critique

Nous avons cité précédemment qu'il y a quatre lignes de production dans l'entreprise AFIA, mais vu que la Ligne 01 sera changé dans les prochains mois et que la ligne 04 est une nouvelle ligne, il nous reste que les lignes 02 et 03 pour la comparaison en calculant le OEE de chaque ligne. Le Tableau (5) représente les données nécessaires de fonctionnement des mois janvier et février 2022.

Tableau 5 : Données nécessaires pour le calcul de l'OEE

	Janvier		Février	
	L02	L03	L02	L03
Temps de cycle standard (heures)	3400	3400	3400	3400
Production bouteille (bouteilles)	1433088	1214976	1483200	1276416
Temps opérationnel (heures)	543	460	534	518
Temps de chargement (heures)	594	492	629	68
Temps d'arrêts (heures)	60	32	95	68
Unités conformes (bouteilles)	1403088	1190976	1458200	1258416
Unités défectueuse(bouteilles)	30000	24000	25000	18000
Nombre des Micro arrêts	230	260	220	263

IV.1.1 CALCUL DE L'OEE

✓ Calcul du taux de la performance

Un exemple de calcul de la Ligne 02 du mois de Janvier est représenté dans le Tableau (6):

Tableau 6 : Exemple de calcul du OEE de la ligne 02

Paramètre	Formule	Application numérique	Résultat
Performance	$P = \frac{\text{nombre d'unités produites}}{\text{temps opérationnel}(h) \times \text{temps de cycle standard}(\frac{b}{h})} \times 100 \quad (7)$	$p = \frac{1433088}{543 \times 3400} \times 100$	78%
Disponibilité D	$D = \frac{\text{temps de chargement} - \text{temps d'arrêts}}{\text{temps de chargement}} \times 100 \quad (3)$	$D = \frac{594 - 60}{594} \times 100$	90%
Taux de qualité Q	$Q = \frac{\text{nombre de produits totale} - \text{produits défectueux}}{\text{nombre de produits totale}} \times 100 \quad (2)$	$Q = \frac{1433088 - 30000}{1433088}$	98%
OEE	$OEE = P \times D \times Q \quad (1)$	$OEE = 98\% \times 90\% \times 78\%$	69%

Toutes les équations mentionnées précédemment ont été utilisées pour calculer l'OEE des mois de janvier et de février pour les lignes 2 et 3. Tous les calculs sont mentionnés dans le Tableau (7) :

Tableau 7 : Résultats du calcul de l'OEE

	Ligne 02		Ligne 03	
	Janvier	Février	Janvier	Février
Qualité	98%	98%	98%	99%
Disponibilité	90%	93%	85%	88%
Performance	79%	78%	82%	72%
OEE	69%	71%	68%	63%

✓ Interprétation des résultats

- Le Tableau (7) contient le calcul du OEE des deux lignes de production durant les mois de janvier et de février à l'aide des données collectées dans le Tableau (5).
- Du tableau (5), on remarque que la ligne 2 a produit 1433088 b/mois durant le mois de janvier et 1483200 b/mois durant février, par contre la ligne 3 a produit 1214976 b/mois durant le mois de janvier et 1276416 b/mois durant février. Sachant que les lignes 2 et 3 sont censées produire 3400 b/h équivalent de 2448000 b/mois.

A partir de ces résultats on peut conclure que la vitesse de production des deux lignes est faible. La vitesse de ligne 3 est encore la plus faible. On remarque aussi que le nombre des micros arrêts (Tableau 05) de la ligne 03 est supérieur au nombre de celles de la ligne 2, ce qui implique que le OEE de la ligne 03 est inférieur que celui de la ligne 02.

⇒ Tous ces indicateurs de performance montrent que la ligne 03 est moins performante que la ligne 02. Ce qui veut dire que la ligne 3 sera le sujet de notre étude.

IV.2. La démarche de l'analyse

La démarche de l'analyse est représentée comme suite :



Figure 12 : Démarche de l'analyse

IV.2.1. QQQQCP

Tableau 8 : Méthode QQQQCP

Quoi	Quel est le problème ?	OEE faible (inférieur par rapport à l'OEE fixé par l'entreprise (85%))
	Quel est le défaut ?	Une faible performance
Qui	Qui est concerné ?	Packaging
	Quelle équipe ?	
	Quelle ligne ?	Ligne 03
Où	Sur quelle machine	Reste à définir
Quand	Depuis quand ce problème existe-t-il ?	Les deux dernières années
	A quelle date ?	2020
	Fréquence ?	Lors de chaque production
Comment	Comment il a été détecté ?	Par le calcul de l'OEE chaque mois
	Comment cela se manifeste ?	Capacité de production réelle de la ligne est toujours inférieur à la capacité théorique, plusieurs micros-arrêts
Pourquoi ?	Est-ce que c'est un problème ?	OUI
	Risque ?	Perte et coût élevé

IV.2.2. CLASSIFICATION DES PROBLEMES D'ARRETS

Pour déterminer les problèmes d'arrêts répétitifs qui diminuent la performance de la ligne, on doit d'abord, déterminer la machine goulot qui a le plus grand temps d'arrêts.

1) Classification des machines

Dans cette étape préliminaire, nous avons classé les machines de la 3^{ème} ligne de production selon le temps d'arrêt dans le mois de février présenté dans le Tableau (9), ensuite, nous avons calculé les cumuls de chaque machine pour tracer le diagramme de Pareto illustré dans la Figure (13), afin de déterminer les machines Goulots qui ralentissent la production de la ligne.

Tableau 9: Classification des machines

Machines	Temps d'arrêt février (min)	Cumuls	Cumuls %
Souffleuse	3890	3890	47%
Fardeuse	1970	5860	71%
Palettiseuse	1590	7450	91%
Remplisseuse	705	8155	99%
Etiqueteuse	60	8215	100%
Peigneuse	0	8215	100%
Dateur	0	8215	100%

D'après le diagramme de Pareto représenté dans la Figure (13), nous remarquons que 80 % des pannes sont dues aux 20% des arrêts de souffleuse et de fardeuse.

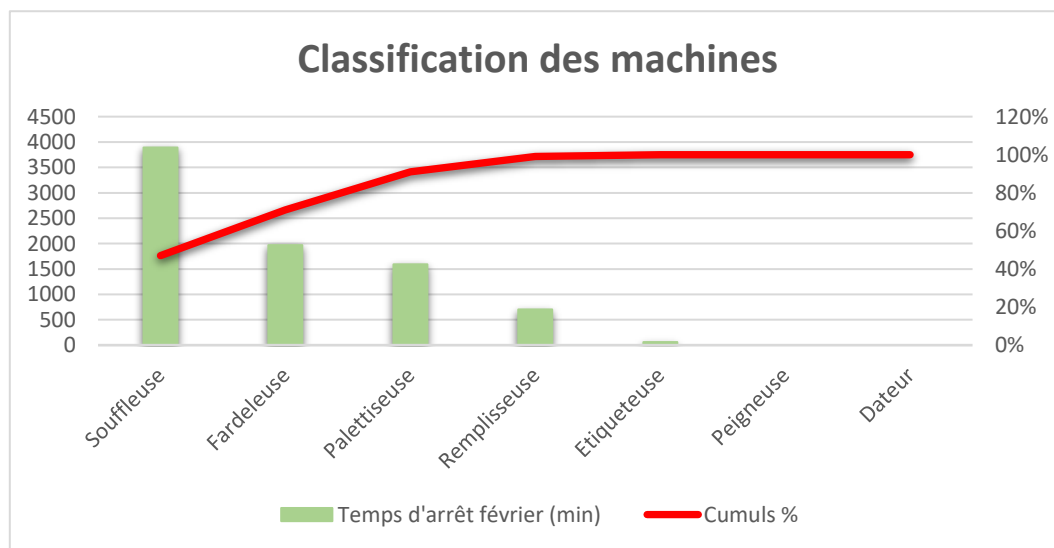


Figure 13 : Classification des machines par PARETO

- **La souffleuse**

Cette machine est illustrée dans la Figure (14). Elle réalise l'opération de soufflage qui est effectuée en cinq phases.



Figure 14 : Machine souffleuse

Phase 01 : Alimentation et chargement des préformes

Les préformes en PET, contenues dans une trémie alimentée par un élévateur, sont orientées de façon correcte, alignées et ensuite acheminées, à l'aide de glissières métalliques appropriées vers le groupe de chargement préformes de la machine.

Phase 02 : Chauffage des préformes :

Les disques, soutenant chacun une préforme, sont déplacés en translation de façon continue à l'intérieur de six fours de chauffage munis de lampes à rayons infrarouges et d'un système de circulation de l'air. Cette phase permet aux préformes d'atteindre le profil thermique idéal pour la phase suivante d'étirage et de soufflage.

Phase 03 : Transfert

Le passage de la phase de chauffage à celle de soufflage se fait via un système qui recueille les préformes et les transfère vers la phase de soufflage.

Phase 04 : Etirage et soufflage

Après le cycle de chauffage et le transfert, les préformes atteignent la station d'étirage et de soufflage où la phase de moulage de bouteilles est réalisée. La préforme, fermée dans un moule, est tout d'abord scellée supérieurement et ensuite étirée axialement par l'action combinée d'un souffle d'air comprimé à basse pression (air primaire, environ 10 bar) et d'une tige d'étirage. Dans l'étape suivante, l'air comprimé est introduit à haute pression (air secondaire, environ 40 bar) dans la cavité de soufflage qui sert à façonner de manière définitive la bouteille qui prend ainsi la forme du moule installé sur la machine

Phase 05 : Déchargement des bouteilles

La fin du processus d'étirage et de soufflage, les bouteilles retenues par les pinces du dispositif de transfert, sont extraites du moule et envoyées à la Remplisseuse

2) Classification des arrêts

Dans le but de trouver les problèmes majeurs qui causent la plupart des arrêts de la souffleuse, nous avons ramené les données présentes dans le tableau suivant du rapport d'activité mensuel de mois du février.

Remarque : Puisque on veut améliorer la performance, nous avons pris en considération uniquement les micros-arrêts rapportés dans le Tableau (10), et dont la classification est représentée dans la Figure (15).

Tableau 10: Rapport des arrêts de la souffleuse

Problème d'arrêt	Temps d'arrêt (min)	Cumuls	Cumuls %
La presse	515	515	20
Module de Goblet	450	965	38
Pince de prélèvement bouteilles cassés	255	1220	48
Module chauffage	240	1460	57
Déréglage recette	220	1680	66
Blocage préforme	205	1885	74
Rotule gauche	140	2165	85
Manque haute pression 40 Bar	115	2280	89
Blocage bouteilles	90	2370	93
Bouteilles fragiles	85	2455	96
Limite tension chaine plusieurs arrêts	50	2505	98
Bouteilles non conformes (tâches blanche)	25	2530	99
Manque pression 10 Bar	20	2550	100

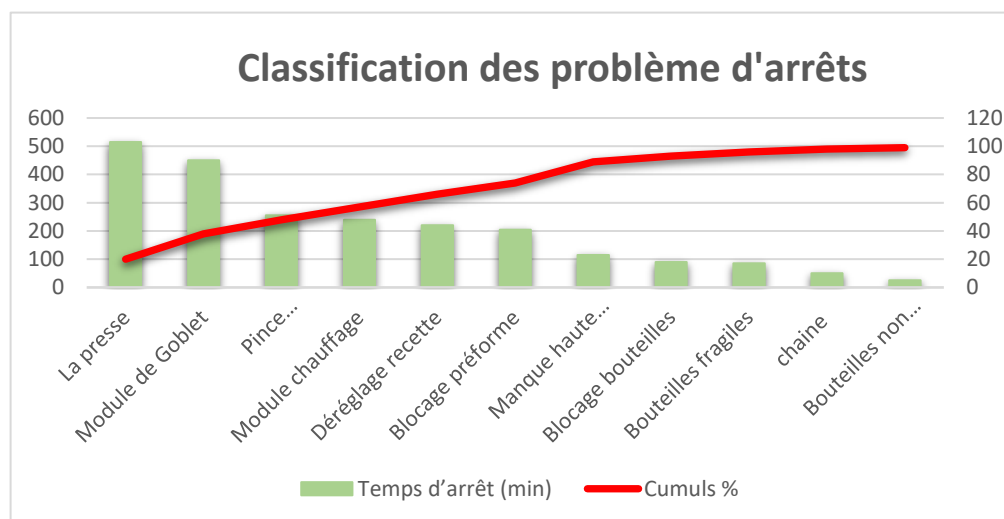


Figure 15 : Classification des problèmes d'arrêts souffleuse par Pareto

D'après le diagramme de Pareto illustré dans la Figure (15), on remarque que 80% des micro-arrêts, représentant 20% des temps d'arrêts, sont principalement dus aux : problème de presse, blocage module Goblet, problème pince prélèvement des préformes, problème du module chauffage, déréglage recette et blocage préforme.

- **Fardeleuse**

Illustré dans la Figure (16). Elle permet de réaliser l'opération de conditionnement qui consiste à regrouper les bouteilles d'huiles individuels en packs afin de leur ajouter une couche d'emballage. Cette étape permet de faciliter leur manutention et de réduire les risques de « casse » ...etc. La fardeleuse permet de former des packs de 2, 4 ou 6 bouteilles selon le type et de les couvrir par un film thermo-rétractable caractérisé par sa forte capacité de rétraction qui rend sa mise en place facile et protéger les bouteilles. Pour les transmettre enfin à travers un four sous forme d'un tunnel. L'opération de fardelage se déroule en quatre étapes successives :

- Le groupage éventuel des bouteilles d'huiles selon des modalités prédéfinies.
- Le poussage des produits ou des groupes de produits vers le film.
- La pose et la coupe du film de suremballage avec raccordement des deux extrémités.
- Le chauffage du film plastique pour assurer sa rétraction autour des produits ou du carton.



Figure 16: Machine Fardeleuse

Après avoir déterminés les problèmes majeurs de la souffleuse, on va déterminer les problèmes majeurs de la fardeleuse, représentés dans le Tableau (11) et la Figure (17).

Tableau 11: Rapport des arrêts de la fardeleuse

Problème d'arrêt	Temps d'arrêt (min)	Cumuls	Cumuls %
Enroulement film	580	580	44%
Blocage tapis d'emballage	540	1120	85%
Blocage fardeau sortie four	65	1185	90%
Pb de coupe	45	1230	94%
Blocage tapis four	35	1265	96%
Changement bar de film	20	1285	98%
Barre de film cassé	15	1300	99%
Servo-moteur	15	1315	100%

D'après le diagramme de Pareto illustré dans la Figure (17), on remarque que 80% des micro-arrêts, représentent 20% des temps d'arrêts, dus aux problèmes d'enroulement film et de blocage de tapis.

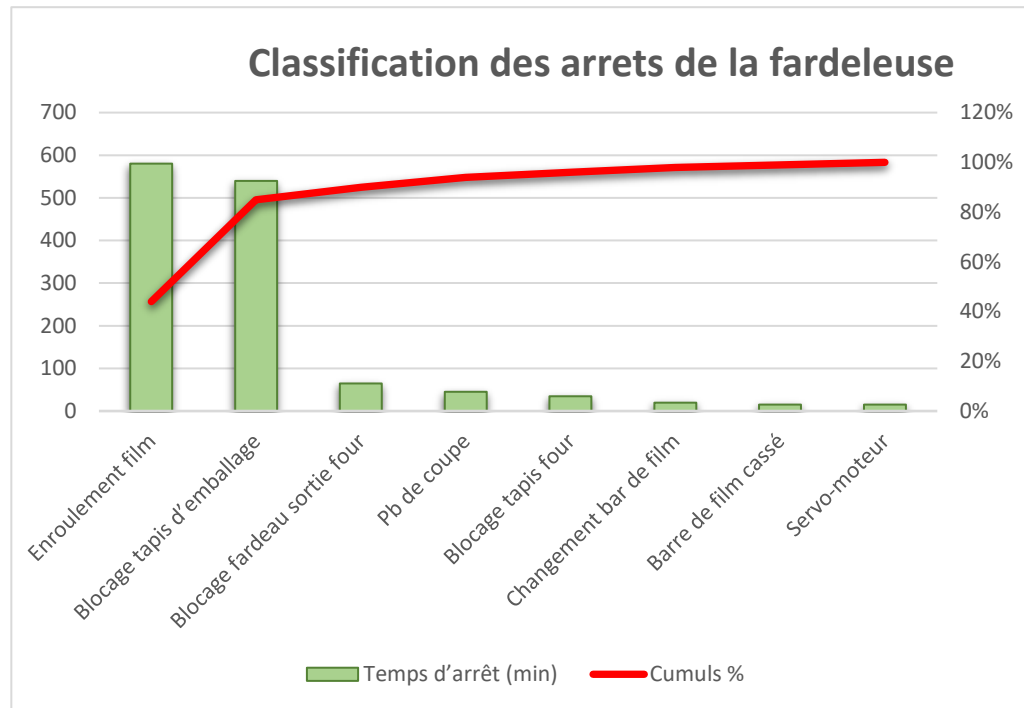


Figure 17: Classification des arrêts de la fardeleuse

IV.2.3. BRAINSTORMING

Après avoir définir les problèmes majeurs des micros arrêts, nous avons fait un brainstorming avec les opérateurs, les chefs de lignes et les chefs de production pour pouvoir déterminer les causes racines de ces problèmes. Par la suite, nous avons tracé le diagramme d'**Ishikawa** afin de déterminer les causes des anomalies identifiées, pour ensuite chercher leurs causes racines via la méthode des **5 pourquoi**.

IV.2.4. DIAGRAMMES D'ISHIKAWA

1. Souffleuse

Dans cette partie, on va présenter les diagrammes d'ISHIKAWA des problèmes majeurs de la souffleuse :

a) Problème de presse

Le processus de soufflage est un processus très important dans la transformation des préformes en bouteilles. C'est un processus durant lequel il se passe plusieurs blocages ou arrêts surtout au niveau de la presse de soufflage , parmi lesquelles on site :

- Un problème d'articulation : les articulations de la presse de soufflage parfois bloquent.
- Problème de fermeture ou ouverture de la presse : parfois la presse ne s'ouvre ou ne se ferme pas correctement.
- Explosion de bouteilles ou de préformes : parfois les bouteilles ou les préformes explosent dans le moule de la presse .

Et c'est ces problèmes-là que nous avons détaillés durant le brainstorming afin de détecter leurs causes racines. Ensuite, nous avons classé ces dernières dans un diagramme Ishikawa.

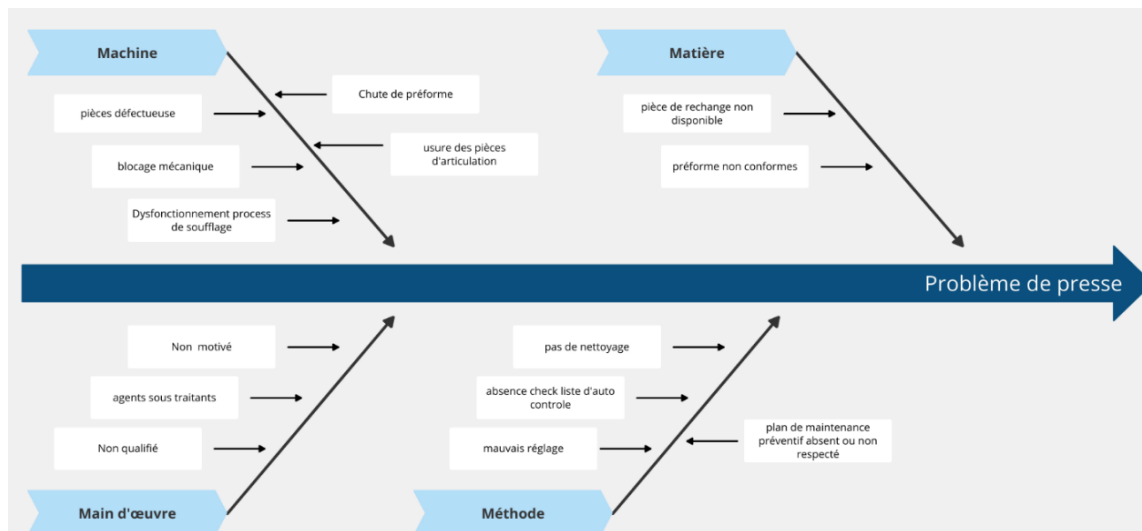


Figure 18 : Diagramme Ishikawa Problème de presse

b) Problème module Goblet

Les gobelets transmettent les préformes du tapis élévateur au chauffage, mais parfois un dysfonctionnement au niveau du module Goblet est détecté. La Figure (19) représente les causes racines de ce problème.

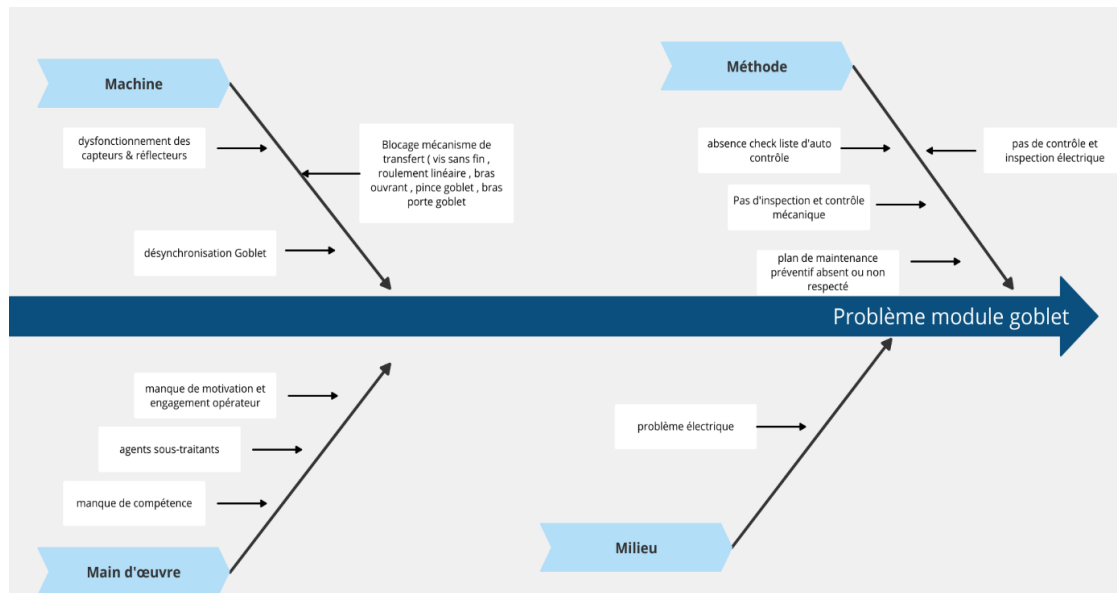


Figure 19 : Ishikawa, Problème module Goblet

c) Problèmes au niveau du four

Le four est muni de lampes infrarouges permettant aux préformes d'atteindre le profil thermique idéal pour la phase d'étirage et de soufflage. Parfois le four cesse de fonctionner normalement (par exemple il fournit une distribution de chaleur inadéquate au préforme). La Figure (20) montre les différentes causes qui engendrent ce problème.

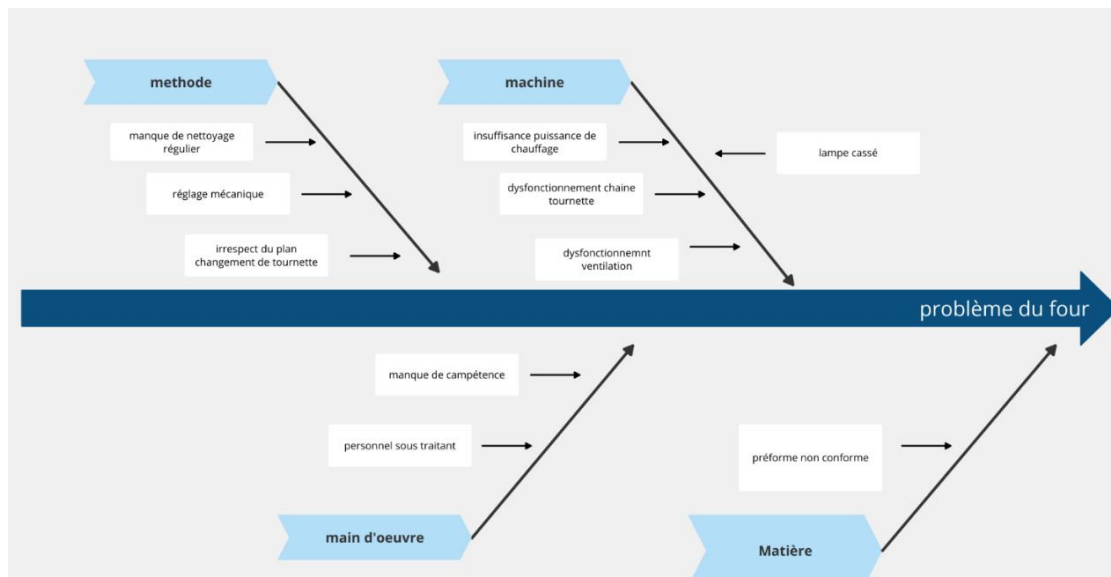


Figure 20 : Diagramme d'Ishikawa : problème du four

2. Fardeuse

Dans cette partie on va présenter les diagrammes d'ISHIKAWA des problèmes majeurs.

a) Problème enroulement film

La fardeleuse permet de réaliser des fardeaux simples avec un film particulièrement résistant. Cependant il arrive que la partie de découpage du film bloque. Afin de déterminer les causes de ce blocage, nous avons fait un diagramme d'ISHIKAWA représenté dans la figure suivante :

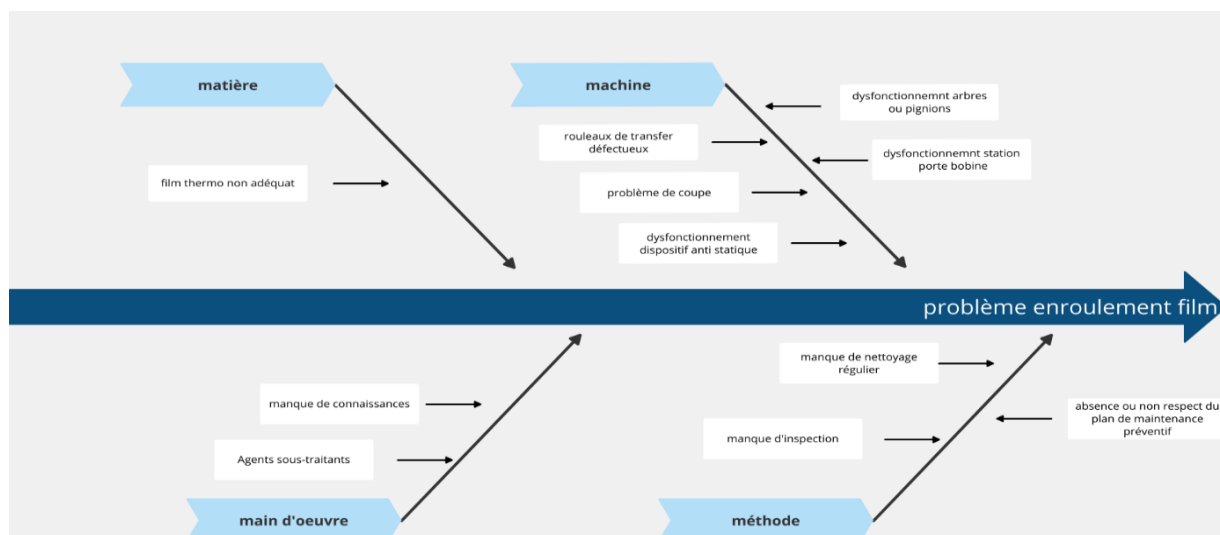


Figure 21: Diagramme d'Ishikawa : Problème enroulement film

b) Problème blocage tapis

Il y a plusieurs problèmes au niveau du tapis de la fardeleuse, afin de déterminer les causes de ce blocage, nous avons effectué le diagramme d'ISHIKAWA correspondant, représenté dans la Figure (22).

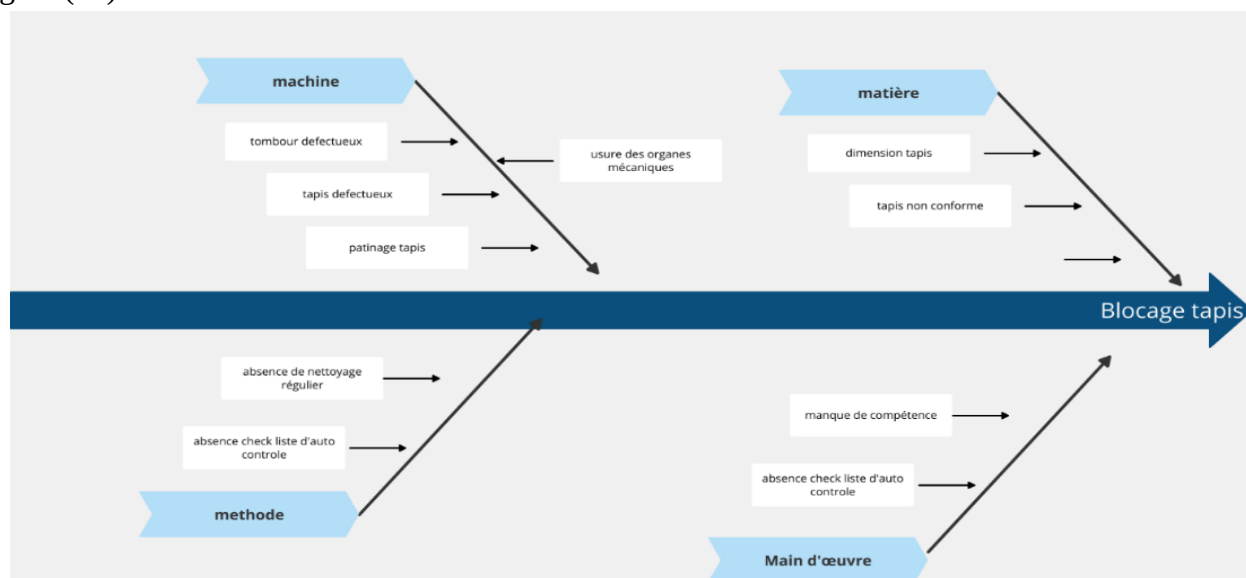


Figure 22 : Diagramme d'Ishikawa : Problème blocage tapis

IV.2.5. LA METHODE DES 5 POURQUOI

Après l'utilisation de la méthode des 5M « Ishikawa », on a utilisé la méthode des 5 pourquoi, dans laquelle on a pris les causes citées dans le diagramme et on a cherché leurs causes racines. Les tableaux suivants représentent la méthode des 5 pourquoi de chaque problème.

a) Problème presse de soufflage

Le tableau (12) représente un extrait de la méthode des 5 pourquoi du problème : PRESSE DE SOUFFLAGE. La suite du tableau est représentée dans l'annexe E.

Tableau 12: Méthode des 5 pourquoi pour le problème de la presse de soufflage

Problème de presse de soufflage	Pourquoi 1	Pourquoi 2	Pourquoi 3	Pourquoi 4	Pourquoi 5
Mauvais réglage	Dysfonctionnement non détecté	Auto contrôle non-effectué	Absence de check liste et plan d'auto contrôle	Non implantation de la maintenance autonome	
	Manque de compétences nécessaires pour faire les réglage	Manque de formation	Non implantation de la maintenance autonome		
	Mauvaise recette	Recette inadéquate	Réglage opérateur	Manque de qualification de l'opérateur	Manque de formation (Non implantation de la maintenance autonome)
Dysfonctionnement des capteurs & réflecteurs	Présence de crasse sur les capteurs ou réflecteurs / problème électrique	Manque de nettoyage régulier / défaillance électrique	Manque plan de nettoyage (ou non respecté) / câble - fiche - fixation - pièces Hors service	Entretien et inspection régulière non effectué	Non implantation de la maintenance autonome

b) Problème du module Goblet

Le tableau suivant représente la méthode des 5 pourquoi du problème Module Goblet. La suite est représentée dans l'annexe C.

Tableau 13 : Les 5 pourquoi du problème Module Goblet

Problème du module Goblet	Pourquoi 1	Pourquoi 2	Pourquoi 3	Pourquoi 04	Pourquoi 5
Dysfonctionnement des capteurs & des réflecteurs	Présence poussière sur les capteurs ou réflecteurs	Manque de nettoyage régulier	Manque de plan de nettoyage (ou non respecté)	Pas de plan de nettoyage	Absence de plan de nettoyage et check liste d'auto
	Problème électrique	Défaillance électrique	Câble - fiche - fixation - pièces Hors service	Entretien et inspection régulière non effectués	contrôle (Non implantation de la maintenance autonome)
	Réglage mécanique	Manque de fixation et serrage, problème de réglage	Pas de contrôle et inspection mécanique	Manque de check liste d'auto contrôle	Non implantation de la maintenance autonome
		Usure des pièces	Manque d'entretien selon les recommandations du fournisseur	Plan de maintenance préventive absent ou non respecté.	Mauvaise gestion de la maintenance préventive
Blocage du mécanisme de transfert (vis sans fin, roulement linéaire, bras ouvrant, pince Goblet, bras porte Goblet)	Réglage mécanique	Fixation, serrage, usure de pièces, problème de réglage	Pas de Contrôle et inspection mécanique	Absence de check liste d'auto contrôle	Non implantation de la maintenance autonome

c) Problème du four

Ce tableau représente la méthode des 5 pourquoi du problème du FOUR. La suite est représentée dans l'annexe D.

Tableau 14: Les 5 pourquoi du problème du FOUR

Problème du four	Pourquoi 1	Pourquoi 2	Pourquoi 3	Pourquoi 04	Pourquoi 05
Insuffisance puissance de chauffage	Lampe cassée	Chute préforme	Tournette défectueuse Préforme mal positionnée	Plan d'entretien préventif absent ou non respecté	
	Lampe manquante	Pas d'entretien préventif et manque d'inspection	Plan d'entretien préventif absent ou non respecté	Mauvaise gestion de la maintenance préventive	
			Absence de check liste d'autocontrôle	Non implantation de la maintenance autonome	
	Présence d'impureté	Absence de nettoyage	Plan de nettoyage absent ou non respecté	Absence de check liste d'autocontrôle	Non implantation de la maintenance autonome
	Vibration	Pas de serrage et tondage de la chaîne et présence jeu	Absence de check liste d'autocontrôle	Non implantation de la maintenance autonome	

d) Problème enroulement film

Le Tableau (15) représente la méthode des 5 pourquoi du problème Enroulement film. La suite est représentée dans l'annexe **G**.

Tableau 15 : 5pourquoi problème enroulement film

Problème enroulement film	Pourquoi 1	Pourquoi 2	Pourquoi 3	Pourquoi 04
Rouleaux de transfert défectueux	La gomme usée	Usure ordinaire	Manque d’entretien préventif et inspection	Manque ou non-respect du plan préventif
				Absence de la check liste d’autocontrôle.
	Réglage	Qualification OP ⁴ ou techniciens maintenance	Manque de Formation opérateur ou techniciens	
Problème de coupe	Usure lame	Plan préventif absent ou non respecté		
	Dysfonctionnement embrayage	Réglage mécanique	Qualification techniciens ou opérateurs	Manque de la formation technique
Souffleur défectueux	Souffleur bouché	Présence d’impuretés	Absence de plan de nettoyage	Absence de check liste d’autocontrôle
	Manque pression	Mauvais réglage de la pression	Manque de qualification OP	Manque de formation
	Les barres antistatiques défectueuses	Manque entretien et inspection et autocontrôle	Manque d’implantation de la maintenance autonome	

a) Problème tapis d'emballage

Le Tableau (16) représente la méthode des 5 pourquoi du problème Tapis emballage. La suite est représentée dans l'annexe F.

Tableau 16: 5pourquoi problème Tapis d'emballage

Problème tapis d'emballage		Pourquoi 1	Pourquoi 2	Pourquoi 3	Pourquoi 04
1	Patinage tapis	Présence d'huile	Déversement d'huile	Bouteille trouée	Absence nettoyage régulier (non implantation de la MA)
				Convoyeur n'a pas de système d'arrêt	
2	Tambour défectueux	Gomme usée	Plan de maintenance préventive absent ou non respecté	Manque de la gestion de la maintenance préventive	
		Usure des organes mécaniques (pignon, arbre, chaîne, pallier)	Manque d'Inspection et autocontrôle	Absence check liste d'autocontrôle (non implantation de la MA)	
3	Tapis défectueux	Usure	N'a pas été changé	Plan de maintenance préventive absent ou non respecté	Mauvaise gestion de la MP
		Dimension tapis et qualité tapis	Tapis non original	Fournisseur	

✓ Interprétation

Après avoir établi l'analyse des 5 pourquoi, nous avons remarqué que la plupart des causes racines sont liées soit à la maintenance préventive ou à la maintenance autonome.

✓ Plan d'action

Le Tableau (17), présente les actions qui doivent être déployé afin d'éliminer les causes d'arrêts :

Tableau 17: Plan d'action

Machines	Problèmes	Plan d'action
Machine souffleuse	Problème de presse	➤ Améliorer la gestion des stocks. ➤ Améliorer la gestion de la maintenance préventive en respectant le plan d'entretien du constructeur et faire son suivi. ➤ Faire une check liste et un plan d'auto contrôle pour les opérateurs. ➤ Organiser des formations pour améliorer les connaissances des opérateurs et les rendre responsable sur leurs équipements ➤ Etablir des plans réguliers de : nettoyage / inspection /lubrification / serrage, et les faire leur suivi.
	Problème du module Goblet	
	Problème du four	
Machine fardeuse	Problème enroulement film	
	Problème Blocage tapis	

CONCLUSION :

Pour réussir à améliorer la production, les chefs de production d'une entreprise sont amenés à suivre de près le fonctionnement de leur processus de production à travers des indicateurs. Parmi ces derniers, il y a l'OEE, cet indicateur permet à une entreprise de : visualiser la performance, la disponibilité et la qualité et éliminer les six pertes majeures. Une entreprise a besoin aussi d'utiliser les outils et les méthodes d'analyse afin de détecter et d'améliorer les causes racines qui peuvent détruire le système de production et de savoir où apporter les améliorations du procédé de fabrication.

Ce chapitre est divisé en deux sections, dans la première section, nous avons présenté l'entreprise AFIA et son système de production que nous avons analysé. La deuxième section consacrée à l'analyse, nous a montré que des opérations simples de la maintenance du premier niveau peuvent améliorer la performance du système de production, d'où l'importance de la maintenance autonome.

CHAPITRE 04: IMPLANTATION DE LA MAINTENANCE AUTONOME

INTRODUCTION

La Maintenance Autonome (AM) fait partie de la stratégie TPM, dans la réalisation du programme de l'Excellence Opérationnelle. Elle vise à accroître la durabilité et la stabilité de l'usine grâce à une approche systématique par étapes. Elle enrichit les connaissances des opérateurs, pour les rendre capables de faire face à des problèmes plus complexes liés à la qualité et à la performance. Les deux clés pour développer un programme de maintenance autonome réussi sont la précision et la continuité. Un autre facteur décisif est l'intégration harmonieuse avec deux autres activités fondamentales de TPM, axées sur l'amélioration des compétences et la formation des opérateurs. La maintenance autonome comprend toute activité réalisée par le service de production qui a une fonction de maintenance. De plus, elle est destinée à maintenir l'usine en fonctionnement efficace et stable dans l'ordre pour respecter les plans de production. Aujourd'hui, de nombreuses entreprises espèrent survivre en réduisant leurs coûts pour renforcer leur compétitivité. C'est pourquoi la maintenance autonome est devenue un programme indispensable pour éliminer les pertes et les gaspillages de l'atelier de production et pour maximiser l'efficacité de l'équipement existant. Les progrès du matériel informatique et des logiciels intensifient également la tendance à l'automatisation et le fonctionnement sans surveillance. Un obstacle majeur, cependant se présente, la grande quantité de travail manuel nécessaire pour entretenir les nombreux capteurs nécessaires à l'automatisation et traiter les fuites, déversements, blocages et autres problèmes caractéristiques des industries de transformation. Les meilleures personnes à résoudre ces problèmes sont ceux qui sont les plus intimement liés au lieu de travail, en conséquence, les opérateurs, de sorte que le besoin de la maintenance autonome augmente.

Dans ce présent chapitre, nous allons présenter l'implantation des trois premières étapes de la maintenance autonome.

I. IMPLANTATION DES ETAPES DE LA MAINTENANCE AUTONOME

La mise en œuvre de la maintenance autonome s'effectue en 7 étapes, les trois premières étapes sont les étapes introductrices de l'implantation de la MA, les autres étapes sont des étapes complémentaires. Puisque la maintenance autonome n'était pas encore implémentée dans l'entreprise donc nous avons réalisé l'implantation des trois premières étapes.

✓ Etape 1 : nettoyage initial

Dans cette étape, un atelier de nettoyage a été organisé, afin de commencer l'implantation de la maintenance autonome. Tout d'abord, nous avons préparé tout le matériel de nettoyage, de lubrification et de serrage comme illustré dans la Figure (23). Nous avons établi aussi une liste des points à contrôler sur les éléments les plus critiques de l'installation tel illustré dans la Figure (24) répondant aux résultats obtenus lors de la partie d'analyse de l'existant, qui doit être mise à jour à la fin de l'étape de nettoyage afin de mettre le point sur l'état d'avancement des opérations prévues par le plan d'action.

Nous avons également préparé des listes de TAGS illustrés dans la Figure (44) à les remplir lors de la détection d'une anomalie au cours du nettoyage. Nous avons établi des tags de trois couleurs. Un tag bleu signifie qu'il y a une anomalie qui nécessite l'intervention d'un opérateur, si c'est une anomalie qui nécessite l'intervention de l'équipe maintenance le tag attribué est vert et dans le cas où c'est une anomalie de sécurité, le Tag utilisé est rouge.

Au début de cette étape, nous avons pris des photos de la machine avant le nettoyage. Par la suite, nous avons commencé avec l'aide des opérateurs à éliminer la poussière et la saleté en détectant les anomalies. Le tableau 16 représente les phases de nettoyage (avant, durant et après le nettoyage). Ensuite, nous avons fait une inspection pour vérifier le bon fonctionnement des pièces, ainsi que leurs installations. Si une pièce est mal serrée, nous effectuons le serrage (Figure 54, 55 et 56). Ensuite, nous avons aussi lubrifié quelques mécanismes qui nécessitent une lubrification (Figure 57 et 58). A la fin, nous avons pris des photos d'après le nettoyage.



Figure 23: Matériels du nettoyage

Tableau 18: Liste d'autocontrôle

Liste d'autocontrôle			
Machine : souffleuse		Zone : packaging	
		Date : 08/05/2022	
Ou	Activité	Type de verification	Oui / Non
Cabine machine	Vérifier l'état générale du bâti ?		
	Enlever les préforme et les bouteilles présentent		
	Éliminé la poussière et la saleté		
Tapis élévateur des préformes	Vérifier s'il y a des coupures / brasions profondes /bords cassés ou absents		
	Signaler la présence d'endommagement du tapis élévateur		
	Indiquer par des tags les points détériorées		
Photocellules	Vérifier qu'aucune préforme ne gêne la lecture de la photocellule.		
	Vérifier que toutes les photocellules sont bien serrés		
Chargement des préformes	Vérifier qu'aucune préforme ne soit tombée dans la zone de l'étoile d'alimentation.		
	Vérifier la fixation correcte des glissières.		
	Serrer les éventuelles vis desserrées.		
Mécanisme de transfert	Vérifier qu'ils ne présentent aucun signe d'usure ou détérioration		
	Vérifier si les dispositifs nécessitant une lubrification		
	Vérifier s'ils sont bien lubrifiés		
	Vérifier la fixation correcte		

1. Nettoyage initial

Tableau 19 : Les phases de nettoyage (avant, durant, après)

QUOI	AVANT	Durant le nettoyage	Après le nettoyage
Lampes du four	 Figure 24: Lampes avant nettoyage	 Figure 25: Lampes durant le nettoyage	 Figure 26: Lampes après le nettoyage

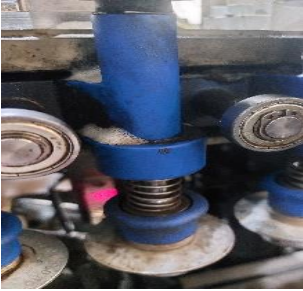
Four	 Figure 27 : Four avant le nettoyage  Figure 30 : Four avant le nettoyage	 Figure 28 : Four durant le nettoyage  Figure 31: Four durant le nettoyage	 Figure 29 : Four après le nettoyage  Figure 32 : Four après le nettoyage
Mécanisme de transfert	 Figure 33: Vis sans fin avant nettoyage  Figure 36: Les glissières avant le nettoyage  Figure 39 : les gobelets avant le nettoyage	 Figure 34: vis sans fin durant le nettoyage  Figure 37 : Les glissières durant le nettoyage.  Figure 40: Module Goblet durant le nettoyage	 Figure 35: vis sans fin après le nettoyage  Figure 38 :Les glissières après le nettoyage  Figure 41: Module Goblet après le nettoyage

	 Figure 42 : Les pinces avant le nettoyage	 Figure 44: les pinces durant le nettoyage	 Figure 43: Les pinces après le nettoyage
Presse de soufflage et Moule	 Figure 46: Le moule avant le nettoyage	 Figure 45: moule durant le nettoyage	 Figure 44: moule après le nettoyage
Cabine machine	 Figure 47: Cabine machine avant le nettoyage	 Figure 48: cabine machine durant le nettoyage	 Figure 49: cabine machine après le nettoyage

Nettoyage
photocellules et
réflecteurs



Figure 50: nettoyage photos cellules et réflecteurs

2. Tags



Figure 51: Tags des problèmes détectés durant le nettoyage

3. Etablissement des Conditions de base de l'équipement

⇒ Serrage



Figure 52: Serrage four



Figure 53 Serrage des pinces

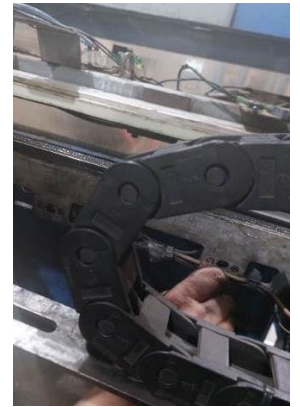


Figure 54: serrage de la chaîne de transfert

⇒ Lubrification



Figure 55: Lubrification presse de soufflage



Figure 56: Lubrification des pinces

✓ Etape 02 : Traitement des sources de contamination et les endroits inaccessibles

Dans cette étape, nous avons créé des tableaux qui contiennent toutes les sources de contamination (Tableau 21) ainsi que les zones difficiles d'accès (Tableau 20). Le but est d'identifier et d'éliminer les sources de fuites et de déversement et d'améliorer l'accessibilité pour les endroits difficiles à accéder (HTRP) si c'est possible afin de réduire le temps de travail.

Tableau 20 : Les endroits difficiles à y accéder

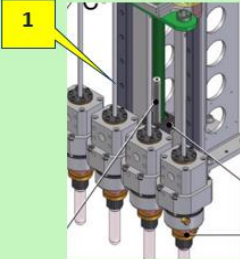
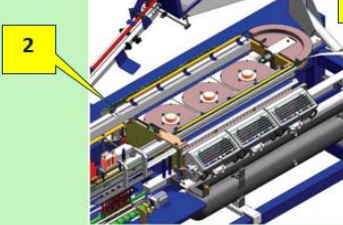
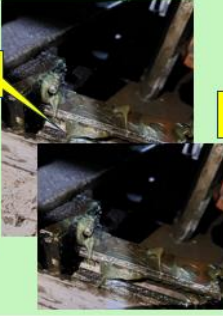
 Hard to reach area Machine: souffleuse Zone: Packaging  الغذية Foods			
  			
N°	Quoi	Difficile à	comment procéder
1	les tiges	nettoyer/graisser	faciliter l'accès avec un tabouret
2	zone four étroite	nettoyer /contrôler	/
3	zone presse de soufflage étroite et mal éclairée	nettoyer/contrôler	/

Tableau 21 : Les sources de contamination

 Sources de contaminations Machine: souffleuse Zone: Packaging  الغذية Foods		
    		
N°	Quoi	Comment procéder
1	fuite d'eau et fuite d'air	Changement des circuits d'eau et les circuits d'air
2	tapis non serrés	Serrage du tapis
3	excès de graissage et de lubrifiant	Utiliser les moyens et les outils de lubrification /
4	rideau ouvert (poussière)	Faire une procédure d'ouverture et fermeture du rideau
5	circuit de refroidissement corrodé	Changement du circuit

✓ **Etape 03 : Établissement des normes du nettoyage, de l'inspection, de la lubrification et du serrage**

Afin de maintenir la souffleuse dans son état idéal, et de simplifier les tâches de la maintenance autonome aux opérateurs, nous avons créé des plans réguliers de : nettoyage et d'inspection (Figure 57), de lubrification et de serrage (Figures 58 et 59)

Plan d'inspection

Machine : souffleuse
Zone : Packaging

N°	Quoi	QUI	Comment	Outils	Fréquence	Éléments de sécurité
1	Photocellules et réflecteurs	Opérateur	Vérifier qu'aucune préforme ne gêne la lecture des photocellules		Quotidien	
2	Lampe et four	Opérateur	- Vérifier qu'aucune préforme ne soit tombée dans le groupe four - Vérifier que toutes les lampes sont fonctionnelles		Chaque deux jours	
3	Mécanisme de transfert (pas variable, gobelets, pinces, étoiles)	Opérateur	- Vérifier qu'il ne présente aucun signe de détérioration - Contrôle : usure /serrage/état de fonctionnement		Mensuel	
4	Circuit pneumatique	Opérateur	Contrôler les fuites d'air éventuelles sur le circuit pneumatique		Hebdomadaire	

Inspector

Regarder

Ecouter

Fermé

ressentir

Figure 57 : Plan d'inspection

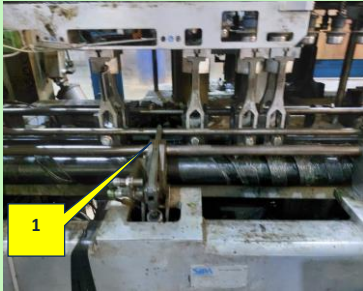
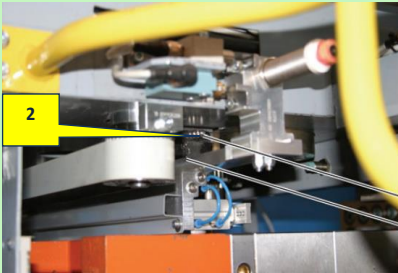
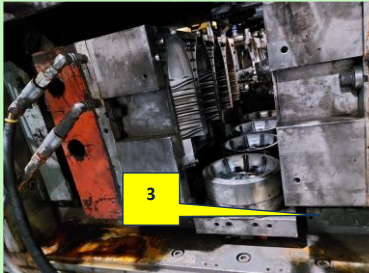


Plan de lubrification

Machine : souffleuse Zone : Packaging



الأغذية
Foods

N°	Quoi	QUI	Comment	Outils	Fréquence	Éléments de sécurité
1	Pas variable les glissières, les pinces	Opérateur	Injecter la graisse	Tête de dispositif de graissage	Mensuel	
2	Dispositif de transfert	Opérateur	Injecter la graisse	Pompe à graisse manuelle/ injecteur de pompe à graisse manuelle	Trimestriel	
3	Presse de soufflage	Opérateur	Injecter la graisse dans les dispositifs de graissage	Pompe à graisse manuelle/ injecteur /Pompe à graisse manuelle	Trimestriel	

Figure 58 : Plan de lubrification

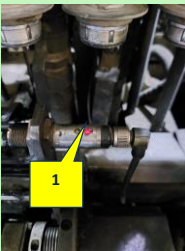


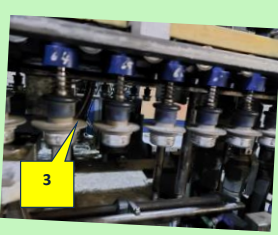
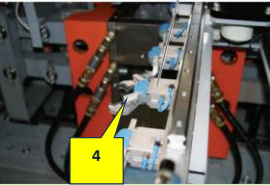
Plan de serrage

Machine : souffleuse Zone : Packaging



الأغذية
Foods



N°	Quoi	QUI	Comment	Outils	Fréquence	Éléments de sécurité
1	Les photos-cellules et réflecteurs	Opérateur	Serrer		Quinzaine	
2	Tendeur	Opérateur	Serrer		Mensuel	
3	Les pinces	Opérateur	Serrer		Hebdomadaire	



Outils de maintenance



Machine arrêtée

Figure 59: Plan de serrage

Plan de nettoyage

Machine : souffleuse Zone : Packaging

SAVOLA | الأغذية
Foods

N°	Quoi	QUI	Comment	Outils	Fréquence	Symboles des outils et éléments de sécurité
1	La trémie et tapis élévateur des préformes	Opérateur	Supprimer la poussière	Aspirateur industriel/détergent dégraissant / chiffon	hebdomadaire	
2	Cabine machine	Opérateur	Enlever les préforme et les bouteilles tombés (non conformes) Eliminer la poussière de PET ou la saleté éventuelle	/	Quotidien	
3	Lampes du four	Opérateur	Supprimer toutes les impuretés présente.	Alcool dénaturé	Quinzaine	
4	Photo cellules et réflecteurs	Opérateur	Éliminer la poussière	Produit adapté	Quotidien	
5	Mécanisme de transfert (pas variable, gobelets, pinces, étoiles)	Opérateur	Supprimer toutes les impuretés	Aspirateur industriel/détergent dégraissant / chiffon	Mensuel	
6	Presse de soufflage et moule	Opérateur	- Supprimer les impuretés présente dans le moule - Nettoyer les plaques de la presse de soufflage	Aspirateur industriel/détergent dégraissant / chiffon	Hebdomadaire	

Des gants
 Chiffon
 Machine fermée

Figure 60: Plan de nettoyage

CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons fait l'implantation des trois premières étapes du deuxième pilier de la TPM « maintenance autonome », nous avons essayé de faciliter la tâche aux opérateurs à travers les plans CILT et les listes d'autocontrôles. Dorénavant les opérateurs sont appelés à comprendre l'importance de la maintenance autonome et pourquoi doivent-ils être directement responsabilisés de leurs équipements.

Puisque les résultats de la maintenance autonome n'apparaissent pas dès la première implantation, il est primordial qu'elle soit maintenue pendant une bonne période de temps. Dans le chapitre suivant, nous allons modéliser et simuler le système de production d'AFIA en minimisant les arrêts pour pouvoir estimer l'apport de la mise en œuvre de la maintenance autonome sur performance globale des deux lignes de production.

CHAPITRE 05 : **SIMULATION AVEC ARENA**

INTRODUCTION

La simulation fait référence à un large éventail de méthodes et d'applications pour mimer le comportement des systèmes réels. Généralement, elle effectuée sur un ordinateur avec un logiciel approprié. En réalité, "simulation" peut être un terme extrêmement général car l'idée s'applique à de nombreux domaines, industries et applications. De nos jours, la simulation est plus populaire et puissante car elle représente la traduction réelle du processus de production pour résoudre des problèmes d'une situation existante, hypothétique ou un problème inattendu, ce qui facilite l'étude de comportement du système.

Dans notre étude, nous allons utiliser le logiciel SIMAN ARENA 14.0 pour faire la modélisation et la simulation du système de production de l'entreprise AFIA et justifier la fiabilité de notre étude.

I. MODELISATION PAR ARENA

Le logiciel ARENA permet d'apporter la puissance de la modélisation et de la simulation aux entreprises. Il est conçu pour analyser l'impact des changements impliquant des problèmes complexes associés à la chaîne d'approvisionnement, à la fabrication, aux processus, à la logistique, la distribution et l'entreposage et aux systèmes de service. Le logiciel ARENA fournit une flexibilité maximale et étendue de la couverture d'application pour modéliser n'importe quel niveau souhaité de détails et de complexité [12].

Le logiciel ARENA, permet de :

- ✓ **Modéliser** les processus pour définir, documenter et communiquer ;
- ✓ **Simuler** les performances futures des systèmes ;
- ✓ **Identifier** les opportunités d'amélioration ;
- ✓ **Visualisez** les opérations avec des graphiques d'animation dynamiques ;
- ✓ **Analyser** les performances des systèmes dans leur fonctionnement réel et même dans des scénarios possibles afin que les utilisateurs puissent choisir en toute confiance la meilleure façon de gérer l'entreprise.

Dans la partie suivante, nous allons définir les modules que nous avons utilisés pour simuler le système de production de l'entreprise AFIA.

La modélisation du processus :

Dans cette partie, nous allons présenter le modèle conceptuel qui a été implanté dans le simulateur SIMAN ARENA/version 14. La Figure (63) représente le processus de fabrication de l'entreprise AFIA.

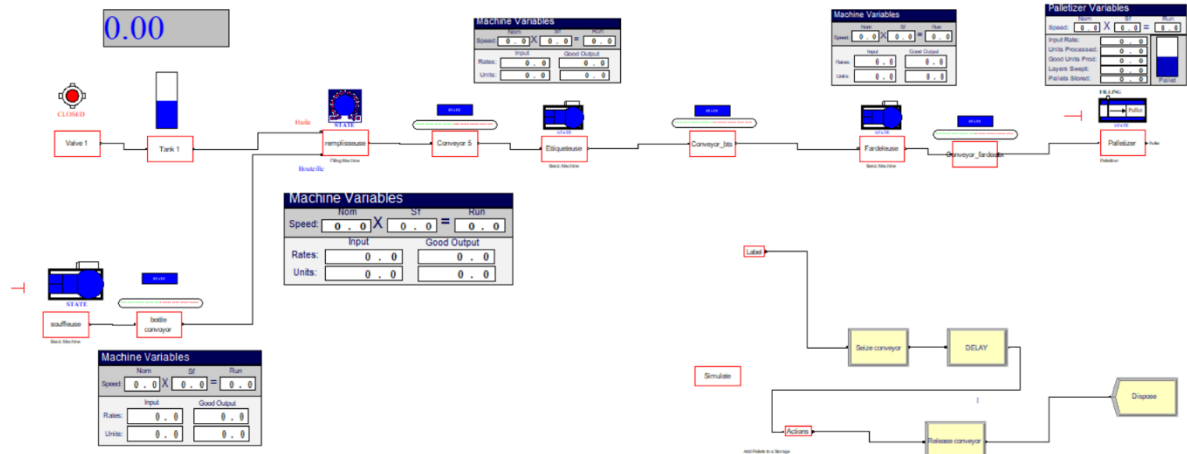


Figure 61: Modélisation du système de production d'AFIA

I.1. DESCRIPTION DU MODEL

Le modèle est divisé en deux parties, un cas continu et un cas discret. Sachant que les différents composant utilisés sont présenté dans l'annexe J.

Le cas continu, illustré par la Figure (62), contient 3 types de machines différentes : machines basiques pour représenter le soufflage, étiquetage et fardelage, et une machine de remplissage pour représenter la remplisseuse. Nous avons également un réservoir d'une capacité de 3100MT pour fournir du liquide à la remplisseuse et une vanne pour contrôler le débit dans le réservoir. La fardeleuse est le centre de la moitié arrière de la ligne. Elle est nourrie en bidon produit par le biais d'un convoyeur depuis la remplisseuse. Les fardeaux quittent la fardeleuse par un convoyeur à former en palettes et stocké par le palettiseur.

La logique discrète est utilisée ici pour modéliser le mouvement des palettes dans l'entrepôt tel illustré par la Figure (63). Cela commence par le module **Label** qui crée une entité discrète, un convoyeur représenté par le module **SEIZE** se déplace vers le palettiseur pour transmettre les palettes, le module **Delay** représente le délai de transmission des palettes par le convoyeur tandis que le module **release** est utilisé pour terminer l'action du convoyeur. Le module **Actions** est utilisé pour ajouter les palettes au stockage.

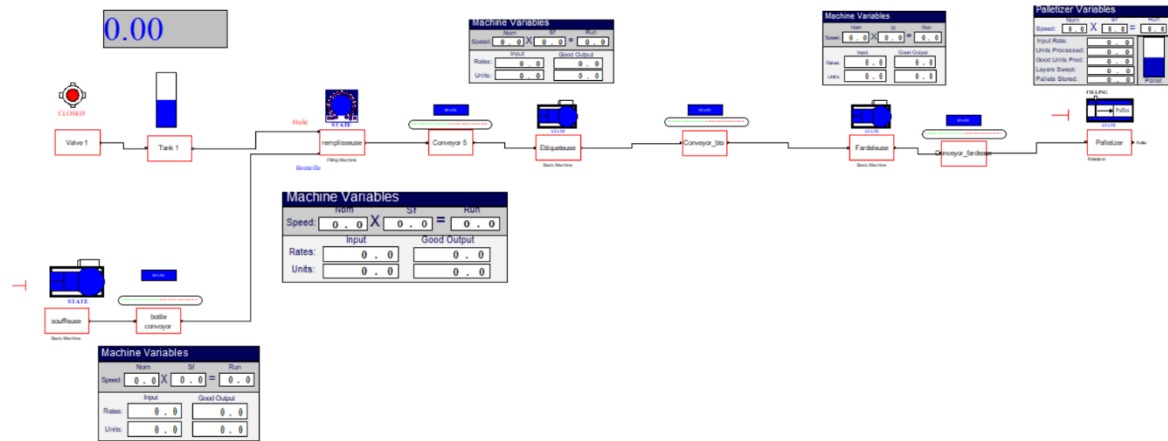


Figure 62 : Modélisation du cas continu du processus de production

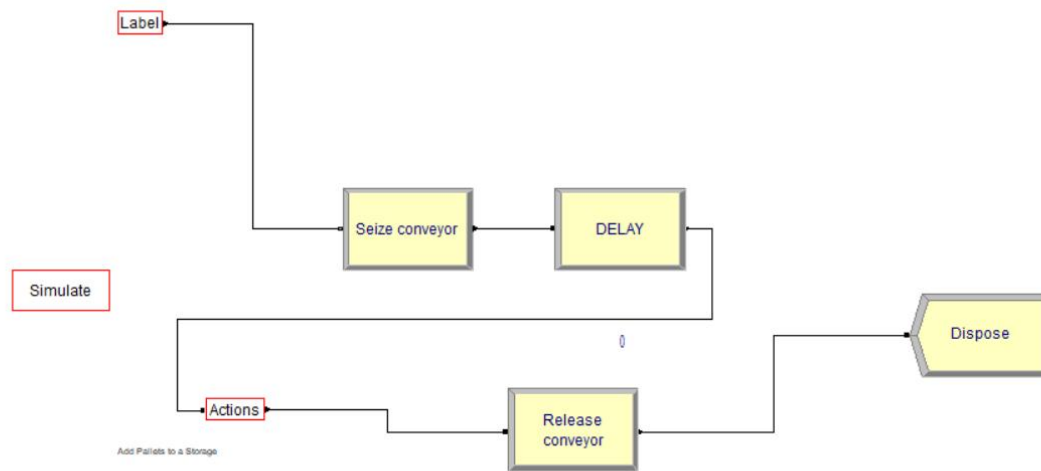


Figure 63: Modélisation du cas discret

I.2. SIMULATION DU SYSTEME AVEC LES ARRETS REELS DU MOIS DU FEVRIER

Nous avons simulé le système de production sur une période de 29 jours et nous avons intégré les données suivantes :

- **La capacité de réservoir : 3100MT**

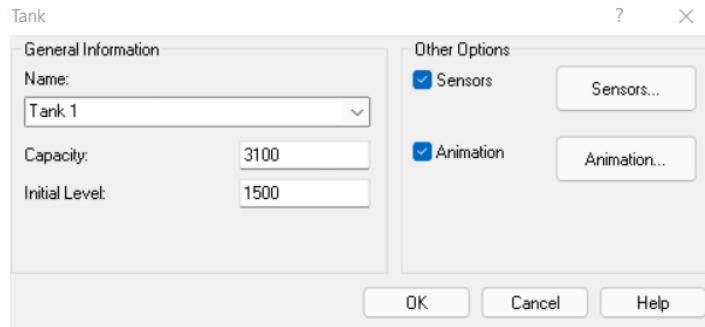


Figure 64: Capacité du réservoir

- **Les paramètres de la valve**

S'ouvre si le réservoir a consommé 25% de sa capacité réelle, et se ferme si le réservoir est rempli à 95% de sa capacité.

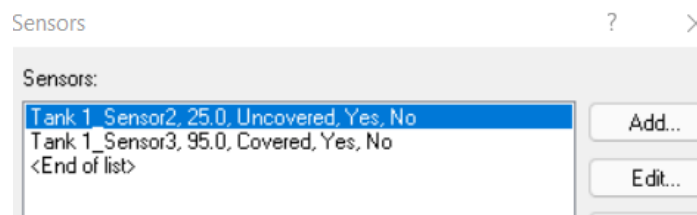


Figure 65: Les paramètre de la Valve

- **La vitesse de chaque machine**

⇒ La souffleuse : 3400b/h équivalent à 57b/min

⇒ La remplisseuse, l'étiqueteuse, fardeleuse et le palettiseur ont la même vitesse de production : 4000b/h équivalent à 67b/h.

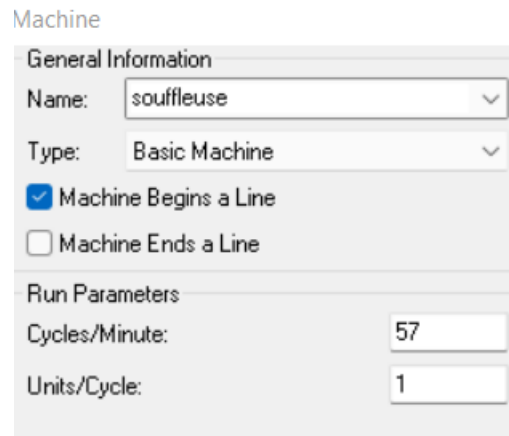


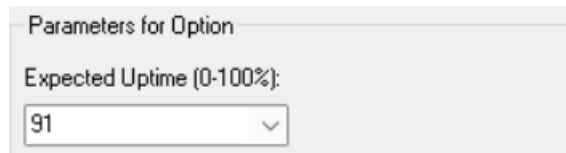
Figure 66: Exemple : vitesse de la

- ⇒ Le temps de bon fonctionnement de chaque machine (TBF) : nous avons calculé ce temps avec la loi suivante :

$$TBF = \frac{\text{nombre totale de fonctionnement} - \text{le temps d'arrêts}}{\text{nombre totale de fonctionnement}}$$

Tel que :

- ⇒ Nombre totale de fonctionnement représente le nombre de jour du mois de février (29jours)
- ⇒ Le temps d'arrêts représente le temps total des arrêts du mois de février de chaque machine.



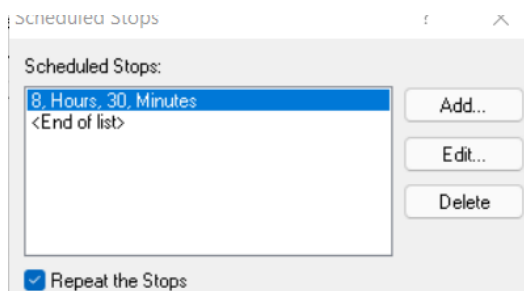
Parameters for Option

Expected Uptime (0-100%):

91

Figure 67: exemple : temps de bon fonctionnement souffleuse

- ⇒ **Les arrêts planifiés de chaque machine** : chaque 8 heures, un arrêt de 30min est planifié.



Scheduled Stops

Scheduled Stops:

8. Hours, 30. Minutes

<End of list>

Repeat the Stops

Add...

Edit...

Delete

Figure 68: exemples arrêts planifiés souffleuse

- ⇒ **Le temps moyen de réparation de chaque machine MTTR**

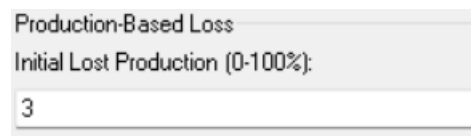


Time to Repair:

1.9

Figure 69: MTTR souffleuse

- ⇒ **Le taux des pertes de chaque machine**



Production-Based Loss

Initial Lost Production (0-100%):

3

Figure 70: pertes souffleuse

I.2.1. RESULTATS DE LA SIMULATION

Le nombre de palettes produites durant le mois de février :

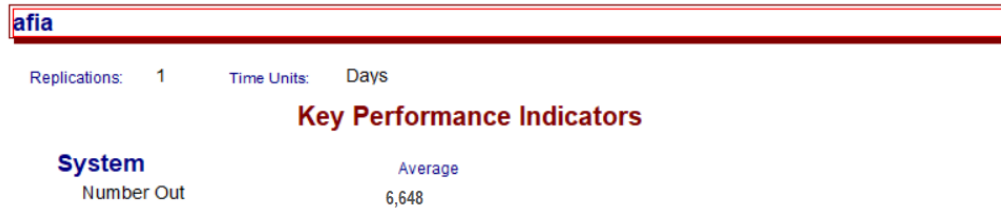


Figure 71: Nombre de palettes produites durant le mois de février

⇒ Selon les resultats, l'usine a produit 6648 palette dans le mois de fevrier, l'équivalent de 229 palette /jours.

- Nombre d'arrêts

Afin de détecter la source qui ralentit la productivité du système de production, nous avons analysé le nombre des arrêts, les résultats obtenus sont représentés par le graph ci-dessous ;

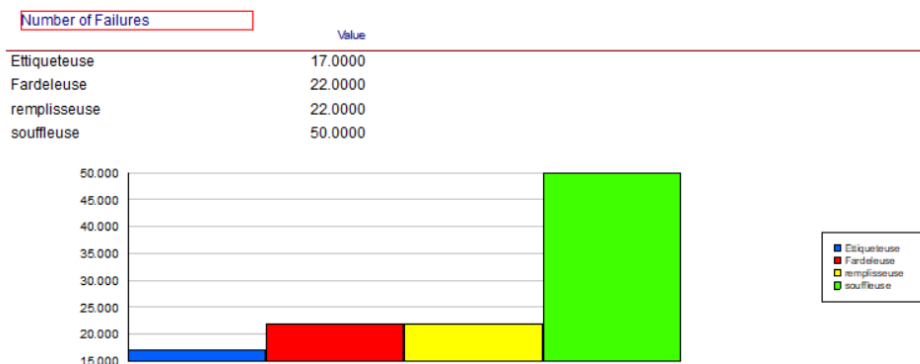


Figure 72: : Nombre d'arrêts durant le mois de février

A partir du graph, nous pouvons constater que le nombre des arrêts de la souffeuse est le plus élevé ce qui justifie que la souffeuse est la machine goulots des systèmes, ce résultat confirme notre étude d'analyse d'existant.

Nous pouvons justifier notre étude aussi à travers le graph illustré dans la Figure (73) qui représente le temps d'arrêt / jours de chaque machine :

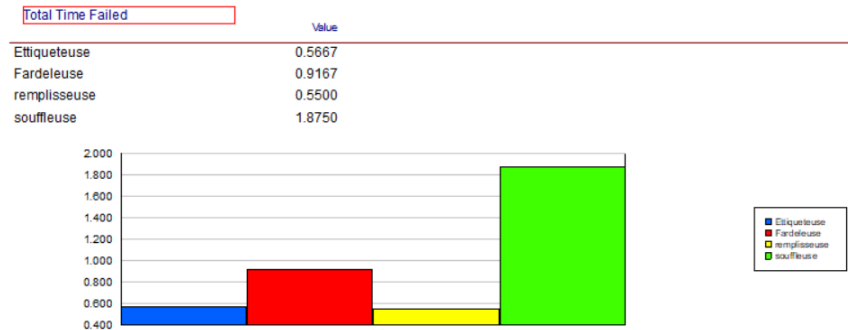


Figure 74: Temps totale d'arrêts durant le mois de février

⇒ La souffleuse et la fardeleuse ont le temps d'arrêts le plus élevés

- Le taux de pièces performantes

Ce paramètre représente le taux de pièces performantes produites par chaque machine

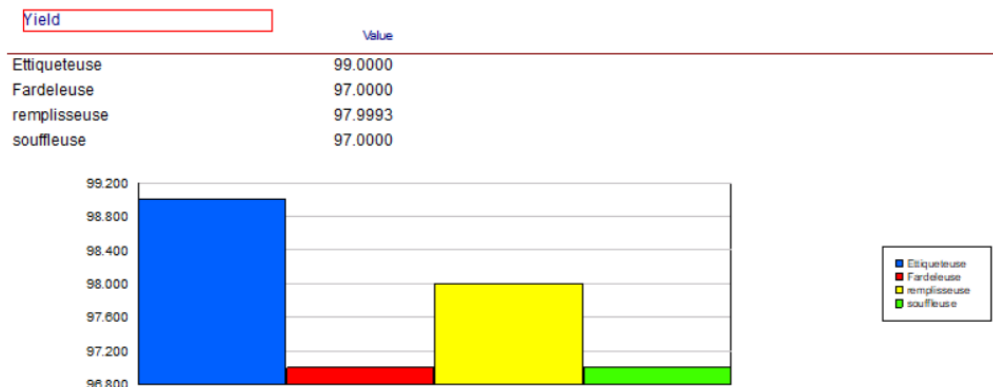


Figure 75: Taux de pièces performantes de chaque machine

⇒ Les résultats indiquent que la souffleuse et la fardeleuse ont le taux de rebuts le plus élevé

I.2.2. INTERPRETATION DES RESULTATS

A travers les résultats obtenus de la première simulation, nous avons déduit que la souffleuse et la fardeleuse sont les machines les moins performantes du système. Pour cela, dans le reste de notre étude, nous allons éliminer quelques micro-arrêts en minimisant le temps de ces derniers pour justifier la fiabilité de notre étude.

I.3. SIMULATION DU SYSTEME AVEC UNE DIMINUTION DE 25 ET 50 % DES MICROS ARRETS REELS DU MOIS DE FEVRIER

Nous avons simulé le système de production en diminuant le nombre de pannes et le temps des micros-arrêts de 25 et 50%, la simulation a été faite sur une durée de 29 jours, les résultats obtenus sont les suivants :

Nombre d'arrêts :

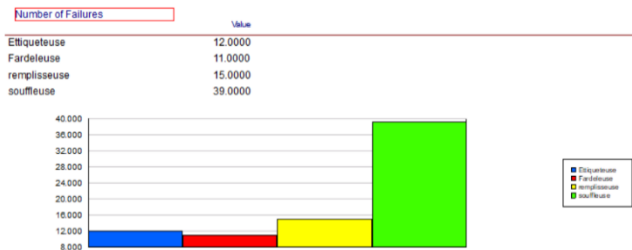


Figure 76: Nombre d'arrêt avec une diminution de 25%

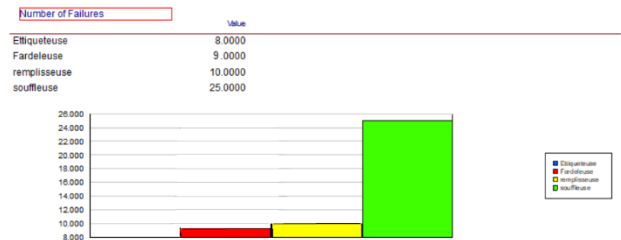


Figure 77: Nombre d'arrêt avec une diminution de 50%

Temps d'arrêts :

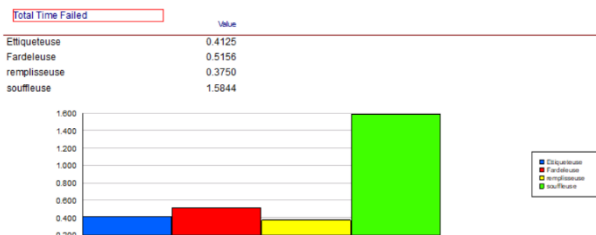


Figure79:Temps d'arrêts à 25-%

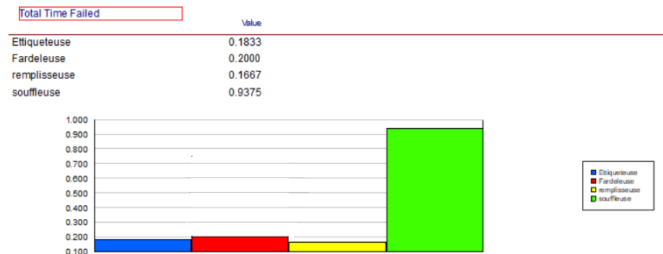


Figure 78:Temps d'arrêts à -50%

1 – Nombre de produits

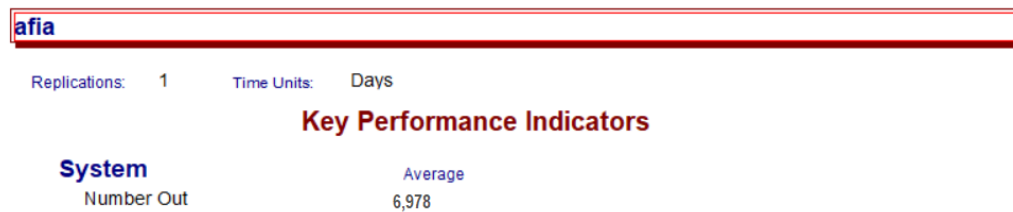


Figure80: Nombre de palettes produites à -25% des arrêts.



Figure 81: Nombre de palettes produites à- 50% des arrêts.

- En diminuant le nombre des micros-arrêt, le nombre de produit augmente ce qui implique que l'implantation de l'auto-maintenance dans l'usine, a un impact à court et long terme sur la productivité de l'entreprise.

I.4. CALCUL OEE

Pour montrer la fiabilité de notre étude, nous allons recalculer le OEE et les indicateurs de performance avec les arrêts réels du système et avec la diminution de 25% et 50% des arrêts du système le Tableau (22) représente les résultats de calculs. Le détail des calculs est représenté dans l'annexe .

Tableau récapitulatif :

Tableau 22: Tableau récapitulatif

	Avec les arrêts réels	-25%	-50%
Palettes produites	6648	6978	7338
Performance	72%	73.65%	75.06%
Qualité	99%	99.2%	99.42%
Disponibilité	88%	91.30%	94.19%
OEE	63%	66.7%	70.2%

D'après les graphes suivants, nous remarquons que les indicateurs de performances augmentent par la diminution des micros-arrêts en implémentant la maintenance autonome.

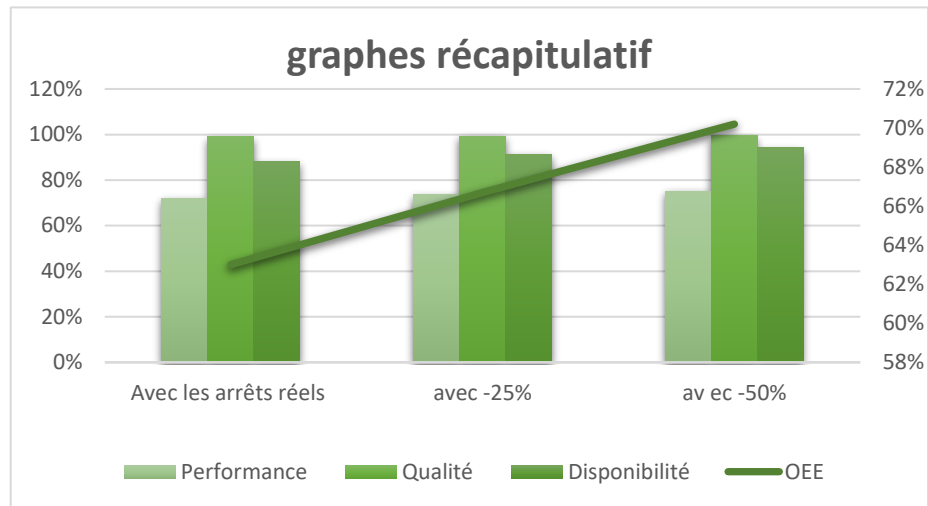


Figure 82: Graphe récapitulatif calcul OEE

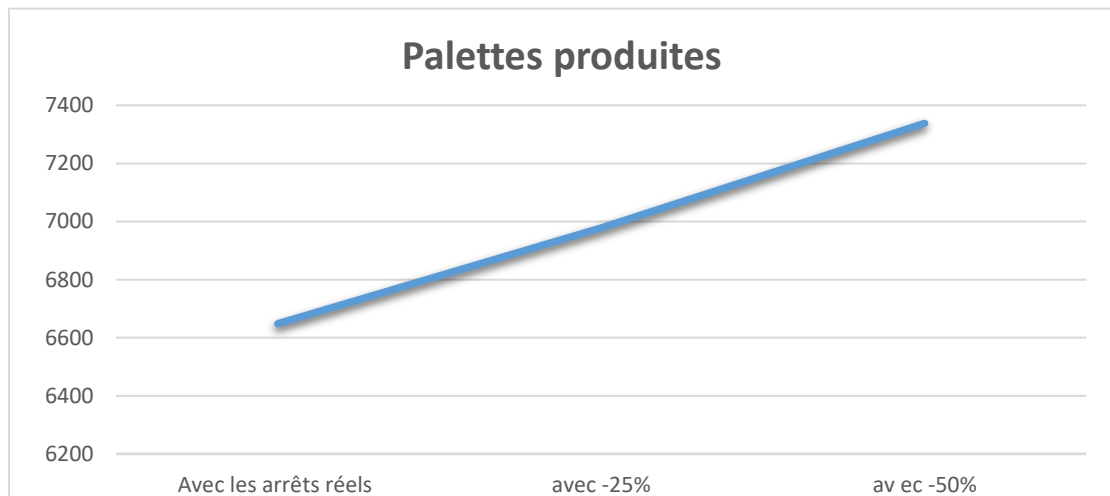


Figure 83 : Graphes récapitulatif de nombre de palettes produites

CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons simulé le système de production dans le cas de fonctionnement normal selon les données fournies par l'entreprise en vue d'analyser les résultats obtenus et dont détecter les machines dont les taux de pertes sont les plus élevés.

Afin d'introduire la maintenance autonome, nous avons diminué le nombre d'arrêts à 25% ensuite à 50% et nous avons comparé les résultats. Grâce à cette démarche, nous avons constaté que le taux de production ainsi que le taux de performance augmentent si on diminue le nombre d'arrêt ce qui implique l'augmentation de l'OEE, ce qui signifie que l'auto-maintenance a un rôle très important et bénéfique dans l'amélioration de la performance.

Conclusion générale

Le travail présenté dans ce document est le fruit d'efforts de plusieurs mois partagés entre réflexion, recherche, développement et analyse. Nous avons eu l'occasion de mettre en œuvre nos connaissances théoriques et pratiques acquises pendant notre formation d'ingénieur en management et ingénierie de la maintenance industrielle ainsi qu'une expérience de plus gagnée dans le chemin professionnel. A travers ce travail, nous nous sommes initiés à la TPM, par l'implantation de l'un de ces piliers « Maintenance Autonome », en vue de l'amélioration de la performance de la 3^{ème} ligne de production de l'entreprise AFIA.

Nous avons aussi eu l'occasion de faire plusieurs formations au sein de l'entreprise AFIA, parmi lesquelles nous citons : une formation en Maintenance autonome et une formation sur les méthodes et outils d'analyse, ce qui constitue un gain considérable pour nous et pour l'entreprise car cette étude se pratique pour la première fois au sein de cette entreprise.

Cela dit, nous avons traité notre projet de fin d'étude intitulé Etablissement d'un système d'amélioration de la performance de production par l'implantation de la « MAINTENANCE AUTONOME » selon deux axes :

- Une Analyse de l'existant, pour éliminer les pertes dues à la machine afin de maximiser le rendement.
- Une maintenance autonome, en établissant ses trois premières étapes afin d'impliquer le personnel à manipuler la machine et la maintenir.

A la fin, nous avons fait une modélisation et simulation du système de production pour prouver l'efficacité de l'implantation de la maintenance autonome. Grâce à cette modélisation, nous avons pu montrer que la diminution des micros-arrêts à travers la maintenance autonome, peut améliorer le taux de performance et donc l'amélioration du taux de rendement global OEE de l'entreprise.

Durant notre stage, nous aurions aimé réaliser l'implantation de toutes les étapes de la MA, mais vu les temps courts, nous n'avons pas pu le faire. Comme perspective, nous incitons l'entreprise à accomplir l'implantation de tous les piliers de l'excellence opérationnelle pour améliorer la performance de production et la gestion de l'entreprise. Pour conclure, la réussite d'une démarche TPM, est conditionnée par un soutien continu de la direction pendant plusieurs années : il ne suffit pas de l'appuyer lors du lancement de la démarche, mais il faut opérer un suivi continu à moyen, voir à long terme, de plus, elle doit être suivie d'une manière stricte et rigoureuse.

ANNEXE A : Les piliers 3 à 8 de la TPM

1. Pilier 3 : Maintenance planifiée

Elle est destinée à disposer les machines et les équipements sans aucun problème produisant des biens sans défaut pour une totale satisfaction du client. Elle est divisée en 4 groupes [12] :

- 1) Maintenance préventive
- 2) Maintenance des pannes
- 3) Maintenance corrective
- 4) Prévention de l'entretien

Avec la maintenance planifiée, on fait évoluer les efforts d'une méthode réactive à une méthode proactive en utilisant le personnel de maintenance formé pour aider à former les opérateurs pour mieux entretenir leur équipement.

Objectifs :

La maintenance planifiée a pour objectif de :

- Zéro panne d'équipement.
- Améliorer la fiabilité et la maintenabilité
- Réduire les coûts de maintenance
- Assurer la disponibilité des pièces de rechange à tout moment

2. Pilier 4 : l'amélioration des compétences et du savoir-faire

Ce pilier vise à avoir des employés polyvalents et dynamiques qui ont un haut moral et sont impatients de venir travailler pour accomplir toutes les tâches requises de manière indépendante et efficace et ceci est réalisé à travers des formations pour les opérateurs.

Objectifs

Les objectifs de ce pilier sont :

- Diminuer les arrêts dus au manque de connaissance et compétences.
- Atteindre l'objectif « zéros pannes » sur les machines critiques.
- Impliquer tout le personnel dans l'amélioration de la performance

Pilier 5 : Contrôle de la qualité et processus

Elle vise à obtenir la meilleure qualité des caractéristiques critiques des produits fabriqués ; en améliorant et faisant maintenir la qualité des équipements, des méthodes et des procédés... [13].

Les principaux objectifs dans l'élaboration de ce pilier sont de :

- Vérifier les normes de caractéristiques de qualité ; comprendre les phénomènes de défaut de performance ;
- Étudier les conditions d'intégration de la qualité, des procédés unitaires et des matières premières, du matériel et des méthodes ;
- Enquêter, analyser et améliorer les conditions de dysfonctionnement ;
- Régler des conditions et fixer les valeurs standards de l'inspection ;
- Créer des normes pouvant être suivies ;
- Gestion des tendances ;
- Mettre en œuvre une analyse PM ;
- Recherche approfondie de l'équipement et de la production « comme il se doit ».

Les actions de la maintenance de la qualité :

- Identification des conditions de fonctionnement liés à la main d'œuvre, aux méthodes, aux matériel et équipements, qui impactent la qualité.
- La mesure des paramètres standards de fonctionnement et la comparaison entre les valeurs obtenues et les valeurs théoriques.
- Détection des probabilités d'apparition des défauts en exploitant les résultats obtenus dans l'étape précédente.
- Adopter les mesures correctives.

3. Pilier 6 : Conception produits et équipements

Il vise à faire la conception des produits faciles à fabriquer et des équipements faciles à utiliser [13]. Dans le cadre de ce pilier, les principaux objectifs à attendre sont :

- Réaliser une disposition d'équipements répondant aux critères du : **pilier 1** (productivité, flexibilité, capabilité, disponibilité, maintenabilité, consommations optimales), **Pilier 2** (réduction des risques de salissures, accessibilités pour les nettoyages et les contrôles, diminution des erreurs) et du **pilier 3** (fiabilité, maintenabilité, prévention, définition de pièces de rechange).
- Réduire les temps de développement et de construction
- Améliorer la rapidité des opérations de maintenance.

4. Pilier 7: TPM des services fonctionnels [13]

La TPM des services fonctionnels doit être suivie pour améliorer la productivité, l'efficacité des fonctions administratives, identifier et éliminer les pertes. Cela comprend l'analyse des processus

et des procédures en vue d'automatisation accrue de la bureautique. Dans le cadre de ce pilier, les principaux objectifs à attendre sont :

- Créer des bureaux efficaces ;
- Atteindre zéro perte de fonction ;
- Mettre en place des fonctions de support de service pour les départements de production.

Parmi les activités effectuées dans le cadre de ce pilier :

- **Activités de maintenance autonome**

1. Premier nettoyage (espace personnel)
2. Inventaire des travaux
3. Contre-mesure pour les problèmes
4. Normalisation
5. Promotion des activités de gestion autonome du travail

- **Amélioration individuelle grâce aux activités du projet**

1. Raccourcissement du calendrier de règlement
2. Amélioration de la distribution
3. Amélioration des achats et de la sous-traitance
4. Réforme du système de contrôle de la production

5. Pilier 8 : sécurité, conditions de travail, environnement

Ce pilier met l'accent sur la création d'un lieu de travail sûr et d'un environnement sécurisé. Ce dernier joue un rôle actif dans chacun des autres piliers [13]. Dans le cadre de ce pilier, les principaux objectifs à attendre sont :

- Zéro accident
- Aucun dommage pour la santé
- Zéro incendie

Parmi les activités effectuées dans le cadre de ce pilier :

- Mesures pour prévenir les accidents.
- Mesures pour améliorer la sécurité des équipements.
- Mesures pour améliorer la sécurité au travail.
- Amélioration de l'environnement de travail (bruit, vibrations et odeurs).
- Mesures de prévention de la pollution.

ANNEXE B : Présentation du groupe SAVOLA

SAVOLA Group Compagnie ; le groupe leader d'investissement stratégique pour les secteurs de l'alimentation et de la distribution dans la région MENA (Middle East, North Africa), basée en Arabie Saoudite.

Par le biais d'entreprises regroupées en deux entités, SAVOLA Food et Savola Retail, ils exploitent désormais près de 205 épiceries et produisent des produits comestibles (huile, sucre, produits laitiers frais) de tous les jours appréciés des consommateurs dans 50 pays.

Elle est classée la 9^{ème} parmi les 100 premières entreprises du marché saoudien et 2^{ème} dans le secteur industriel après SABIC. SAVOLA a récemment inscrit sa division Huiles et Graisses sur le marché boursier saoudien sous le nom d'AFIA International.

I. Présentation de l'entreprise

- Localisation de l'entreprise

Situation géographique de la zone industrielle Hassi Ameur :

Cette zone industrielle est située à environ 11 km à l'Est de la ville d'Oran. Elle longe la route nationale RN 11 Oran/Arzew. La zone est limitée :

- Au Nord-Est, par l'agglomération de Hassi Ben Okba.
- Au Nord et au Nord-Ouest, par les collines de Hassi Ben Okba.
- Au Sud-Est, par l'agglomération de Hassi Ameur.
- A l'Ouest et au Sud-Ouest, par les agglomérations de Douar Kharrouba et de Hassi Bounif.

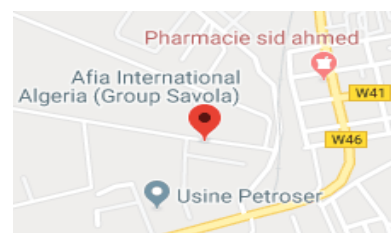


Figure 69:localisation de l'entreprise

Localisation géographique de l'unité AFIA

- Elle est située dans la zone industrielle, Ilot n°68.Rn n°11.Bp 001, Hassi Ameur Oran Algérie, 15 km d'Oran Est.
- On peut prendre le transport urbain de ligne N 02 au niveau de station de bus AFIA

- **L'organigramme de AFIA**

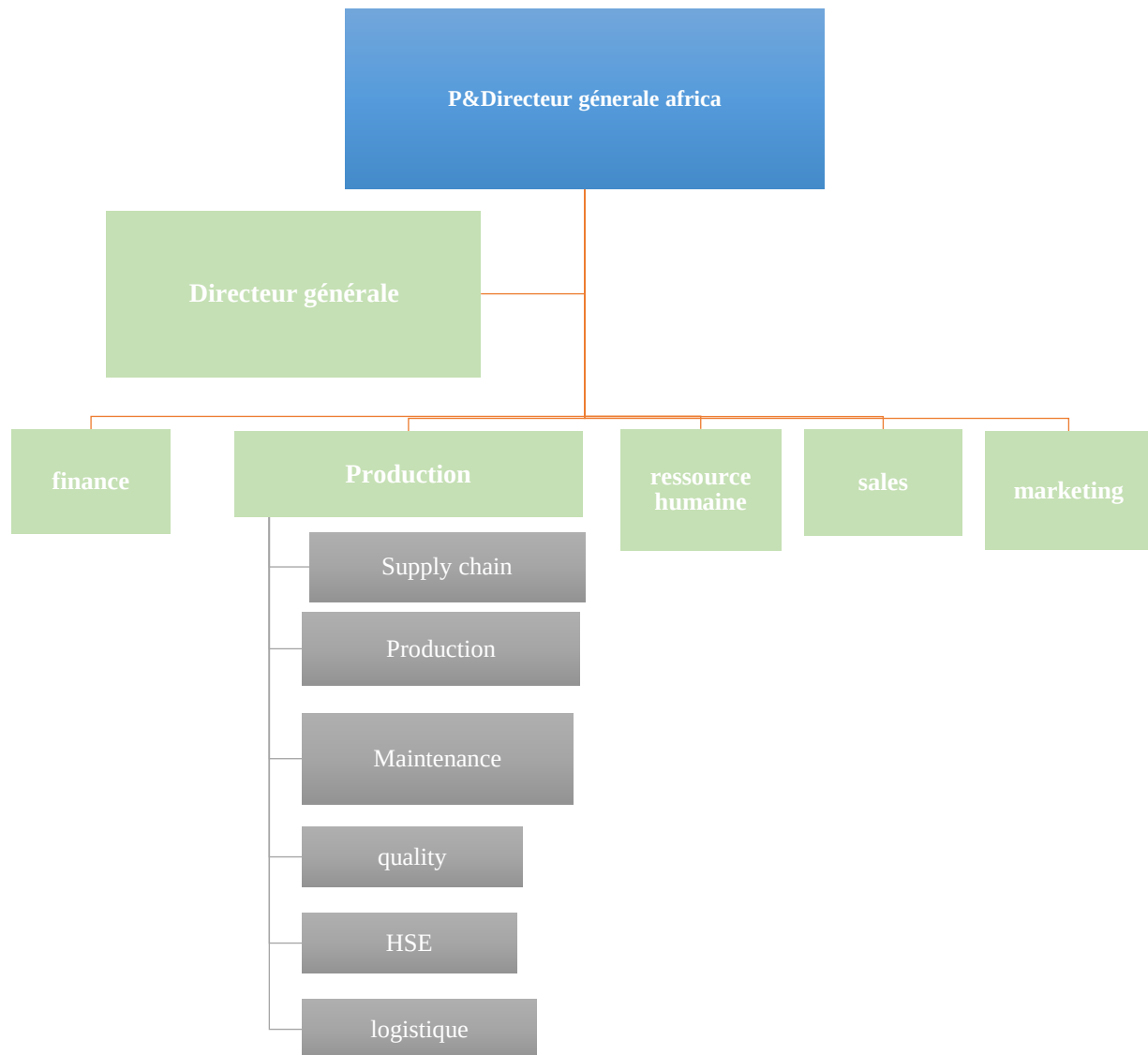


Figure B.2 : L'organigramme de AFIA

Produits de l'entreprise

Produit	Description	Photo
AFIA	Produit phare de l'entreprise. Elle est constituée de : l'huile de soja et l'huile de maïs. Elle est produite en trois formats : 1l, 2l et 5l.	 Figure 70 : les formats d'huile AFIA
Oleor	Elle est constituée d'huile de Soja seulement. Et elle est également produite en trois formats : 1L, 2L et 5L	 Figure 71: format d'huile
AFIA PLUS	Elle est constituée de : huile de soja, huile de Maïs et de tournesol. Elle est produite en 2 formats : 1l et 3.25l	 Figure 72 : format d'huile AFIA PLUS
Huile d'olive :	Le nouveau produit lancé le 1 ^{er} mars 2022.	 Figure 73 : AFIA huile d'olive

Tableau B.1 : Les produits de l'entreprise

Matière première d'huile

- Huile de Soja

L'huile de soja est une huile végétale extraite des graines de soja (*Glycine max*). C'est la deuxième huile végétale la plus consommée.

Elle contient principalement des acides gras insaturés, ce qui la rend bénéfique pour la santé. Elle est riche en graisses polyinsaturées comme les acides gras oméga-3 et oméga-6.

Elle contient aussi une proportion non négligeable d'acide linoléiques (5 à 9%) ce qui provoque une certaine fragilité à chaud, et elle ne contient pas de cholestérol.

- Huile de tournesol

L'huile de tournesol (*Helianthus*) est la quatrième huile végétale la plus demandée dans le commerce mondial à l'heure actuelle en raison de sa large gamme d'adaptabilité et de sa teneur en huile de graines la plus élevée.

Elle est principalement composée d'acide linoléique, un gras polyinsaturé et d'acide oléique, un gras monoinsaturé.

- Huile de MAIS

L'huile de maïs est une huile extraite du germe de maïs. En raison de son agréable goût de noisette, de sa bonne stabilité et de sa popularité dans la fabrication de margarines, l'huile de maïs a longtemps été considérée comme une huile végétale de qualité supérieure.

Son point de fumée élevé fait de l'huile de maïs raffinée une huile de friture précieuse. L'huile de maïs est généralement moins chère que la plupart des autres types d'huiles végétales

Raffinage

Le raffinage est un ensemble d'opérations et de traitements mécaniques et chimiques qui permet de d'améliorer les caractéristiques d'un produit brut pour le transformer en un produit consommable. Pour transformer une huile brute en une huile de table il est nécessaire de :

1- Enlever tous les éléments indésirables dans l'huile brute tels que :

- ✓ Les acides gras libres.
- ✓ Les phospholipides (gommes)
- ✓ Produits d'oxydation
- ✓ Les métaux
- ✓ Les pigments colorants

2-Conservier les vitamines, (vitamine E et les antioxydant naturels)

3-Minimiser les pertes

4-Protèger l'huile contre toutes dégradations.

Les étapes de raffinage

La transformation d'huile brute par raffinage passe par plusieurs étapes :

1-Dégommage

A conditionnement acide ; pour éliminer les gommes et les phospholipides. L'huile brute sera chauffée à 90 °C avec l'acide phosphorique (1 à 3kg/tonne d'huile) avec une concentration de 75 à 85%, pendant 15 à 20 minutes sous agitation.

2-Neutralisation

Acidification : Sert à éliminer les acides gras libres à l'aide de soude caustique (hydroxyde de sodium) avec un taux d'environ 7kg/tonne d'huile ; qui transformera ces derniers en savon.

Lavage : Le savon est éliminé par lavage à l'eau chaude qui doit représenter 7 à 10% d'huile traitée.

Séchage : Ensuite, l'huile est séchée afin d'éliminer l'humidité résiduelle sous un vide de 50 à 80 mbar.

3-Décoloration

La décoloration a pour but d'éliminer les pigments de couleur. L'huile neutralisée est chauffée jusqu'à 100 °C sous vide (50 à 80 mbar). La décoloration se fait ensuite par l'adsorption physique sur une terre décolorante (12kg/tonne d'huile) activée notamment la bentonite.

4-Filtration

Après un temps de séjours de 30 minutes dans le décolorateur, l'huile est passée dans des filtres Niagara pour se débarrasser de la terre décolorante.

5-Désodorisation

La dernière étape de raffinage, consiste à éliminer les substances indésirables présentent dans l'huile traitée car ces derniers affectent négativement l'odeur, la saveur et la stabilité du produit final.

Cette étape est faite par la distillation et l'entraînement des composés volatils sous vide (3 à 5 mbar) à une température environ 230 à 250 °C, avec l'injection de vapeur surchauffée pendant 60 à 90 minutes.

Packaging

Cette étape désigne l'ensemble des techniques de conditionnements et d'emballage d'huile raffinée pour la mettre à la disposition des clients. L'installation de packaging dans AFIA internationale, comprend quatre lignes de production automatisées :

- Ligne 1 : Produit deux types de bouteilles :
 - ⇒ 1L avec une capacité de 100Tonne/jour
 - ⇒ 2L avec une capacité de 120Tonne/jour
- Lignes 2 et 3 : Produisent les bouteilles de 5L avec une capacité de 250Tonne/jour.
- Ligne4 : Produit les bouteilles de 3L.

L'étape de packaging comporte 6 principaux processus de conditionnement et d'emballage :

⇒ **Soufflage**

Cette opération est réalisée à l'aide de la machine souffleuse figure (15) et elle est effectuée en cinq phases :

Phase 01 : Alimentation et chargement des préformes :

Les préformes en PET, contenues dans une trémie alimentée par un élévateur, sont orientées de façon correcte, alignées et ensuite acheminées, à l'aide de glissières métalliques appropriées vers le groupe de chargement préformes de la machine.

Phase 02 : Chauffage des préformes :

Les disques, soutenant chacun une préforme, sont déplacés en translation de façon continue à l'intérieur de six fours de chauffage munis de lampes à rayons infrarouges et d'un système de circulation de l'air. Cette phase permet aux préformes d'atteindre le profil thermique idéal pour la phase suivante d'étirage et de soufflage.

Phase 03 : Transfert :

Le passage de la phase de chauffage à celle de soufflage se fait via un système qui recueille les préformes et les transfère vers la phase de soufflage.

Phase 04 : étirage et soufflage :

Après le cycle de chauffage et le transfert, les préformes atteignent la station d'étirage et de soufflage où la phase de moulage de bouteilles est réalisée (La préforme, fermée dans un moule, est tout d'abord scellée supérieurement et ensuite étirée axialement par l'action combinée d'un souffle d'air comprimé à basse pression (air primaire, environ 10 bar) et d'une tige d'étirage. Dans l'étape suivante, l'air comprimé est introduit à haute pression (air secondaire, environ 40 bar) dans la cavité de soufflage qui sert à façonner de manière définitive la bouteille qui prend ainsi la forme du moule installé sur la machine.

Phase 05 : Déchargement des bouteilles : A la fin du processus d'étirage et de soufflage, les bouteilles retenues par les pinces du dispositif de transfert, sont extraites du moule et envoyées à la Remplisseuse



Figure B.3 : Machine souffleuse

⇒ Remplissage

Une fois les préformes transformées en bouteilles, elles sont transportées avec un convoyeur à l'air pour éviter toute contamination par la poussière, vers la remplisseuse à piston qui adopte une capacité de remplissage selon le volume demandé, avec une haute précision et un réglage pratique. Puis elle met en place les bouchons soit par vissage ou bien par pression selon le type de bouchon.



Figure B.4 : Machine remplisseuse

⇒ Etiquetage

L'étiquetage dépend du type de la bouteille, on distingue deux types :

Rondes : pour les bouteilles rondes (5L, 2L et 1L), où l'étiquette fait un tour complet sur la bouteille et se colle aux extrémités.

Adhésives (autocollantes) : elles sont appliquées par pression sur les deux faces de la bouteille (AFIA plus)



Figure B.5 : Machine étiqueteuse

⇒ **Codage**

La mise en place d'un code sur les bouteilles comprenant : la date de fabrication, l'heure de fabrication, la date d'expiration et le numéro du lot conditionné. Il se fait soit par laser ou par impression.

Ensuite les opérateurs vont mettre en place les poignées de bouteilles manuellement, avant de les transmettre vers la fardeleuse.

⇒ **Fardelage**

Opération de conditionnement qui consiste à regrouper les bouteilles d'huiles individuels en packs afin de leur ajouter une couche d'emballage. Cette étape permet de faciliter leur transport et de réduire les risques de « casse » ...etc. La fardeleuse permet à former des packs de 2, 4 ou 6 bouteilles selon le type et de les couvrir par un film thermo-rétractable caractérisé par sa forte capacité de rétraction qui rend sa mise en place facile et sa protection des bouteilles qui est très performante. Pour les transmettre enfin à travers un four sous forme d'un tunnel. L'opération de fardelage se déroule en quatre étapes successives :

- Le groupage éventuel des bouteilles d'huiles selon des modalités prédéfinies.
- Le poussage des produits ou des groupes de produits vers le film en rideau.
- La pose et la coupe du film de suremballage avec raccordement des deux extrémités.

- Le chauffage du film plastique pour assurer sa rétraction autour des produits ou du carton



Figure B.6 : Machine fardeleuse

⇒ Palettisation et Banderolage

La palettisation est le procédé logistique qui consiste à regrouper la marchandise sur une palette afin d'en unifier la charge et de faciliter son transport par les différents équipements de manutention. Le processus de palettisation comporte deux étapes : **le chargement de la marchandise et sa fixation**. Tout d'abord, il est nécessaire de positionner uniformément tous les fardeaux d'huiles, en les empilant de façon optimale. Une fois cette étape établie, il est primordial de créer une structure compacte qui assure la stabilité de l'ensemble lors des différentes opérations ; pour cela, un film transparent est généralement utilisé. Cette action est connue comme étant le **cerclage** et son objectif est de protéger et de consolider la marchandise.



Figure B.7: Machine palettiseur

Annexe C : Problème module Goblet

Tableau C.1: Problème module Goblet

Problème du module Goblet		Pourquoi 1	Pourquoi 2	Pourquoi 3	Pourquoi 04	Pourquoi 5
1	Dysfonctionnement des capteurs & réflecteurs	Présence poussière sur les capteurs ou réflecteurs	Manque de nettoyage régulier	Manque plan de nettoyage (ou non respecter)	Pas de plan de nettoyage	Absence de plan de nettoyage et check liste d’auto contrôle (Non implantation de la maintenance autonome)
		Problème électrique	Défaillance électrique	Câble - fiche - fixation - pièces Hors service	Entretien et inspection régulière non effectué	
2	Désynchronisation du Goblet	Dysfonctionnement moteur	Moteur défectueux	Problème électrique	Réseau Sonelgaz ou problème interne	
		Réglage mécanique	Manque de fixation et serrage, problème de réglage	Pas de Contrôle et inspection mécanique	Manque de check liste d'auto contrôle	Non implantation de la maintenance autonome
			Usure des pièces	Manque d’entretien selon les recommandations du fournisseur	Plan de maintenance préventif absent ou non respecter.	Pièce de rechange non disponible
						Mauvaise gestion de la maintenance préventive
3	Blocage mécanisme de transfert (vis sans fin, roulement linéaire, bras ouvrant, pince Goblet, bras porte Goblet)	Réglage mécanique	Fixation, serrage, usure pièce, réglage	Pas de Contrôle et inspection mécanique	Absence check liste d’auto contrôle	Non implantation de la maintenance autonome

Annexe D : Problème de four

Tableau D.1 :Problème du four

Problème du four		Pourquoi 1	Pourquoi 2	Pourquoi 3	Pourquoi 04	Pourquoi 05
1	Insuffisance puissance de chauffage	Lampe cassé	Chute préforme	Tournette défectueuse	Plan d'entretien préventif absent ou non respecté	
				Préforme mal positionnée		
		Lampe manquante	Pas d'entretien préventif et manque d'inspection	Plan d'entretien préventif absent ou non respecté	Pièces de rechanges non disponibles	Cout élevé / mauvaise gestion des stocks
					Mauvaise gestion de la maintenance préventive	
		Présence d'impureté	Absence de nettoyage	Absence check liste d'autocontrôle	Non implantation de la maintenance autonome	
2	Dysfonctionnement chaîne tournette	Problème de Synchronisation	Réglage mécanique	Absence du check liste d'autocontrôle ; et plan de maintenance préventif absent ou non respecté (voir cause N°01)	Non implantation de la maintenance autonome et mauvaise gestion de la maintenance préventive	
		Serrage de la chaîne	Pas de serrage			
		Usure tournette	Pas de respect du plan constructeur (changement tournette)			
		Vibration	Pas de serrage et tondage de la chaîne et présence jeu			
3	Dysfonctionnement ventilation	Moteur défectueux	Problème électrique	Plan de maintenance préventive et check liste d'auto contrôle absents ou non respectés	Non implantation de la maintenance autonome	
		Réglage recette	Manque de Formation OP			
4	Problèmes électroniques	Surchauffe armoire électrique	Auto-contrôle des pièces électroniques absent ou non respecté	Absence check liste d'auto contrôle	Non implantation de la maintenance autonome	
		Module de contrôle défectueux				

Annexe E : Problème presse de soufflage

Tableau E.1 : Problème presse de soufflage

Problème de presse de soufflage		Pourquoi 1	Pourquoi 2	Pourquoi 3	Pourquoi 4	Pourquoi 5	Pourquoi 6
1	Pièces défectueuses	Manque d’entretien selon les recommandations du fournisseur	Plan de maintenance préventif n'est pas mis à jour ou non respecter	PRD non disponible	Retard fournisseur / mauvaise gestion des stocks		
				Mauvaise a gestion de la maintenance préventive			
2	Blocage mécanique	Usure de pièces d'articulation	Durée de vie des pièces dépassé	Voir cause N°1			
3	Mauvais réglage	Dysfonctionnement non détecter	Auto contrôle non-effectuer	Absence check liste et plan d’auto contrôle	Non implantation de la maintenance autonome		
		Manque de compétences nécessaire pour faire les réglage	Manque de compétences nécessaire pour le réglage	Manque de formation	Non implantation de la maintenance autonome		
4	Chute des préforme dans la presse	Désynchronisation machine	Pièces défectueuses	Voir cause N°1			
			Mauvais réglages	Voir cause N°3			
5	Éclatement de bouteilles lors de soufflage	Mauvaise qualité des préformes	Qualité fournis par le fournisseur ou conditions de stockage inadéquat	Lot de résines diffère	Selon disponibilité fournisseur	MP non stable chez le fournisseur	
		Mauvaise recette	Recette inadéquate	Réglage opérateur	Manque de qualification opérateur	Manque de formation	Non implantation de la maintenance autonome
6	Dysfonctionnement des capteurs & réflecteurs	Présence de crasse sur les capteurs ou réflecteurs / problème électrique	Manque de nettoyage régulier / défaillance électrique	Manque plan de nettoyage (ou non respecter) / câble - fiche - fixation - pièces Hors service	Entretien et inspection régulière non effectué	Non implantation de la maintenance autonome	
7	Dysfonctionnement process de soufflage	Problème d’électrovanne	Vanne défectueuse	Air humide ou manque d’entretien des vannes	Voir cause N°1 /		
		Présence d’eau dans les clapets de soufflage	Sécheur en panne	Manque d’entretien de sécheur	Plan de maintenance préventif	Mauvaise gestion de la maintenance préventive	

					absent ou non respecté		
		Pression de soufflage instable	Problème de compresseur	Panne compresseurs & des sécheurs	Manque d'entretien des compresseurs	Plan de maintenance préventif non respecté ou absent	Manque de la gestion de la maintenance préventive
				Ou sur consommation des lignes de conditionnement	Pas d'élimination des fuites	Retard des actions correctives	Manque des pièces de rechanges (voir cause N°01)
							Gestion des priorités

Annexe F : Problème Tapis emballage

Tableau F.1: Problème tapis d'emballage

Problème tapis d'emballage		Pourquoi 1	Pourquoi 2	Pourquoi 3	Pourquoi 04
1	Patinage tapis	Présence d'huile	Déversement d'huile	Bouteille troués Convoyeur n'a pas un système d'arrêt	Absence nettoyage régulier
2	Tambour défectueux	Gomme usée	Plan de maintenance préventif absent ou non respecté	Manque de la gestion de la maintenance préventive	
		Usure des organes mécaniques (pignon, arbre, chaîne, pallier)	Manque d'Inspection et autocontrôle	Absence check liste d'autocontrôle	
3	Tapis défectueux	Usure	N'a pas été changé	Plan de maintenance préventif absent ou non respecté	Mauvaise gestion de la MP
		Dimension tapis et qualité tapis	Tapis non originale	Fournisseur	

Annexe G :Problème enroulement film

Tableau G.1 18:Problème enroulement film

Problème enroulement film		Pourquoi 1	Pourquoi 2	Pourquoi 3	Pourquoi 04
1	Film Thermo non adéquat	Épaisseur de film supérieur ou inférieur à la norme	Qualité des bobines des films	Contrôle qualité non effectué	
2	Rouleaux de transfert défectueux	La gomme usée	Usure ordinaire	Manque d'entretien préventif et inspection	Manque ou non-respect du plan préventif
		Réglage	Qualification OP ou techniciens maintenance	Manque de Formation opérateur ou techniciens	Absence de la check liste d'autocontrôle.
3	Problème de coupe	Usure lame	Plan préventif absent ou non respecté		
		Dysfonctionnement embrayage	Réglage mécanique	Qualification techniciens ou opérateurs	Manque de la formation technique
			Problème électrique		
4	Souffleur défectueux	Souffleur bouché	Présence impuretés	Absence plane de nettoyage	Absence du check liste d'autocontrôle
		Manque pression	Mauvais réglage de la pression	Manque de qualification OP	Manque de formation
5	Dysfonctionnement dispositif anti statique	Module hors service	Manque entretien et inspection et auto-contrôle		
		Les barres anti statique défectueuse			
6	Dysfonctionnement arbres ou pignons	Usure mécanique	Manque d'entretien préventif manque d'inspection mécanique	Plan de maintenance préventive absent ou non respecté	PDR non disponible (gestion des stock)
					Mauvaise gestion de la maintenance préventif
7	Dysfonctionnement station porte bobines	Blocage station ou frein station défectueux		Absence check liste d'auto contrôle	

Annexe H :Plans CILT FARDELEUSE

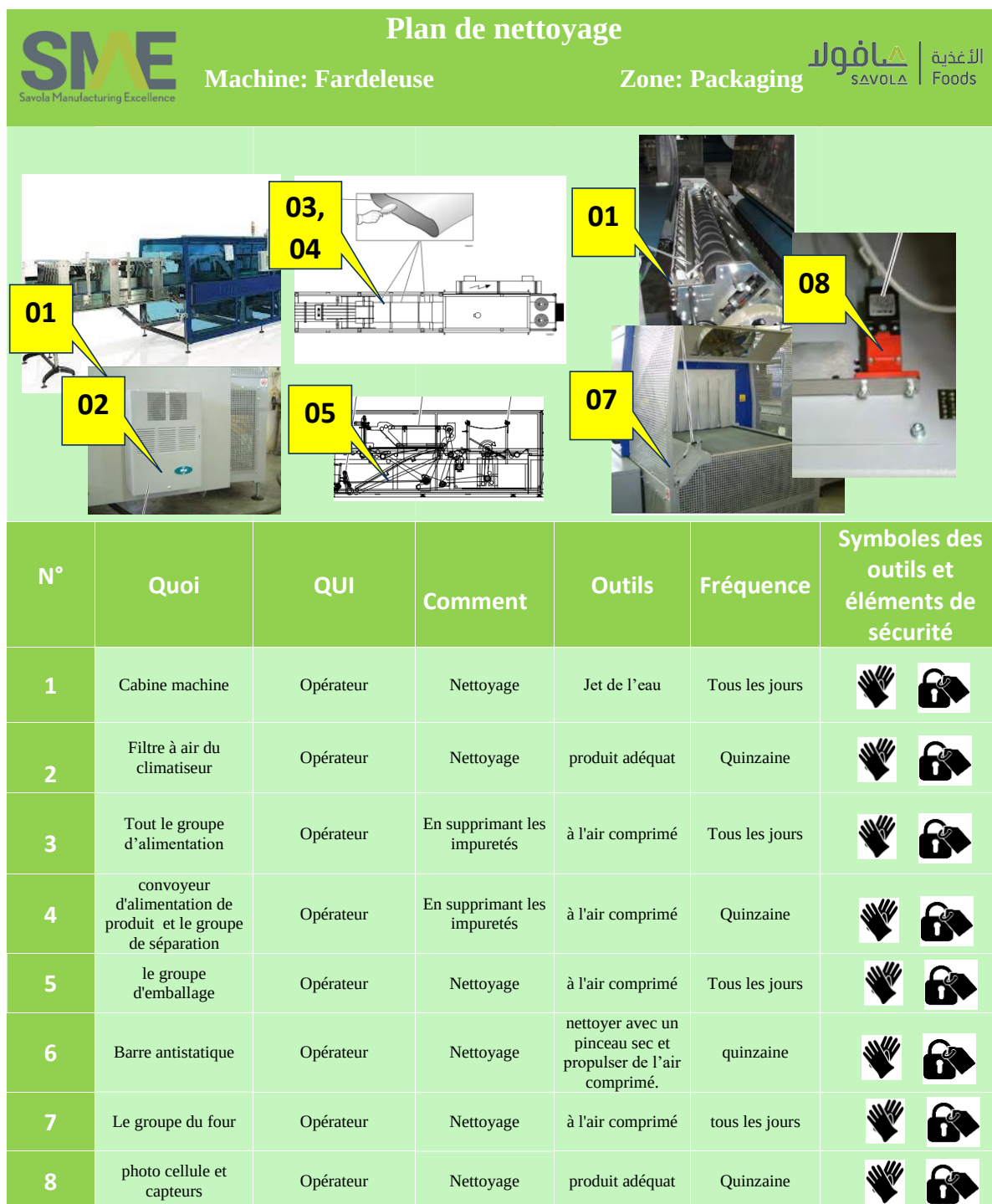
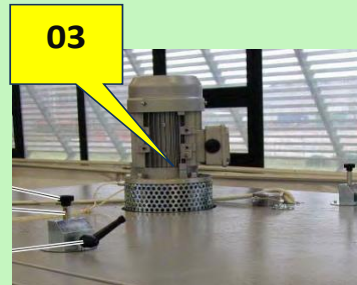
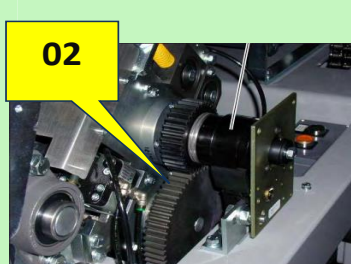
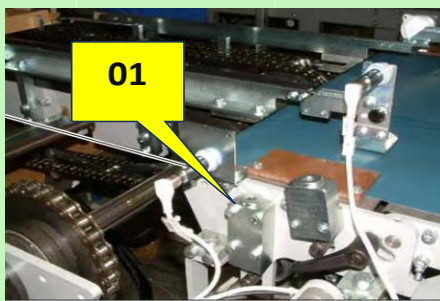
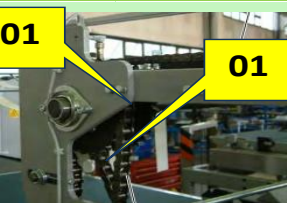
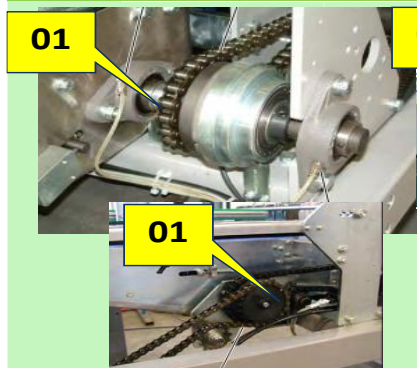


Figure 74:Plan de nettoyage Fardeleuse



N°	Quoi	QUI	Comment	Outils	Fréquence
1	Table de séparation	Opérateur	fixation des boulons	clé	Chaque quinzaine
2	Guide latéraux	opérateur	fixation des boulons	clé	Chaque quinzaine
3	Embrayage	opérateur	fixation des boulons	clé	Chaque semaine
4	Moteur de ventilation	opérateur	fixation des boulons	clé	opérateur



N°	Quoi	QUI	Comment	Outils	Fréquence
1	toutes les chaines de transmission	opérateur	injecter la graisse sur la chaine	produits spéciaux pour chaine en spray	Hebdomadaire
2	pallier	opérateur	injecter la graisse sur les paliers	graisse	Mensuel
3	filtre pompe à graisse	opérateur	injecter la graisse sur les paliers	graisse	Quinzaine

Figure H.1 : Plan de serrage et lubrification Fardeleuse

N°	Quoi	QUI	Comment	Outils	Fréquence
1	contrôle les photos cellule et réflecteurs	opérateur	contrôle de l'état de fonctionnement / serrage / propreté		Tous les jours
2	toutes les chaines de transmission	opérateur	contrôle de la tension / l'usure		chaque mois
3	station porte bobine	opérateur	contrôle fonctionnement des freins / soudeur		chaque mois
4	tapis d'emballage	opérateur	contrôle d'usure et centrage		Hebdomadaire
5	lame de coupe	opérateur	contrôle d'usure		Hebdomadaire
6	courroie	opérateur	contrôle de l'usure		Hebdomadaire

Figure H.2 :Plan inspection

Annexe I:Source de contamination et les endroits inaccessibles

Fardeleuse



Sources de contaminations

Machine: Fardeleuse

Zone: Packaging



الأغذية
Foods

 1  2		
N°	Quoi	Comment procéder
1	Excès de graissage et de lubrifiant	utilisation des outils de lubrification
2	Poussière	fermer les portes
3	présence d'huile sur le convoyeur	ajouter des photos cellules pour automatiser le convoyeur



HARD TO REACH AREA

Machine: Fardeleuse

Zone: Packaging



الأغذية
Foods

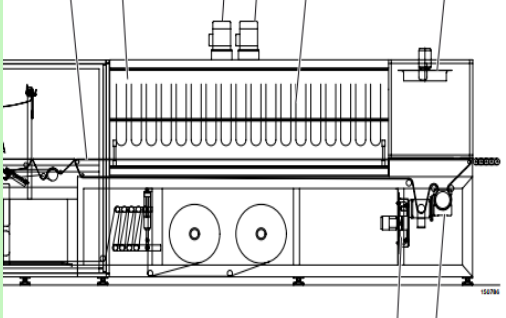
 			
N°	Quoi	Difficile à	Pourquoi ?
1	Four	Contrôler / nettoyer	Espace confiné / température élevée

Figure 75:Source de contamination et HTRA

Annexe J : Modélisation par ARENA

Les bibliothèques utilisées

La bibliothèque packaging

Nous avons utilisé les modules : **Valve, Tank, machine, convoyeur, palletizer, Label.**

Valve et Tank : (soupape et réservoir) : modules de modélisation des contraintes fluides des opérations de remplissage.

Machine : pour modéliser les composants physiques d'une ligne où le traitement réel ou la conversion d'unités a eu lieu.

Convoyeur : pour modéliser les convoyeurs d'accumulation entre les machines où les unités sont transférées et tamponnées.

Palettizer : des modules pour modéliser les composants physiques d'une ligne où des unités sont stockées ou retirées de palettes.

Label : un module pour étiqueter une partie particulière de la logique du modèle, moyennant quoi des entités discrètes qui peuvent être facilement envoyées à l'étiquette à partir d'autres emplacements dans le modèle.

Action : module pour effectuer des actions sur un système à grande vitesse (par exemple : modifier les vitesses de fonctionnement des machines, régler les vannes, ajouter des palettes à un stockage, etc.) en utilisant des entités discrètes et une logique.

Simulate : (simuler) : module pour les options de modèle avancées (par exemple : les unités de mesure et les commutateurs de collecte de statistiques).

La bibliothèque Advanced process

Dans cette bibliothèque nous avons utilisé les modules : **Seize, Delay, Release, Dispose :**

Seize : Le module Seize alloue des unités d'une ou plusieurs ressources à une entité

Delay : Le module Delay retarde une entité d'une durée spécifiée. Lorsqu'une entité arrive à un module Delay, l'expression de délai est évaluée et l'entité reste dans le module pendant la période de temps résultante. Le temps est ensuite attribué à la valeur ajoutée.

Release : Le module Release est utilisé pour libérer des unités d'une ressource qu'une entité a précédemment saisies.

Dispose : Ce module est conçu comme point final pour les entités dans un modèle de simulation

Annexe K : Calcul OEE

Avec la diminution de nombre d'arrêts à 25% :

- Taux de performance :

$$P = \frac{\text{unités produites}}{\text{temps opérationnel} \times \text{temps de cycle standard}} \times 100$$

Tel que :

Unités produites = 6978 palettes = 1339776 bidons

Temps total = 28 jours

Temps d'arrêts février = 68 heures => avec une diminution de 25% => temps d'arrêts = 51 heures

Temps planifié = 86 heures

Temps de cycle standard de la ligne = 3400 heures

$$\text{Temps opérationnel} = \text{totale time} - \text{temps planifié} - \text{temps d'arrêts}$$

$$\text{Temps opérationnel} = 28 \times 24 \text{h} - 86 \text{h} - 51 \text{h} = 535 \text{h}$$

Donc :

$$\text{Performance} = 73.65\%$$

- Taux de disponibilité :

$$\text{Disponibilité} = \frac{\text{temps opérationnel}}{\text{temps de disponibilité}} \times 100$$

$$\text{Temps de disponibilité} = \text{temps totale} - \text{temps planifié}$$

$$\text{Temps de disponibilité} = 586 \text{h}$$

D'où :

$$\text{Disponibilité} = 91.30\%$$

- **Taux de la qualité :**

Pour le calcul du taux de la qualité , on a besoin des données illustrés dans la figure 86 .

Total Good Units Produced	
	Value
Palletizer	1339776,00
Total Units Processed	
	Value
Palletizer	1350580,00
Activity Counter	
Total Units Lost	
	Value
Palletizer	10804,00

Figure K.1 :données nécessaires pour le calcul du taux de la qualité

Finalement :

Taux de qualité =99.2%

OEE= 66.7%

⇒ Nous remarquons qu'avec la diminution de 25% des micros-arrêts, l'OEE a augmenté de 63% à 66%.

De la même façon, nous avons calculé l'OEE avec une diminution de 50% des micros-arrêts et on a trouvé les résultats suivants :

- **La performance=75.06%**
- **La disponibilité =94.19%**
- **La qualité = 99.42%**

Total Good Units Produced	
	Value
Palletizer	1417115,00
Total Units Lost	
	Value
Palletizer	8256,00
Total Units Processed	
	Value
Palletizer	1408896,00

Figure K.2 :Données nécessaires pour le calcul du taux de la qualité

OEE=70.2%

⇒ Avec la diminution de 50% des arrêts le OEE a augmenté à 69.91%

Bibliography

- [1] ["/ http://www.se2t-france.com/pdf/normefdx60000.pdf."](http://www.se2t-france.com/pdf/normefdx60000.pdf)
- [2] ["https://hubertfaigner.fr/wp-content/uploads/2020/08/Organisation-de-Maintenance-Cours-Etudiant-a-Remplir.pdf ."](https://hubertfaigner.fr/wp-content/uploads/2020/08/Organisation-de-Maintenance-Cours-Etudiant-a-Remplir.pdf)
- [3] *François Monchy et Jean-Pierre Vernier, « MAINTENANCE Méthodes et organisations ». Edition d'usine nouvelle, Dunod, 2010.*
- [4] Jean. Bufferne, *Le guide de la TPM, total productive maintenance*. Éditions d'Organisation, 2006.
- [5] ["http://www.graczyk.fr/lycee/IMG/pdf/09-10_ATI2_OI_Cours_Maintenance_CH2.pdf."](http://www.graczyk.fr/lycee/IMG/pdf/09-10_ATI2_OI_Cours_Maintenance_CH2.pdf)
- [6] T. K. Agustiady and E. A. Cudney, "Strategies and Implementation Guide."
- [7] ["https://www.ordinal.fr/fr/performance-industrielle-trs-oe-kpi.htm ."](https://www.ordinal.fr/fr/performance-industrielle-trs-oe-kpi.htm)
- [8] ["https://www.kpi-trs.com/calcul-du-trs ."](https://www.kpi-trs.com/calcul-du-trs)
- [9] "System and Tools in Step 2 38."
- [10] "ME-PM-RG-01 PM Reference Guide".
- [11] "System and Tools in Step 2 38."
- [12] "USER'S GUIDE Arena ®," 2019. [Online]. Available: <http://www.rockwellautomation.com/support/>
- [13] A. Wadood, "CII INSTITUTE OF QUALITY," 2021.

Résumé:

Notre projet de fin d'étude s'est déroulé à la société AFIA INTERNATIONALE, une entreprise spécialisée dans la production d'huile de table. Notre mission était de faire l'implantation de la maintenance autonome pour améliorer la performance de la productivité de l'entreprise.

Dans la première partie de ce manuscrit, nous avons décrit les concepts de base et les différentes méthode et outils de la maintenance industrielle et de la Maintenance Productive Totale (TPM). Dans la seconde partie, nous avons d'abord présenté l'organisme d'accueil, ensuite nous avons fait une analyse du système de production en calculant l'OEE pour choisir la ligne la moins performante et en utilisant les différentes méthodes d'analyses pour déterminer les causes racines des problèmes d'arrêts. Ensuite, nous avons procédé à l'implantation des trois premières étapes de la maintenance autonome dont les résultats ont été examiné via la simulation du système étudié sur ARENA en deux temps. D'abord, avec des micros-arrêts réels, en suite, avec une diminution de 25% à 50% de cette dernière. Finalement, nous avons fait une analyse et une interprétation des résultats pour pouvoir prouver la fiabilité et l'efficacité de la maintenance autonome.

MOTS-CLES: Maintenance autonome, Modélisation, Simulation, TPM, micros-arrêts.

Abstract:

Our end-of-study project took place at AFIA INTERNATIONALE, a company specializing in the production of edible oil. Our mission was to implement autonomous maintenance to improve the performance of the company's productivity.

In the first section of this manuscript, we described the basic concepts and the different methods and tools of Industrial Maintenance and Total Productive Maintenance (TPM). In the second section, we first presented the host organization, then we made an analysis of the production system by calculating the OEE to choose the least efficient line using different analysis methods to determine the root causes of the stoppage problems. In the next section, we carried out the implementation of the first three stages of autonomous maintenance, the results of which were examined via the simulation of the system examined on ARENA in two stages. First, with real micro-stops, then with a decrease of 25% to 50% of the latter. Finally, in the last section, we analyzed and interpreted the results in order to prove the reliability and efficiency of autonomous maintenance.

KEYWORDS: Autonomous Maintenance, Modeling, Simulation, TPM, micro-stops

ملخص

قمنا بتنفيذ مشروعنا النهائي على مستوى الشركة العالمية عافيا. شركة متخصصة في انتاج زيت المائدة. مهمتنا كانت تشمل تنفيذ الصيانة المستقلة من اجل تحسين أداء إنتاجية الشركة.

في القسم الأول من هذه المذكرة، قمنا بوصف المفاهيم الأساسية مع الأساليب والأدوات المختلفة للصيانة الصناعية والصيانة الإنتاجية الشاملة. في الجزء الثاني، أولا قدمنا لمحة توضيحية عن الشركة، بعدها قمنا بتحليل نظام الإنتاج بحساب الفعالية الشاملة للأجهزة من اجل اختيار خط الإنتاج الأقل فعالية باستخدام مختلف طرق التحليل لتحديد الأسباب الجذرية للتوقف. بعدها طبقنا اول ثلاث مراحل الصيانة المستقلة، ثم قمنا بمحاكاة خط الإنتاج بمرحلتين أولا مع التوقفات الجزئية الحقيقية المسجلة للنظام، ثانيا مع تخفيض هذه التوقفات بنسبة 25 الى 50 بالمئة. في الأخير قمنا بتحليل وتفسير النتائج لإثبات موثوقية وكفاءة الصيانة المستقلة.

الكلمات المفتاحية: الصيانة المستقلة، تصميم، محاكاة، الصيانة الإنتاجية الشاملة، التوقفات الجزئية.