



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية العليا للتكنولوجيا والهندسة - عنابة

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE TECHNOLOGIE ET D'INGENIERIE - ANNABA

Département Génie Industriel

MEMOIRE

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

Domaine : Science et Technologie

Filière : Génie Industriel

Spécialité : Maintenance et Fiabilité des Systèmes Industriels

Présenté par

FADEL MOHAMED EL FATEH

BATTATE BOCHRA

DÉVELOPPEMENT D'UN SYSTÈME DE MAINTENANCE PRÉDICTIVE POUR UNE LIGNE DE PRODUCTION INDUSTRIELLE

Encadré par

Dr. Tarek KEBABSA

Co-Encadrant

Dr. KHELIFA Nouredine

ENSTI Annaba

Membres du jury :

Pr. Messaoud DJEGHABA

Président

ENSTI Annaba

Dr. Mohamed DJEMANA

Examineur

ENSTI Annaba

Dr. Amar AYAD

Examineur

ENSTI Annaba

Remerciements

Avant tout, nous remercions ALLAH le tout puissant de nous avoir accordé la volonté, la patience, le courage, la santé et tous les moyens, durant les années d'études et nous avoir permis de réaliser ce modeste travail.

Nous voudrions remercier, notre directeur de mémoire Mr. Kebabsa Tarek, professeur d'enseignement à l'école national supérieur de technologie d'ingénierie ANNABA, qui a bien voulu assurer la direction de notre recherche, pour sa patience, sa disponibilité, et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion.

Nous remercions également toute l'équipe pédagogique de l'école national supérieur d'ingénierie et de technologie de ANNABA et les intervenants professionnels responsables de notre formation.

Nous tenons à remercier aussi les membres du jury pour leur présence, pour leur lecture attentive de notre mémoire de fin d'études.

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de notre mémoire de fin d'études.

À tous, nous présentons nos remerciements, notre respect et notre gratitude.

Dédicaces

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect et la reconnaissance.

Je dédie ce mémoire de fin d'études à...

À ma très chère mère, à une personne qui m'a tout donné sans compter, mon précieux offre de dieu, pour ses sacrifices, à qui je dois ma vie, ma réussite et tout mon respect, la flamme de ma vie, la lumière qui m'a guidé vers le bon chemin, qui a toute fait pour ma réussite et pour sa douceur et ses encouragements.

À mon père, Tu as toujours été pour moi un exemple du père respectueux, honnête, de la personne méticuleuse, je tiens à honorer l'homme que tu es. Grâce à toi lemaalem j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je voudrais te remercier pour ton amour, ta générosité, ta compréhension... Ton soutien fut une lumière dans tout mon parcours. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour toi. Ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices que tu as déployés pour mon éducation et ma formation. Je t'aime papa et j'implore le tout-puissant pour qu'il t'accorde une bonne santé et une vie longue et heureuse.

À mon frère Oualid Fadel, à Benlakehal Walid et Youcef Hemadou, les expériences et la collaboration partagées avec eux m'ont permis d'acquérir une précieuse expertise dans le domaine du génie industriel. Leur professionnalisme, leur savoir-faire et leur patience ont été essentiels pour mon apprentissage et ma progression au sein de ces entreprises. J'ai eu la chance d'observer et de participer à des projets concrets, ce qui m'a permis d'appliquer mes connaissances théoriques et de développer mes compétences pratiques. Je suis reconnaissante envers chaque membre de ces équipes, qui m'ont fait confiance et m'ont offert l'opportunité de me développer professionnellement.

Aux « apes together strong » ensemble, nous sommes plus forts. Votre amitié est un pilier solide et indéfectible. Chaque moment partagé, chaque rire et chaque défi surmonté ensemble renforcent notre lien unique. Continuons à avancer,

*À mon binôme **BATTATE BOCHRA**.*

Sans vous, je ne suis rien, mais grâce à vous, je deviens un ingénieur.

FATEH

À mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

À mes chères sœurs et mon frère pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

*À mon binôme **Fadel Mohamed El FATEH**, merci d'être le meilleur binôme.*

À mes collègues, génie industriel promo 2021 /2024

*À mes chers amies **insaf assala nesrine et bochra**,, pour leurs appuis et leur encouragement,*

*La famille **muhandis** Pour leur soutien, vous êtes les meilleurs,*

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible,

Merci d'être toujours là pour moi.

Bochra

ملخص

لقد أسفر هذا البحث لنيل شهادة نهاية الدراسة عن تنفيذ نظام صيانة تنبؤية فعال لخط الإنتاج، وخاصة خط إنتاج، مما أدى إلى تحسينات كبيرة في مجال الموثوقية وسهولة الصيانة والتوافر. بالإضافة إلى ذلك، كان لتطوير واجهة المستخدم وبروتوكول الصيانة وخطة الصيانة المخصصة للفنيين دوراً حاسماً في تقليل الأعطال وتحسين عمليات الصيانة. في المستقبل، نعتزم الاستمرار في تحسين هذا النظام وتوسيعه ليشمل آلات أخرى داخل خط الإنتاج.

الكلمات المفتاحية: الصيانة التنبؤية، واجهة المستخدم، بروتوكول الصيانة، موثوقية المعدات .

Résumé

Ce mémoire de fin d'études a abouti à la mise en œuvre d'un système de maintenance prédictive performant pour la ligne de production, notamment pour la ligne SMT. Ce système a permis des améliorations significatives en termes de fiabilité, de maintenabilité et de disponibilité. De plus, le développement d'une interface utilisateur, d'un protocole de maintenance et d'un plan de maintenance dédié aux techniciens a joué un rôle crucial dans la réduction des pannes et l'optimisation des processus de maintenance. À l'avenir, nous prévoyons de continuer à perfectionner ce système et de l'étendre à d'autres machines de la ligne de production.

Mot clé : Maintenance prédictive, Interface utilisateur, Protocole de maintenance, Fiabilité des équipements

Abstract

This memory resulted in the implementation of an efficient predictive maintenance system for the production line, particularly for the SMT line. This system has led to significant improvements in reliability, maintainability, and availability. Additionally, the development of a user interface, a maintenance protocol, and a dedicated maintenance plan for technicians has played a crucial role in reducing breakdowns and optimizing maintenance processes. In the future, we plan to continue refining this system and extending it to other machines in the production line.

Keywords: Predictive maintenance, User interface, Maintenance protocol, Equipment reliability.

Table des abréviations

Abréviations	Désignation
SMD	Surface Mount Device
SMT	Surface Mount Technologie
FMD	Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité
AOI	Automatique Optical inspection
SPI	Solder paste inspection
PCB	Printed carte board
CTA	Centrale de Traitement d’Air
GEG	Groupe Eau Glacée
ESD	Electrostatique Décharge
MTBF	Moyenne temps de bonne fonctionnement
PSI	Livres par pouce carré (Pound per square inch)
MTTR	Moyenne temps de réparation

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 :CRITICITE DES EQUIPEMENTS.....	14
TABLEAU 2 :EQUIPEMENTS CRITIQUE	14
TABLEAU 3 :ANALYSE DE PARETO	15
TABLEAU 4 :PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIF POUR LA BROCHE	30
TABLEAU 5 :PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIF POUR LA BUSE	30
TABLEAU 6 :PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIF POUR L'ALIMENTATEUR	31

LISTE DE FIGURE

FIG I. 1 : SITE REFRIGERATEUR.....	5
FIG I. 2 : SITE MACHINES A LAVER	5
FIG I. 3 : SITE TV	6
FIG III. 1 : (A) LIGNE D'ASSEMBLAGE SMD, (B) PHOTO REELLE DE LIGNE.....	12
FIG III. 2 : SMD PROCESSUS.....	13
FIG III. 3 : DIAGRAMME DE PARETO	16
FIG III. 4 : GRAPHE EN NOMBRE DE PANNES 'AMELIORATION DE LA FIABILITE	16
FIG III. 5 : GRAPHE EN T TEMPS D'ARRET 'AMELIORATION DE LA MAINTENABILITE.....	17
FIG III. 6 : LA TETE DE PLACEMENT, (B) : PHOTO REELLE.....	18
FIG III. 7 : LA BROCHE, (B) : PHOTO REEL.....	18
FIG III. 8 : LA BUSE	19
FIG III. 9 : L'ALIMENTATEUR (THE FEEDER)	19
FIG III. 10 : GRAPH DE FIABILITE (1)	21
FIG III. 11 : GRAPH DE FIABILITE (2)	22
FIG IV. 1 : ORGANISATION DU CONTENU	25
FIG IV. 2 : UTILISATION DE CUSTOMTKINTER.....	25
FIG IV. 3 : (A) L'INTERFACE DE TESTEUR DE BROCHES, (B) TESTEUR DE BROCHES	26
FIG IV. 4 : PARAMETRE DE VIDE/AIRKISS	26
FIG IV. 5 : CALIBRATION DES BROCHES.....	27
FIG IV. 6 : (A) UNE BUSE ENDOMMAGEE, (B) L'INTERFACE DE FUZION, (C) UNE BONNE BUSE.....	28
FIG IV. 7 : NETTOYAGE DE L'ALIMENTATEUR	29
FIG IV. 8 : (A) ALIMENTATEUR DEMONTE, (B) VERIFICATION DE MECANISME DE L'ALIMENTATEUR	29
FIG IV. 9 : L'INTERFACE DE FUZION POUR REFAIRE L'APPRENTISSAGE	29

Sommaire

<i>Remerciements</i>	i
<i>Dédicaces</i>	ii
<i>ملخص</i>	iv
Résumé	iv
Abstract	iv
Table des abréviations	v
LISTE DES TABLEAUX	vi
LISTE DE FIGURE	vii
Sommaire	viii
Introduction générale.....	1
Chapitre I : Présentation de SPA SINOVA HOME APPLIANCE	3
I.1. INTRODUCTION	4
I.2. Historique de l'industrie HOME APPLIANCE.....	4
I.3. En Algérie.....	4
I.4. Présentation de SPA SINOVA HOME APPLIANCE	4
I.4.1. Réfrigérateur	5
I.4.2. Machines à laver.....	5
I.4.3. Téléviseurs.....	5
I.5. Problématique.....	6
I.6. Conclusion	6
.....	7
Chapitre II : Etat de L'art	7
II.1. Introduction :	8
II.2. Synthèse bibliographique	8
II.3. Conclusion :	10
Chapitre III : Identification et Optimisation des Machines Critiques à l'aide de l'Approche FMD et de l'Analyse de Pareto.....	11
III.1. Introduction.....	12
III.2. Composants Montés en Surface (SMD).....	12
III.3. SMD processus	12
Remarque :	12
III.4. Classification des équipements par ordre de criticité	13
III.4.1 Classements des machines	13
III.4.2 Détermination des équipements critiques.....	13

III.4.3 Criticité des équipements :	14
III.4.4 DISPONIBILITE	14
III.4.5 MAINTENABILITE	14
III.4.6 Equipements critiques	14
III.4.7 Les machines critiques choisies par l'analyse.....	15
III.5. Utilisation des graphes de Pareto	15
III.5.1 L'analyse de PARETO :	15
III.5.2 Graphe en nombre de panne	16
III.5.3 Graphe en fonction temps d'arrêt.....	16
III.5.4 Interprétation des résultats.....	17
III.6. Fuzion LX 120.....	17
III.6.1 Définition :	17
III.6.2 Les composants de FUZION :	17
III.7. Concept FMD :	20
III.7.1 Indicateur de fiabilité (λ) et MFBT :	20
III.7.2 Modèle Exponentiel	20
III.7.3 Modèle weibull	21
III.7.4 Indicateur de maintenabilité (μ) et MTTR :	22
III.7.5 La disponibilité :	22
III.8. Conclusion :	22
Chapitre IV : Optimisation des protocole et plans de maintenance : Conception de mise en Œuvre	23
IV.1. Introduction.....	24
IV.2. Présentation de l'interface.....	24
IV.2.1 Les objectives de l'interface	24
IV.2.2 Technologies Utilisées	24
IV.2.3 Développement de l'Interface	25
a. Configuration l'environnement de développement	25
b. Développement des Modules	25
c. Développement des Classes et Fonctions :	25
IV.3. Protocol de maintenance	25
IV.3.1 La broche (The spindle)	25
a. Problème de VIDE (VACUUM)/AIRKISS	25
b. Problème Thêta	26
c. Problème calibration	27
d. Rejeter les composants dans la tête de broche	27

e. Problème de carte	28
IV.3.2 La buse (The nozzle)	28
IV.3.3 Alimentateur (The feeder)	28
IV.4. Plan de maintenance	30
IV.4.1 La broche (The spindle)	30
IV.4.2 La buse (The nozzle)	30
IV.4.3 L'alimentateur (The feeder)	31
IV.5. Conclusion	31
Conclusion générale	32
Références bibliographique	33

Dans le monde actuel, où l'efficacité de la production industrielle est une priorité absolue, l'optimisation des processus de maintenance est devenue une nécessité incontournable. Imaginez un atelier où les machines fonctionnent sans interruption, où les réparations se font en un clin d'œil, et où la production atteint constamment ses objectifs. Cette vision, autrefois utopique, devient réalité grâce à l'intégration des technologies informatiques et de la programmation dans la maintenance industrielle.

Ce projet de fin d'études s'inscrit parfaitement dans cette dynamique. Il vise à développer un système de maintenance prédictive pour une ligne de production spécialisée dans le domaine de la technique de montage en surface (**SMT**). Le défi majeur est d'augmenter le temps de production en réduisant les pannes, en minimisant les pertes de composants électroniques dans le processus de montage en surface (**SMD**), et en optimisant le temps consacré aux interventions de maintenance.

Le travail est structuré de la manière suivante :

Premier chapitre : Il fournit une vue d'ensemble de l'entreprise SPA SINOVA HOME APPLIANCE, en détaillant son historique, ses produits et ses processus de production. Une attention particulière sera portée sur la ligne de production **SMT**, son importance stratégique et les défis qu'elle rencontre actuellement.

Deuxième chapitre : Il présente une étude de synthèse bibliographique de plusieurs travaux de recherche sur les différents outils d'analyse, que ce soit les outils de diagnostic ou de surveillance dans la politique de maintenance industrielle et leurs applications dans l'industrie, suivie par des techniques d'analyse utilisées spécialement dans la maintenance prédictive, en se basant sur une revue de la littérature et des études de cas.

Troisième chapitre : Après un rappel des notions de l'approche FMD (fiabilité, maintenabilité et disponibilité) dans le contexte mécanique, nous présentons les bases théoriques de cette approche et ses propriétés. Ces méthodes d'analyses seront utilisées pour l'analyse de Pareto, permettant d'identifier la machine la plus critique, la FUZION LX 120, et d'évaluer ses performances. Cette analyse nous permettra de cibler précisément les interventions nécessaires pour optimiser le temps de production.

Quatrième chapitre : Nous présentons les résultats concrets de ce projet, avec le développement d'une interface utilisateur destinée à aider les techniciens de maintenance, ainsi que l'élaboration d'un protocole et d'un plan de maintenance. Ces outils viseront à réduire les pannes, minimiser les pertes de composants électroniques et rationaliser le temps consacré à la maintenance.

Le mémoire PFE est clôturé par une conclusion générale qui démontre l'importance de l'optimisation des processus de maintenance dans l'industrie, particulièrement pour la ligne SMT. Par une analyse méthodique et une exploration des meilleures pratiques technologiques, nous avons ciblé les facteurs critiques de pannes et proposé des solutions concrètes, incluant le développement d'une interface utilisateur intuitive et un plan de maintenance structuré.

Chapitre I : Présentation de SPA SINOVA HOME APPLIANCE

I.1. INTRODUCTION

Le secteur des appareils électroménagers, communément désigné sous le nom de "Home Appliance", a connu une évolution significative au fil du temps, devenant un domaine essentiel pour répondre aux besoins croissants des consommateurs en matière de confort, d'efficacité et de style de vie contemporain. Dans ce paysage en constante évolution, Sinova Home Appliance s'est démarquée en tant qu'acteur majeur grâce à son engagement envers l'innovation et la qualité.

Dans ce chapitre, nous allons présenter SPA SINOVA HOME APPLIANCE de Sétif, où nous effectuons notre stage de **PFE**. Ce chapitre abordera en détail l'histoire de Sinova Home Appliance, son emplacement à Sétif ainsi que ses installations de production. Nous examinerons également les produits les plus populaires de l'entreprise qui ont contribué à son succès sur les marchés locaux et internationaux.

I.2. Historique de l'industrie HOME APPLIANCE

L'histoire de l'industrie des appareils électroménagers, communément désignée sous le nom de "Home Appliance", représente une véritable révolution dans la vie quotidienne. Depuis ses débuts au début du XXe siècle, cette industrie a subi une transformation spectaculaire qui a profondément modifié le mode de vie des ménages à travers le monde.

I.3. En Algérie

L'industrie de l'électroménager en Algérie a enregistré une croissance significative ces dernières années, stimulée par une demande croissante des ménages et l'entrée de nouveaux acteurs sur le marché. Bien que la production locale ait progressé, le pays demeure également tributaire des importations. Les principaux défis incluent la concurrence internationale, l'accès au financement et la nécessité de renforcer la recherche et le développement.

I.4. Présentation de SPA SINOVA HOME APPLIANCE

Au cœur de Sétif, une ville dynamique d'Algérie, Sinova Home Appliance s'est distinguée dans le secteur de l'électroménager depuis son établissement le 26 mai 2021. Installée à City Ain Tbinet, Groupement Immobilier 52 Logts, Section 312, Grp N1, Sinova se consacre avec passion à la conception, à la production et à la distribution d'appareils ménagers essentiels.

La collaboration stratégique avec Samsung Electronics Algérie a été cruciale pour l'implantation de trois usines spécialisées à Sétif, chacune axée sur une gamme de produits distincte, affichant des taux d'intégration remarquables.

I.4.1. Réfrigérateur



Fig I. 1 : Site réfrigérateur

La première usine est renommée pour ses réfrigérateurs, qui affichent un taux d'intégration de 60% à 70% alliant un design novateur à une fiabilité exceptionnelle.

I.4.2. Machines à laver

La deuxième usine fabrique des machines à laver, offrant un taux d'intégration pouvant atteindre 40%, conçues pour répondre efficacement et durablement aux divers besoins des consommateurs.



Fig I. 2 : Site machines à laver

I.4.3. Téléviseurs

La troisième usine se spécialise dans la fabrication de téléviseurs, proposant des produits affichant un taux d'intégration de 15% à 20 %, offrant une qualité visuelle supérieure adaptée à chaque foyer algérien. Avec pour ambition de porter le taux d'intégration dans la production de

climatiseurs à 30% à 40 %, Sinova vise à renforcer sa position dans l'industrie de l'électroménager.



Fig I. 3 : Site TV

I.5. Problématique

Imaginez des machines qui ne tombent presque jamais en panne, des réparations effectuées rapidement et une production fonctionnant à plein régime : c'est précisément ce que nous promet l'intégration des technologies informatiques, telles que la programmation, dans les processus de maintenance industrielle.

Actuellement, notre principal défi est d'optimiser le temps de production. Pour y parvenir, nous devons réduire les pannes, minimiser les pertes de composants électroniques dans le processus SMD et rationaliser le temps consacré à la maintenance.

I.6. Conclusion

L'engagement de Sinova envers la qualité, l'innovation et la durabilité transparaît clairement à travers ses installations modernes et ses alliances stratégiques. Ces éléments lui permettent de répondre à la demande croissante du marché algérien et de stimuler le développement de l'industrie locale. En conséquence, Sinova s'affirme comme un acteur essentiel dans l'évolution de l'industrie des appareils électroménagers en Algérie.

En conclusion, Sinova, en partenariat avec Samsung Electronics Algérie, offre aux étudiants une expérience unique pour s'immerger dans un secteur en plein essor. Ce cadre stimulant permet aux stagiaires de développer des compétences pratiques, contribuant ainsi à la croissance et au succès continu de Sinova.

Chapitre II : Etat de L'art

II.1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous entreprenons une analyse approfondie des publications scientifiques portant sur les techniques de détection des pertes de composants par les machines de placement. Nous soulignons l'importance cruciale de la programmation dans l'optimisation de ces processus. La programmation, combinée à l'intégration de réseaux intelligents, joue un rôle déterminant dans la simplification de la maintenance, notamment dans une approche prédictive. Nous examinons ses applications pratiques, ses processus et ses objectifs en matière de maintenance préventive et prédictive. Par ailleurs, les chercheurs s'efforcent d'améliorer les méthodes de détection des défauts afin de renforcer la fiabilité des machines de placement de composants. Cette section résume diverses études, mettant en évidence les méthodes variées utilisées pour diagnostiquer les anomalies identifiées.

II.2. Synthèse bibliographique

Gallo, M. et al [1] : Cette étude vise à optimiser le rendement des machines "Pick and Place", confrontées à des coûts élevés liés au rejet et au retravail des composants défectueux. Contrairement aux modèles existants, qui se concentrent principalement sur la probabilité des facteurs affectant le rendement, cette recherche intègre les paramètres techniques de l'état des machines pour mieux comprendre leur corrélation avec le taux de défectuosité des unités assemblées.

Cen, Y. et al [2] : Cette recherche examine les modèles de défauts dans les composants "PICK-AND-PLACE" (P&P) en utilisant des données d'inspections optiques automatisées et des techniques d'apprentissage automatique. En reproduisant les erreurs de la machine P&P, y compris celles liées à la taille et à la position de la buse, cette étude identifie les causes premières des défauts. Cette approche améliore la compréhension des modèles de défauts et fournit un outil robuste pour leur identification.

Doan, C. V. [3] : Cet article présente une machine de prise et de dépose améliorée, équipée d'un dispositif innovant permettant une manipulation plus précise des pièces. Ce dispositif utilise un système de liaison pour transformer un mouvement simple en un mouvement en forme de U inversé, assurant ainsi une accélération et une décélération contrôlées. Cette conception optimise le processus de prise et de dépose, améliorant l'efficacité globale de la machine.

Manickam, S. et al [4] : Cet article présente une machine de prise et de dépose équipée d'un capteur capable de capturer une image de la buse avant et après l'opération de prise. L'analyse d'images basée sur ces captures révèle des caractéristiques cruciales pour classer l'opération de prise. Dans certaines variantes, plusieurs images après la prise sont acquises à différentes poses, offrant une compréhension plus précise et une meilleure classification des opérations de prise. Cette intégration de données visuelles améliore l'efficacité globale du processus.

Howell, D. A et al [5] : Cet article décrit un appareil et une méthode permettant une calibration automatique de la précision de placement des puces ou dispositifs semi-conducteurs par une machine de prise et de dépose. Les pièces sont placées sur une plaque de verre adhésive comportant des marques noires calibrées correspondant aux dimensions de l'empreinte d'une partie spécifique. Une caméra en échelle de gris montée sur la machine enregistre les coordonnées de la zone de plomb argenté exposée de la pièce, envoyant ces données à un ordinateur de machine pour calculer l'erreur de placement. Les données d'erreur sont ensuite affichées sur un écran CRT ou transmises à une caméra et une alarme pour alerter l'opérateur. Cette approche offre une calibration précise et automatisée, améliorant ainsi l'efficacité globale du processus de prise et de dépose.

Huang, C. Y [6] : Cet article examine l'utilisation des machines de prise et de dépose (P&P) pour le placement précis de composants électroniques sur des cartes de circuits imprimés (PCBS). Les défaillances de prise et de reconnaissance sont enregistrées lorsqu'un composant n'est pas correctement pris ou ne répond pas aux spécifications. Les composants passifs de tailles 0402 et 0603 ont été étudiés en raison de leur taux élevé de rejets, entraînant des coûts et des retards de production. Des règles ont été établies pour les échecs de reconnaissance et vérifiées avec les enregistrements réels de rejets. L'analyse des composants rejetés a identifié des facteurs clés tels que le déroulement du ruban, les joints de ruban d'épissure, et les chargeurs instables, influençant le taux de rejet. Des recommandations ont été formulées pour réduire ce taux, avec la méthode CHAID présentant une précision de prédiction élevée.

Duquette, D. et al [7] : Cet article présente une invention décrivant une méthode pour déterminer l'emplacement précis d'un composant sur une pièce de travail. La méthode comprend plusieurs étapes, notamment l'acquisition d'une image standard avant et après le placement du composant sur une pièce de travail standard, ainsi que la création d'une image de différence standard. Ensuite, une image de test avant placement est acquise sur la pièce de travail réelle, suivie du placement du composant et de l'acquisition d'une image de test après placement. Une image de différence de test est alors créée et transformée en fonction d'un décalage calculé précédemment. Enfin, la corrélation entre l'image de différence standard et l'image de test transformée (DTR) permet de générer un décalage d'enregistrement, indiquant l'efficacité du placement. Cette méthode offre une approche précise et efficace pour déterminer l'emplacement des composants, particulièrement utile dans des domaines exigeant une grande précision de placement, tels que la technologie de montage en surface (SMT).

Borrell, J. V. R [8] : Cet article présente un dispositif de tri des fruits secs ou des noix indésirables transportées sur une bande transporteuse. Le dispositif comprend un élément de support au-dessus de la bande transporteuse, équipé d'un capteur pour détecter les qualités des fruits secs ou des noix ainsi que leur position. Des buses d'aspiration dans la zone centrale permettent de retirer les pièces rejetées de la bande transporteuse, grâce à un logiciel

d'identification en communication avec le capteur et les buses d'aspiration. Cette innovation permet un tri précis et efficace des produits indésirables, améliorant la qualité finale du produit. **Perlas, J. A et al [9]** : Cet article décrit un dispositif comprenant un préhenseur avec plusieurs ouvertures conçues pour recevoir, retenir et libérer sélectivement des articles à l'aide d'un vide. Des capteurs associés à ces ouvertures détectent les articles défectueux. Une structure de réception reçoit les articles libérés lorsque les capteurs détectent des articles défectueux. Un réceptacle reçoit plusieurs articles, tandis qu'une goulotte à vide transporte les articles défectueux loin du préhenseur vers le réceptacle sous l'effet du vide. Cette conception innovante permet une manipulation précise et efficace des articles, améliorant ainsi la qualité globale du processus de production.

Cen, Y. et al [10] : Cet article présente une étude visant à élaborer un modèle de diagnostic des défauts pour les machines de prise et de dépose (P&P) utilisées dans la technologie de montage en surface (SMT) des cartes de circuits imprimés (PCBS). Alors que traditionnellement, l'industrie se fie à une machine d'inspection optique automatique (AOI) pour détecter les défauts après le processus P&P, cette méthode ne permet pas d'identifier les causes sous-jacentes des défauts. En menant des expériences avec des défauts initiaux, l'étude identifie des motifs liés à diverses causes racines. En utilisant les données de l'AOI et les performances de la machine, un modèle de diagnostic de défaut est développé à l'aide de techniques d'apprentissage automatique. Cependant, avec l'augmentation du nombre de composants, le processus devient plus chronophage, nécessitant des méthodes telles que le traitement de la conception des expériences (DOE) et une collecte de données approfondie. Le modèle proposé, formé sur un seul type de composant, est appliqué avec succès à d'autres types, offrant des précisions d'identification supérieures à 75% pour la plupart des causes racines sans nécessiter de DOE supplémentaire. Cette approche réduit considérablement le temps nécessaire pour traiter les expériences et ajuster les modèles pour de nouveaux types de composants.

Case, S. K. Et al [11] : Cet article présente des variantes d'une invention visant à améliorer l'inspection des composants effectuée par les machines de prise et de dépose. Ces améliorations incluent l'inspection de l'opération de prise à l'intérieur des machines en collectant des images de l'événement de prise et en identifiant les erreurs instantanément. En affichant ces informations en temps réel sur la machine, l'opérateur ou la machine peut prendre des mesures correctives immédiates, ce qui permet une détection et une correction rapides des erreurs, améliorant ainsi l'efficacité globale du processus de prise et de dépose.

II.3. Conclusion :

Dans l'industrie contemporaine, la maintenance des machines de placement de composants électroniques se concentre sur des stratégies prédictives et préventives afin de contrôler l'usure des composants et prévenir les pannes. Des efforts de recherche visent à développer de nouveaux indicateurs pour relever ces défis. L'adoption de programmes avancés de prédiction des défauts permet une maintenance plus efficace et réduit les interruptions de production.

Chapitre III : Identification et Optimisation des Machines Critiques à l'aide de l'Approche FMD et de l'Analyse de Pareto

III.1. Introduction

Dans le domaine de l'électronique, la précision et la fiabilité du placement des composants sont cruciales pour la qualité et la performance des cartes électroniques. Les machines de placement automatique, telles que la machine **FUZION**, jouent un rôle essentiel dans ce processus en assurant un placement rapide et précis. Cependant, malgré les avancées technologiques, le problème des composants défectueux demeure un défi majeur, affectant non seulement le rendement de la production mais aussi la réputation des fabricants.

III.2. Composants Montés en Surface (SMD)

Le terme **SMD** (Surface Mount Device) désigne une méthode de production électronique où les composants sont montés directement sur la surface d'un circuit imprimé [12]. Cette technologie permet de créer des cartes électroniques plus compactes et optimise les processus de fabrication (voir **Fig III. 1**), rendant ces derniers plus rapides et automatisés.

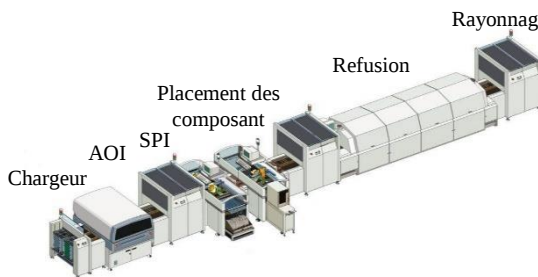


Fig III. 1 : (a) ligne d'assemblage SMD, (b) photo réelle de ligne.

III.3. SMD processus

Le processus SMD (Surface-Mount Device) est une méthode de montage en surface (SMT) utilisée pour fixer des composants directement sur les cartes de circuits imprimés (PCB). Cette technique permet une production de masse rapide et efficace, largement utilisée dans l'industrie pour fabriquer divers appareils électroniques (voir Fig. 2). Voici quelques étapes clés du processus SMD [13] : Préparation du PCB ; Application de la pâte à braser ; Placement des composants ; Soudure par refusions ; Inspection et test ; Retravailler si nécessaire ; Assemblage final.

Remarque :

Les équipements SMD nécessitent des environnements à température (20°C-30°C) et humidité (40%-50%) contrôlées. Ils sont sensibles à la poussière et aux polluants, donc des filtres à air et des systèmes de contrôle comme les **CTA** et les **GEG** sont utilisés. Pour prévenir les dommages causés par l'électricité statique, des mesures antistatiques comme les tapis, bracelets, talonnettes **ESD** et blouses antistatiques **ESD** sont mises en place. [14]

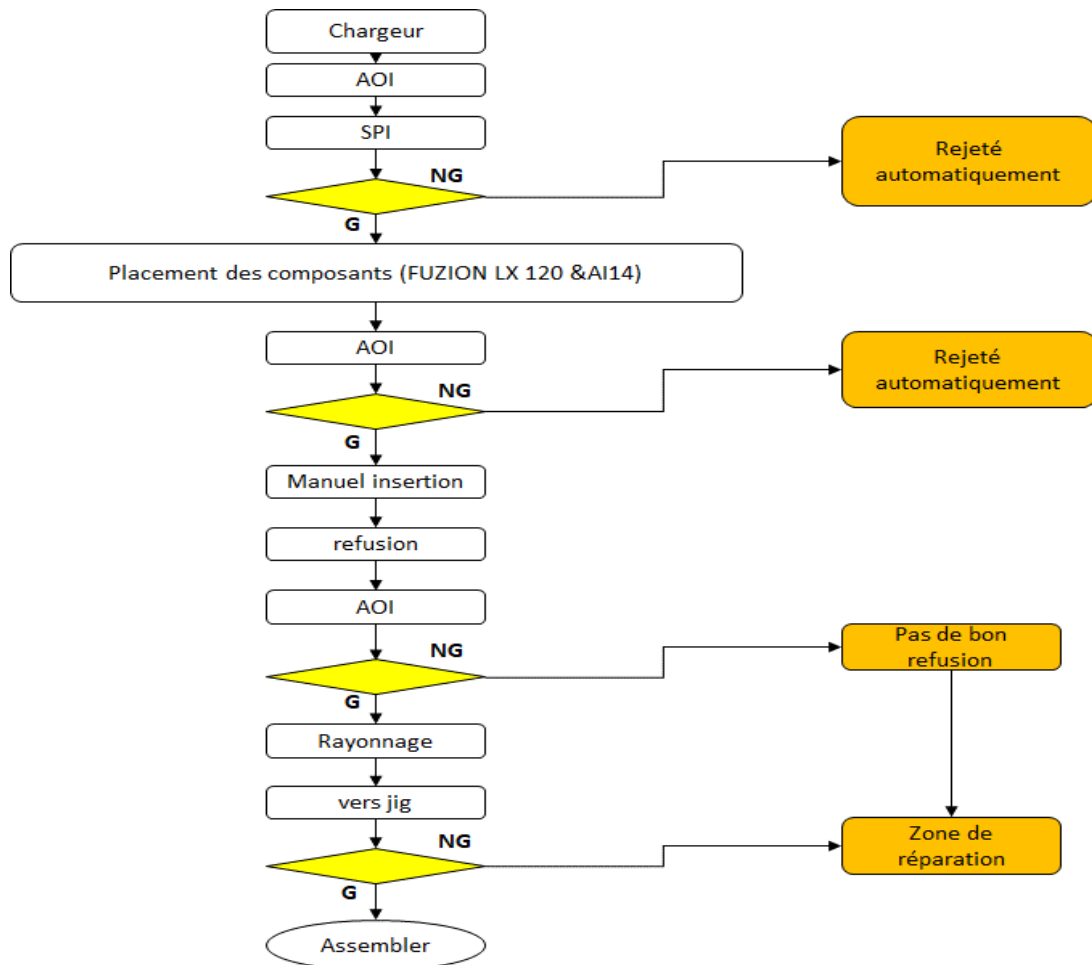


Fig III. 2 : SMD processus

III.4. Classification des équipements par ordre de criticité

III.4.1 Classements des machines

Pour optimiser la surveillance des équipements [16-17], les industriels établissent un classement en trois catégories : les équipements vitaux, importants et secondaires, en fonction de l'impact de leur panne sur la production et les coûts de remise en état.

III.4.2 Détermination des équipements critiques

L'approche a débuté par la décomposition de l'usine en sites de production distincts, puis a été suivie d'un inventaire complet des équipements. L'analyse s'est concentrée sur la criticité [18], évaluant l'impact de chaque équipement sur la sécurité, la disponibilité et la maintenabilité. Neuf équipements ont été sélectionnés pour cette analyse.

- ✓ FUZION LX 120
- ✓ FUZION AI 14
- ✓ DEK MC
- ✓ OVEN
- ✓ JIG
- ✓ MB tech
- ✓ AOI
- ✓ Yj link

✓ SPI

III.4.3 Criticité des équipements :**SECURITE**

Pas de risques	1
Risques d'accident	2

Pour construire la grille de criticité et définir la zone critique des risques acceptables, la grille suivante peut être proposée :

Tableau 1 Criticité des équipements

Classes de probabilité		Classes de Gravité			
		4	3	2	1
Fréquent	1	C1	C1	C1	C1
Probable	2	C2	C1	C1	C1
Occasionnel	3	C2	C1	C1	C1
Rare	4	C3	C2	C1	C1
Improbable	5	C3	C3	C2	C2
Invraisemblable	6	C3	C3	C3	C3

C1	Inacceptable. Mesure en Réduction de Risque à mettre en place
C2	Acceptable sous condition (ou sous contrôle)
C3	Acceptable. Gestion du risque résiduel uniquement

N.B : Dans les analyses courantes, seules deux zones de criticité sont souvent représentées. Toutefois, il est préférable de maintenir trois zones afin de créer une zone "tampon" entre l'acceptable et l'inacceptable, évitant ainsi une frontière fragile.

III.4.4 DISPONIBILITE

Pas d'incidence	1
Fonctionnement dégradé	2
Arrêt après un délai	3
Arrêt de la production	4

III.4.5 MAINTENABILITE

Ne nécessite presque pas de maintenance	1
· Temps (de remise en état) faible · Présence des pièces de rechange principales	2
· Demande un temps moyen · Connaissance sommaire de la machine · Parfois manque d'outillage · Parfois manque pièces de rechange	3
· Demande beaucoup de temps · Pas de connaissance de la machine · Pas de pièces de rechange	4

III.4.6 Equipements critiques**Tableau 2:** Equipements critique

S	Site de production	D	S	M	C	Equipment
1	Zone 1	4	2	4	32	FUZION LX 120
1	Zone 1	4	2	3	24	FUZION AI 14
1	Zone 1	4	2	2	16	DEK MC

1	Zone 1	4	2	2	16	OVEN
1	Zone 1	4	2	2	16	JIG
2	Zone 2	3	2	2	12	MB tech
2	Zone 2	3	2	2	12	AOI
3	Zone 2	2	2	2	08	Yj link
3	Zone 2	2	2	1	04	SPI

III.4.7 Les machines critiques choisies par l'analyse

L'analyse des équipements a révélé que FUZION LX 120, FUZION AI 14, DEK MC, OVEN et JIG étaient les plus critiques en termes de disponibilité, sécurité et maintenabilité. La machine FUZION LX 120 se démarque avec une criticité maximale de 32, en raison de son rôle central dans la production et des risques d'accidents associés à certaines pannes. Ces cinq machines sont toutes situées dans la zone de production 1, où une classification basée sur les graphes de Pareto sera réalisée.

III.5. Utilisation des graphes de Pareto

Les diagrammes de Pareto par criticité sont un outil de classement des problèmes par ordre d'importance. Ils se présentent sous la forme d'histogrammes où les colonnes les plus importantes sont placées à gauche. Ces diagrammes permettent de sélectionner des mesures ciblées pour améliorer une situation donnée.

III.5.1 L'analyse de PARETO :

Les diagrammes de Pareto par criticité sont un outil de classement des problèmes par ordre d'importance. Ils se présentent sous forme d'histogrammes (Voire Fig. 1), avec les plus grandes colonnes à gauche. Ces diagrammes permettent de cibler des mesures spécifiques pour améliorer une situation. [15]

Tableau 3: Analyse de Pareto

L'équipement	La durée (min)	Nbr de panne	Cumulée de durée	%cumulée de durée	Cumulée des pannes	%cumulée De Nbr de pannes
FUZION LX 120	2325	20	2325	57%	20	38,46%
FUZION AI 14	680	13	3005	73,74%	33	63,46%
DEK MC	325	6	3330	81,72%	39	75%
OVEN	270	3	3600	88,34%	42	80,76%
JIG	220	3	3820	93,74%	45	86,53%
MB tech	130	3	3950	96,93%	48	92,30%
AOI	60	1	4010	98,40%	49	94,23%
Yj link	50	2	4060	99,63%	51	98,07%
SPI	15	1	4075	100%	52	100%

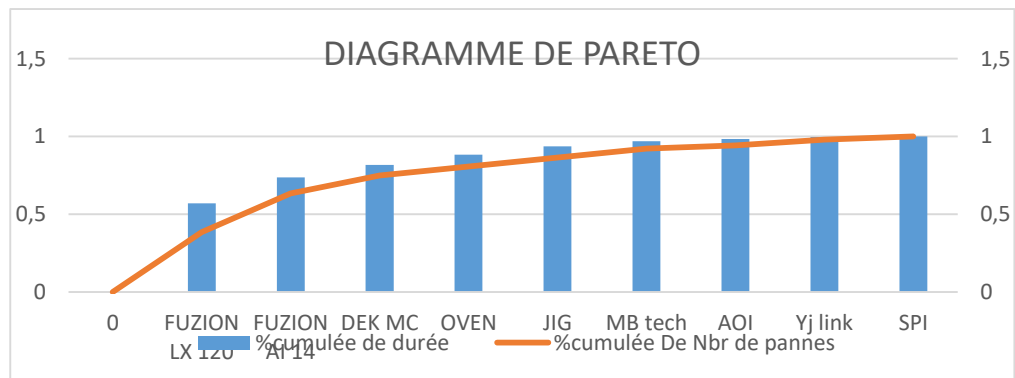


Fig III. 3 : diagramme de PARETO

D'après l'analyse de PARETO on a trouvé que la machine FUZION LX 120 représente 80% des coûts.

III.5.2 Graphe en nombre de panne

Un graphe en nombre de pannes est un outil d'analyse de la fiabilité qui illustre le nombre de pannes sur une période donnée (Voire **Fig III. 4**). Il permet de visualiser la fréquence des pannes au fil du temps, d'identifier les périodes de haute ou de basse fiabilité, et d'évaluer l'efficacité des mesures de maintenance et d'amélioration de la fiabilité.

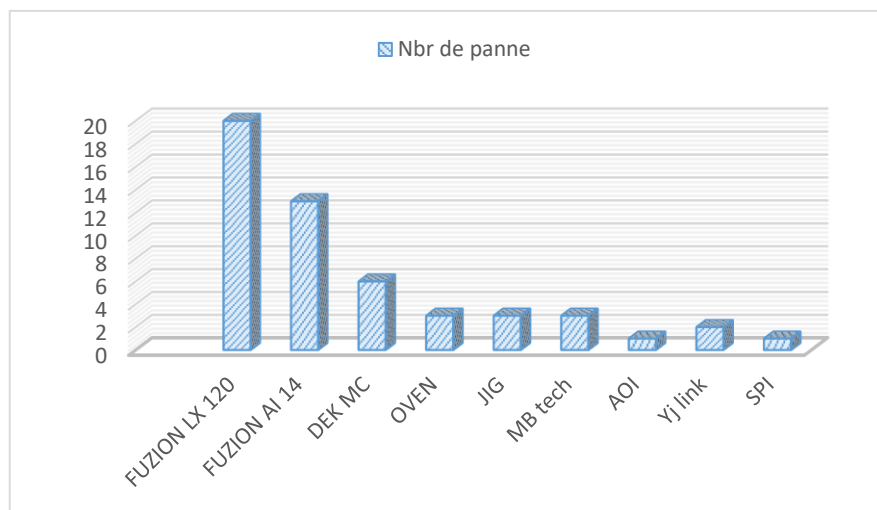


Fig III. 4 : Graphe en nombre de pannes 'amélioration de la fiabilité

III.5.3 Graphe en fonction temps d'arrêt

Ce graphique aide à identifier les moments où le système est le plus souvent en panne ou indisponible (Voire **Fig III. 5**), ce qui facilite la planification des interventions de maintenance et l'amélioration de sa disponibilité.

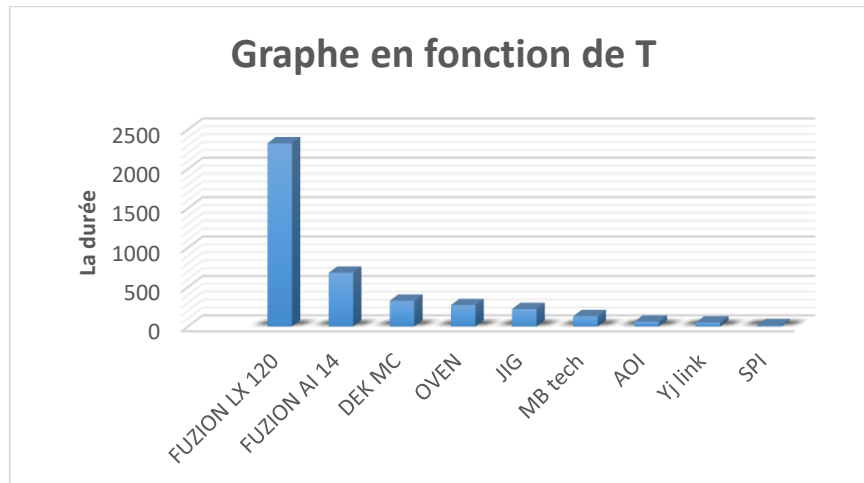


Fig III. 5 : Graphe en t temps d'arrêt 'amélioration de la maintenabilité

III.5.4 Interprétation des résultats

- La machine classée dans la zone A (FUZION LX 120) est prioritaire pour une amélioration de la fiabilité, elle comptabilise à elle seule 20 pannes, représentant ainsi un taux de 51% du nombre total de pannes répertoriées pendant la période d'analyse.
- Ces mêmes machines sont également prioritaires pour une amélioration de la maintenabilité, avec un temps d'arrêt total de plus de 2325 heures, soit un taux de plus de 47% par rapport au nombre total d'heures d'arrêt pendant la période d'analyse.
- Une amélioration de leur sûreté de fonctionnement est donc indispensable. Pour y parvenir, nous entamerons dans cette étude une évaluation de leur fiabilité à travers deux modèles différents et des analyses approfondies.

III.6. Fuzion LX 120

III.6.1 Définition :

La FUZION LX 120, une machine pick-and-place utilisée dans le processus de montage en surface (SMT), offre une haute performance avec ses caractéristiques principales : deux têtes de placement, un taux de placement allant jusqu'à 140 000 composants par heure, une précision de placement de $\pm 34 \mu\text{m}$, une capacité à gérer des cartes de circuits imprimés jusqu'à 500 x 700 mm, jusqu'à 144 alimentateurs pour alimenter les composants, et une capacité de placement de composants aussi petits que 010051. Dotée d'un système de vision pour une identification précise des composants. [16]

III.6.2 Les composants de FUZION :

- **La tête de placement :**

La tête de placement de la machine FUZION LX 120 est essentielle pour le placement précis des composants électroniques sur les PCB (voir Fig 6 : a, b).

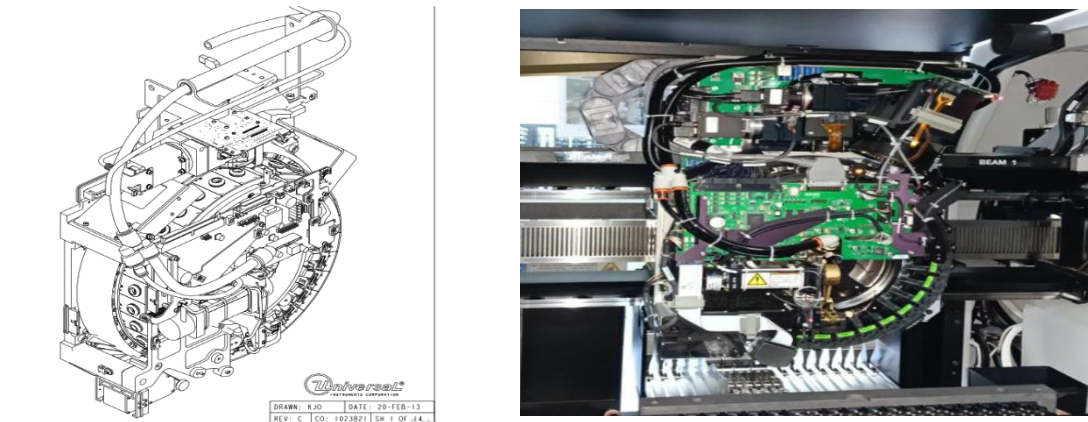


Fig III. 6 : La tête de placement, (b) : photo réelle

- **La broche (The spindle) :**

La broche, un composant essentiel, comprend un moteur pas à pas de haute précision contrôlée par un système numérique qui ajuste sa vitesse et sa position (voir Fig 7 : a, b). Certains modèles ont un changeur automatique de buses pour remplacer les embouts d'aspiration sans intervention manuelle.

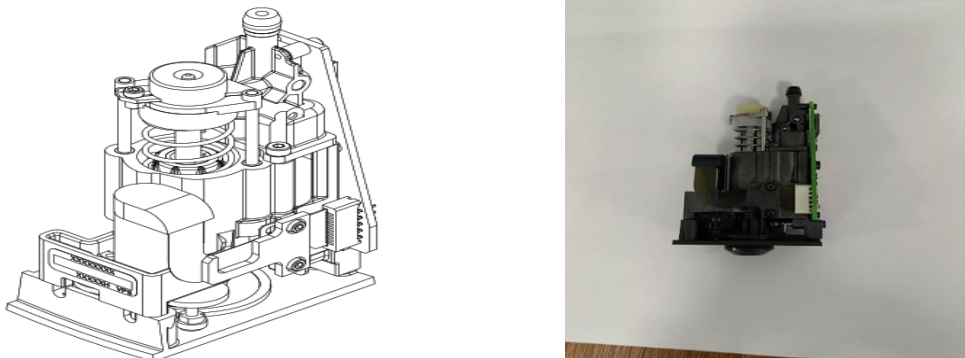


Fig III. 7 : La broche, (b) : Photo réel

- **La buse (The nozzle) :**

La buse, fabriquée en matériaux résistants à l'usure, est conçue pour s'adapter aux composants électroniques spécifiques (voir Fig.8). Les machines modernes comme la FUZION LX 120



Fig III. 8 : La buse

possèdent des changeurs automatiques de buses, permettant de les remplacer rapidement sans interrompre la production.

- **Le alimentateur (The feeder) :**



Fig III. 9 : L'alimentateur (The feeder)

L'alimentateur, ou "feeder", est un dispositif qui stocke et présente les composants électroniques en bobines alignées, prêtes à être placées par la machine.

- **NFOV (Narrow Field of View):**

La caméra NFOV intégrée inspecte les composants avant leur placement, vérifiant orientation et défauts, permettant une grande précision sur des cartes électroniques densément peuplées.

- **VPS (Vision Processing System):**

Le capteur de pièces verticales (VPS) évalue la qualité de saisie des composants électroniques de petite taille, de 01005 à 0603. Il détecte les composants absents ou mal positionnés sur la buse, réduisant ainsi les erreurs de placement lors du processus.

- **PEC (Pattern Error Correction):**

La caméra de correction d'erreur (PEC) est un système de caméra pointant vers le bas, composé d'un mécanisme d'imagerie, d'une lentille et d'un module d'éclairage. Collaborant avec le

système de vision, elle utilise des algorithmes spécialisés pour localiser et positionner les cibles sur le substrat. La diversité des matériaux des produits souligne l'importance d'un éclairage efficace et de modèles algorithmiques adaptés.

III.7. Concept FMD :

III.7.1 Indicateur de fiabilité (λ) et MFBT :

Taux de défaillances ou taux d'avaries.

 (λ) : il représente le pourcentage de défaillances pendant un temps donné.

$$\lambda = \frac{\text{Nombre total de défaillance pendant le service}}{\text{Durée totale de bon fonctionnement}} ; \frac{\text{nombre de défaillances}}{\text{heure}} \quad (1)$$

$$\lambda = \frac{20}{3500 - 38,75} = 0,0057 \left[\frac{\text{panne}}{\text{heure}} \right]$$

$$MTBF = \frac{\text{Somme des temps de bon fonctionnement entre les défaillances}}{\text{Nombre des pannes}} \quad (2)$$

$$MTBF = \frac{3500 - 38,75}{20} = 173,06 [\text{heure}]$$

III.7.2 Modèle Exponentiel

Une variable aléatoire X suit une loi exponentielle de paramètre $\lambda > 0$, notée $\exp(\lambda)$, si et seulement si sa fonction de répartition est :

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (3)$$

$$\text{La fiabilité est } R(t) = 1 - F(t) \text{ d'où : } R(t) = e^{-\lambda t} \quad (4)$$

$$\text{La densité est } f(t) = F'(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (5)$$

$$\text{La durée de vie moyenne est : } MTTF = 1/\lambda \quad (6)$$

Le taux de défaillance est :

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\lambda e^{-\lambda t}}{e^{-\lambda t}} = \lambda \quad (7)$$

Le taux de défaillance est donc constant, ce qui signifie que la loi exponentielle modélise les durées de vie de systèmes étudié (voir Fig .10)

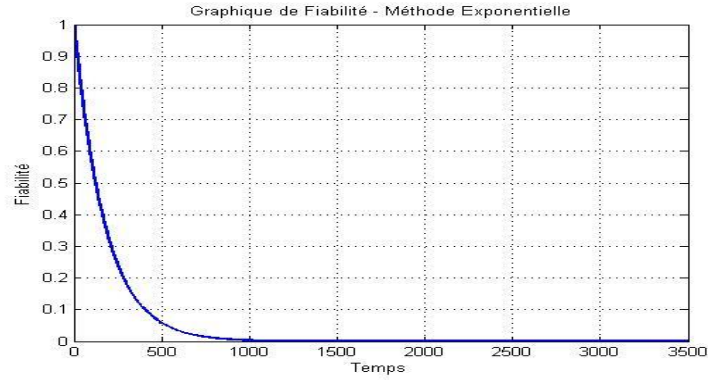


Fig III. 10 : Graph de fiabilité (1)

III.7.3 Modèle weibull

La loi de Weibull est un modèle mathématique flexible utilisé dans l'étude statistique des défaillances, notamment en fiabilité, particulièrement dans le domaine mécanique. Cette loi, caractérisée par trois paramètres, s'ajuste avec précision à une variété de résultats expérimentaux. Elle est souvent utilisée pour modéliser la densité de probabilité des défaillances.

$$f(t) = (\beta/\eta) (t - \gamma/\eta)^{\beta-1} \times e^{-(t-\gamma/\eta)\beta} \quad (8)$$

✚ $f(t)$: Probabilité d'avarie au temps (t); (probabilité d'avoir un seul avarie au temps (t)).

La fonction de répartition

$$F(t) = 1 - e^{-(t-\gamma/\eta)\beta} \quad (9)$$

✚ $F(t)$: probabilité d'avarie cumulée au temps de 0 à t.

La fonction de fiabilité

$$R(t) = e^{-(t-\gamma/\eta)\beta} = 1 - F(t) \quad (10)$$

La fonction $R(t)$ représente la probabilité de non-défaillance dans l'intervalle de temps $[0, t]$, soit la probabilité que la défaillance survienne après le temps (t). Elle est la fonction complémentaire de la fonction de répartition.

$$\lambda(t) = \beta(t - \gamma/\eta)^{\beta-1} \quad (11)$$

$\lambda(t)$: probabilité d'avarie au temps $(t+\Delta t)$ d'un dispositif qui était en bon fonctionnement au début de l'unité de temps (t) (voir Fig .11).

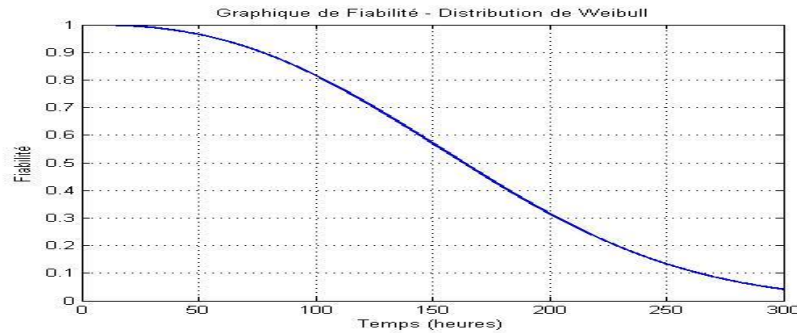


Fig III. 11 : Graph de fiabilité (2)

III.7.4 Indicateur de maintenabilité (μ) et MTTR :

$$MTTR = \frac{\text{Somme des temps de Réparation}}{\text{Nombre de Réparation}} \quad (12)$$

$$MTTR = \frac{38,75}{20} = 1,94$$

$$\mu = \frac{1}{1,94} = 0,52 \left[\frac{\text{panne}}{\text{heure}} \right]$$

III.7.5 La disponibilité :

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{173,06}{173,06 + 1,94} = 0,98 = 98\% \quad (13)$$

Donc la machine est disponible et fonctionne correctement (La durée d'étude est de 3500 heures), et le service de maintenance a rempli ses fonctions.

III.8. Conclusion :

Notre expérience sur la ligne de production SMT a démontré les avantages de l'intégration des technologies informatiques dans la maintenance industrielle. Nous avons développé un programme et un protocole de maintenance pour réduire les pannes et minimiser les pertes de composants électroniques, ce qui a entraîné une amélioration de la fiabilité des machines et une réduction des temps d'arrêt.

Chapitre IV : Optimisation des protocole et plans de maintenance : Conception de mise en Œuvre

IV.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous proposons l'amélioration de la surveillance en ligne des équipements, basée sur la maintenance préventive conditionnelle, grâce à l'intégration d'outils informatiques comme indicateurs fiables dans le monde industriel. Notre intervention offre des avantages considérables en termes de perfectionnement de la disponibilité des machines et de réduction des temps d'arrêt. Tout d'abord, nous avons élaboré une interface utilisateur et défini un protocole de surveillance adéquat. Ensuite, nous avons établi un plan de maintenance préventive spécifiquement adapté à l'équipement critique. L'objectif principal est de fournir un outil efficace et intuitif permettant de suivre, gérer et planifier les opérations de maintenance sur la machine FUZION.

IV.2. Présentation de l'interface

Dans le cadre de l'amélioration continue des processus de maintenance, nous avons développé une interface utilisateur en Python pour les ingénieurs et techniciens de maintenance, soulignant l'importance d'un protocole de maintenance pour prévenir les pannes brutales. Cette interface prolonge la durée de vie des équipements et évite les dysfonctionnements soudains grâce à des notifications, augmentant ainsi l'efficacité de la production et réduisant les coûts d'exploitation.

IV.2.1 Les objectives de l'interface

L'interface développée permet de prolonger la durée de vie des équipements sur la chaîne de production et d'éviter les dysfonctionnements soudains grâce à l'envoi de notifications. Elle centralise l'accès aux données de maintenance, y compris l'inventaire des pièces de rechange et les tâches d'entretien, facilite la planification des maintenances préventives, et met en place des notifications automatiques pour éviter les oublis ou retards. Cette innovation optimise le processus de maintenance, augmentant ainsi l'efficacité de la production et réduisant les coûts d'exploitation.

IV.2.2 Technologies Utilisées

Dans cette section, nous décrivons les technologies utilisées pour développer l'interface et les systèmes de maintenance prédictive. Ces technologies sont essentielles pour garantir la fiabilité, l'efficacité et la facilité d'utilisation de notre solution.

- **Python** : Langage de programmation principal utilisé pour le développement de l'application.
- **Tkinter** : Bibliothèque utilisée pour créer l'interface graphique de l'application.
- **Pandas** : Utilisé pour manipuler les fichiers Excel.
- **Openpyxl** : Utilisé pour lire et écrire des fichiers Excel avec pandas.

L'utilisation combinée de ces technologies permet de créer une solution de maintenance prédictive robuste, évolutive et facile à utiliser, optimisant ainsi la disponibilité des machines et réduisant les coûts d'exploitation.

IV.2.3 Développement de l'Interface

a. Configuration l'environnement de développement

- ✓ Assurez-vous que Python est installé sur votre ordinateur
- ✓ Assurez-vous que les bibliothèques nécessaires sont installées (Tkinter et pandas...etc.)

b. Développement des Modules

Dans cette section, nous détaillons la création de la structure de l'application dédiée à la maintenance prédictive des équipements. Le programme de l'interface est organisé de manière structurée avec des dossiers spécifiques pour les scripts Python (voir fig.1), les fichiers de base de données et les ressources (images, fichiers de configuration).

.vscode	06/05/2024 23:20	Dossier de fichiers
__pycache__	24/05/2024 21:55	Dossier de fichiers
data	23/05/2024 13:47	Dossier de fichiers
db	07/05/2024 01:27	Dossier de fichiers
images	24/05/2024 21:37	Dossier de fichiers
database	29/05/2024 15:27	Feuille de calcul ...
functions	17/05/2024 00:11	Fichier source Pyt...
gui	24/05/2024 21:47	Fichier source Pyt...
image	24/05/2024 18:43	Fichier source Pyt...
main	24/05/2024 19:15	Fichier source Pyt...
problems	24/05/2024 21:55	Fichier source Pyt...
run	25/05/2024 00:01	Fichier de comma...
test	09/05/2024 07:09	Fichier source C

Fig IV. 1 : Organisation du contenu

c. Développement des Classes et Fonctions :

- Utilisez Tkinter pour créer les différentes fenêtres et dialogues (voir Fig.2).
- Utilisez pandas pour gérer la lecture et l'écriture dans le fichier Excel.

```
import customtkinter

class ParentView(customtkinter.CTkFrame):
    def __init__(self, master=None, state_manager=None, title="", *args, **kwargs):
        super().__init__(master)
        # Initialize any common attributes or variables here
        self.master = master
        self.state_manager = state_manager
        self.title = title
        self.header = False
```

Fig IV. 2 : Utilisation de Customtkinter

IV.3. Protocol de maintenance

IV.3.1 La broche (The spindle)

a. Problème de VIDE (VACUUM)/AIRKISS

Le protocole de maintenance pour les dysfonctionnements liés au vide/airkiss dans les machines de placement est crucial pour assurer leur précision lors de la manipulation des composants sur les circuits imprimés. Le processus commence par une vérification initiale du niveau de vide/airkiss à l'aide du logiciel FUZION (voir Fig 3). En cas de

dysfonctionnement persistant, plusieurs étapes sont suivies, notamment l'inspection de la buse, le test de la broche, la prévention de la broche (voir Fig. 4), le remplacement de la bobine du vide/airkiss, et enfin le remplacement complet des broches si nécessaire. L'objectif est d'identifier et de résoudre rapidement les problèmes pour maintenir la précision et l'efficacité des machines de placement, où le niveau de vide est de 21. Hg ou plus Hg= 0.491154 PSI.

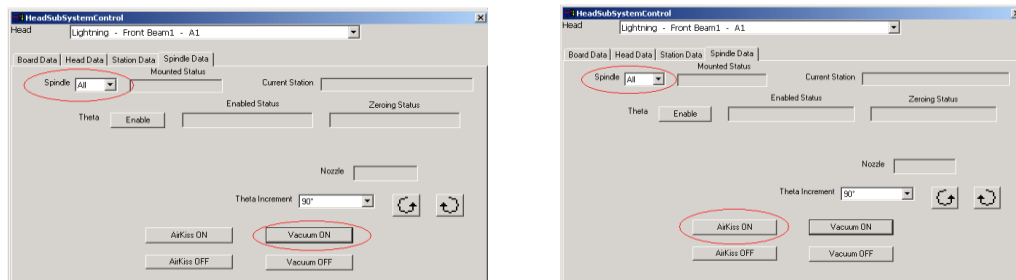


Fig IV. 4 : Paramètre de vide/airkiss

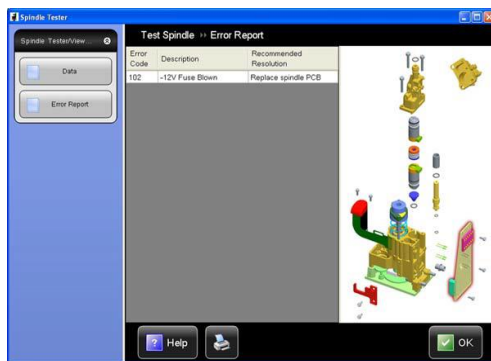


Fig IV. 3 : (a) l'interface de testeur de broches, (b) testeur de broches

b. Problème Thêta

Le problème de rotation angulaire de la broche, également connu sous le nom de problème Thêta, nécessite un protocole de maintenance rigoureux pour garantir le bon fonctionnement des machines. Voici les étapes du protocole recommandé :

1. Vérification des paramètres de rotation angulaire dans l'interface de la machine FUZION pour s'assurer de leur exactitude.
2. Contrôle du bon fonctionnement des capteurs de rotation et calibration spécifique à l'axe Thêta dans le logiciel de la machine.
3. Réalisation de tests de précision de la rotation angulaire à l'aide du testeur de broches après la calibration.
4. Inspection des moteurs responsables de la rotation angulaire pour détecter tout dysfonctionnement ou bruit anormal, suivie du remplacement des pièces défectueuses.

5. Exécution de tests de rotation post-maintenance pour vérifier la correction du problème Thêta.
6. Nettoyage des capteurs et des encodeurs pour éliminer toute saleté susceptible d'affecter leur performance.

Ce processus vise à assurer le bon fonctionnement de l'axe Thêta et à prévenir toute défaillance future des machines.

c. Problème calibration

L'impact des écarts dans le réglage des instruments sur la précision du placement des pièces, pouvant compromettre la solidité et l'efficacité des systèmes électroniques assemblés. Le protocole de maintenance recommandé est le suivant :

1. Vérifiez d'abord les paramètres de calibration à l'aide du logiciel de la machine. Si le problème persiste, passez à l'étape suivante.
2. Procédez à une calibration complète et utilisez des standards de calibration pour vérifier la précision des réglages.
3. Inspectez l'état des dispositifs de calibration, tels que les caméras et les capteurs, et nettoyez ou remplacez les composants si nécessaires pour assurer leur bon fonctionnement.

Inspectez l'état des dispositifs de calibration (voir Fig. 5), tels que les caméras et les capteurs. Nettoyez ou remplacez les composants si nécessaires pour garantir leur bon fonctionnement.

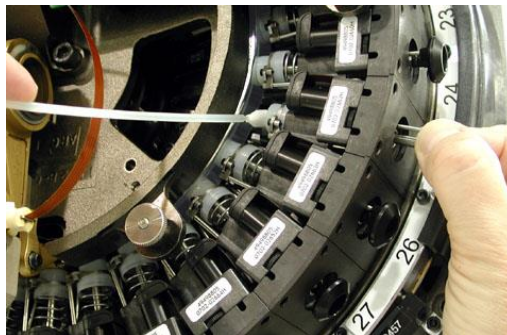


Fig IV. 5 : Calibration des broches

d. Rejeter les composants dans la tête de broche

Les problèmes potentiels liés au système de prise et de placement des composants. Le protocole de maintenance recommandé commence par l'inspection des buses pour détecter les obstructions ou dommages éventuels, suivie du nettoyage ou du remplacement si nécessaire. Ensuite, il est recommandé de vérifier l'alignement correct de la tête de broche et d'ajuster si nécessaire. Enfin, toutes les pièces usées ou endommagées doivent être remplacées pour maintenir une performance optimale de l'équipement.

e. Problème de carte

Les problèmes potentiels liés aux cartes, y compris les erreurs de lecture ou les défaillances de composants. Le protocole de maintenance recommandé commence par l'utilisation du système de diagnostic intégré, comme le testeur des broches, pour identifier les erreurs spécifiques. Ensuite, il est recommandé de vérifier tous les connecteurs et câbles pour détecter les connexions lâches ou endommagées, et de réparer ou de remplacer les câbles et connecteurs défectueux. Enfin, l'utilisation d'un multimètre pour vérifier les circuits et les composants sur les cartes est recommandée, suivie du remplacement de tout composant défectueux pour assurer le bon fonctionnement de la machine.

IV.3.2 La buse (The nozzle)

Dans cette section, nous abordons le sujet de la buse dans le contexte de la maintenance préventive des équipements industriels (voir Fig. 6).

- Vérifiez qu'il n'y a pas de contamination à l'aide de la fenêtre de vision (voir figure a).
- Déposez les buses en utilisant la configuration du changeur de tête. Ne retirez pas manuellement les buses de la tête (voir figure b).
- Inspectez l'extrémité de la buse pour vérifier qu'elle n'est pas endommagée. Utilisez un microscope pour les petites buses (voir figure c).
- Inspectez les buses pour vérifier qu'elles ne sont pas endommagées ou que le filtre n'est pas bouché.
- Nettoyez les buses et les filtres.
- Remplacez les buses endommagées

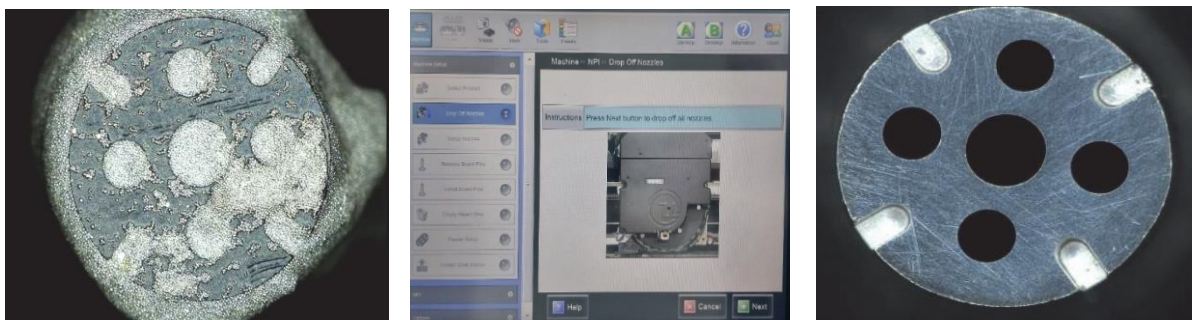


Fig IV. 6 : (a) Une buse endommagée, (b) L'interface de FUZION, (c) Une bonne buse.

IV.3.3 Alimentateur (The feeder)

Les bandes et les bobines endommagées peuvent avoir un effet négatif sur les performances globales du système :

- Changer l'alimentateur (pour la continuité de production) ;
- Assurez-vous qu'il n'y a pas de composants, d'adhésifs ou de débris présents lors de l'installation des inserts de la platine et aspiration des rejets composants sur le Banc alimentateur (voir Fig. 7) ;

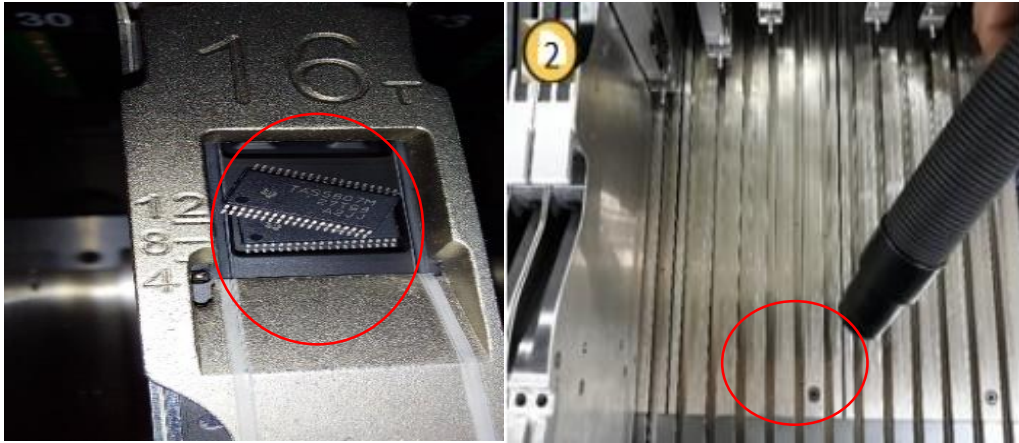


Fig IV. 7 : Nettoyage de l'alimentateur

- c. Examinez l'alimentateurs pour détecter toute usure, dommage ou contamination (voir Fig. 8).
- d. Vérifiez si le mécanisme de l'alimentateur fonctionne correctement (voir figure 8 (a) et (b)).

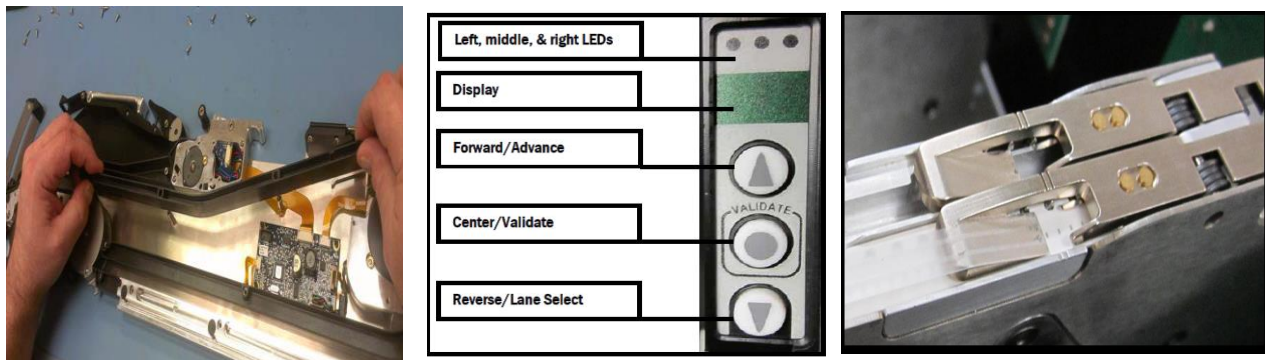


Fig IV. 8 : (a) Alimentateur démonté, (b) vérification de mécanisme de l'alimentateur

- e. Refaire l'apprentissage de l'alimentateur avec la caméra PEC (voir Fig. 9).

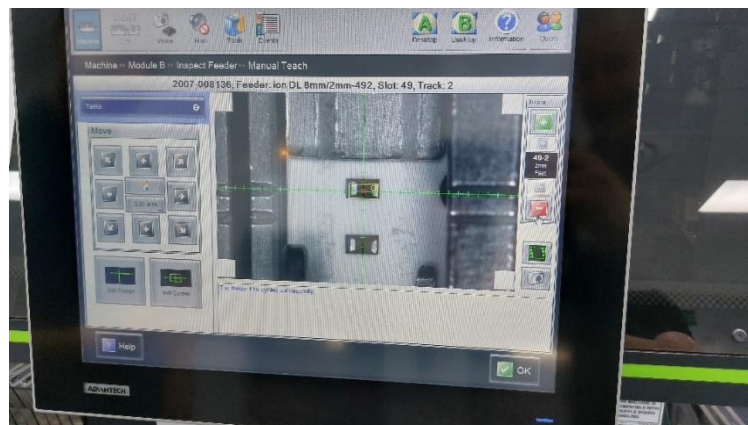


Fig IV. 9 : L'interface de FUZION pour refaire l'apprentissage

En respectant ces protocoles de maintenance préventive, en garantisiez la performance optimale et la durabilité des broches (spindles), des buses (nozzles) et des alimentateurs (feeders) de votre machine FUZION LX120, réduisant ainsi les risques de défaillance, les interruptions de production et préservant l'intégrité des composants électroniques.

IV.4. Plan de maintenance

Le plan de maintenance pour la machine FUZION LX120 vise à prévenir les pannes et à maintenir sa performance optimale. Il inclut la surveillance régulière, les vérifications préventives et des protocoles spécifiques pour chaque composant. En suivant ce plan, on minimise les temps d'arrêt non planifiés et on assure la disponibilité opérationnelle maximale de la machine.

IV.4.1 La broche (The spindle)

Tableau 4:Plan de maintenance Préventif pour la broche

Procédures de maintenance	Fréquence recommandée
Maintenance préventive	
Inspection visuelle	Chaque jour
Lubrification des pièces mobiles	Chaque 2 semaines
Nettoyer la bague de l'encodeur	Chaque 6 semaines
Nettoyer/lubrifier la came de broche	Chaque 3 semaines
Nettoyer l'ensemble de broche interne	Semestriellement
Vérifier le niveau de vide	Chaque 3 semaines
Vérifier la pression d'Air kiss	Chaque 3 semaines
Nettoyer/lubrifier l'ensemble Z-Drive	Chaque 6 semaines
Maintenance corrective	
Définir/vérifier le décalage zéro Phi	Si nécessaire
Installation / Déménagement	
Retirer/Remplacer un ensemble de broche	Si nécessaire
Supprimer/Remplacer un ensemble Z-Drive	Si nécessaire
Remplacer l'ensemble moteur de l'axe Z	Si nécessaire
Remplacer l'ensemble du capteur thêta	Si nécessaire
Retirer/Remplacer l'ensemble NFOV	Si nécessaire
Retirez / Installer la tête de placement	Si nécessaire

IV.4.2 La buse (The nozzle)

Tableau 5:Plan de maintenance Préventif pour la buse

Procédures de maintenance	Fréquence recommandée
Maintenance préventive	

Inspection visuelle	Chaque jour
Nettoyer les buses	Chaque 3 semaines
Installation / Déménagement	
Installer une nouvelle buse	Si nécessaire
Installer le changeur de buse	Si nécessaire
Configurer le changeur de buses	Si nécessaire

IV.4.3 L'alimentateur (The feeder)

Tableau 6: Plan de maintenance Préventif pour l'alimentateur

Procédures de maintenance	Fréquence recommandée
Maintenance préventive	
Inspection visuelle	Chaque jour
Nettoyage détaillé des composants de l'alimentateur	Chaque 3 semaines
Lubrification des pièces mobiles	Chaque 2 semaines
Vider la zone de collecte des composants	Si nécessaire
Réparation et remplacement immédiats	Si nécessaire
Installation / Déménagement	
Installer un nouvelle alimentateur	Si nécessaire

IV.5. Conclusion

Les résultats de l'intégration de ces outils et méthodes ont considérablement amélioré la fiabilité, la disponibilité et la maintenabilité de la ligne de production SMT. L'interface utilisateur, associée au protocole et au plan de maintenance prédictive, offre une solution solide pour optimiser les performances des équipements et réduire les interruptions de production. Ces progrès favorisent une maintenance proactive et une gestion plus efficace des ressources, tout en jetant les bases pour des améliorations et des extensions futures du système.

Conclusion générale

Notre étude dans ce projet de fin d'études a commencé par une analyse approfondie de l'entreprise, de ses processus et de ses défis spécifiques. Cette étape a été cruciale pour comprendre le contexte et les exigences de la ligne de production SMT, ainsi que pour identifier les points critiques nécessitant une attention particulière.

Ensuite, en explorant l'état de l'art, nous avons pu nous inspirer des meilleures pratiques et des avancées technologiques actuelles, notamment dans le domaine de la maintenance prédictive et de l'analyse de données. Ces connaissances ont été fondamentales pour orienter notre démarche et choisir les outils et méthodes les plus adaptés.

L'étude de la fiabilité, de la maintenabilité et de la disponibilité, complétée par une analyse de Pareto, nous a permis de cibler la machine la plus critique, la FUZION LX 120. Cette analyse détaillée a mis en évidence les principaux facteurs de pannes et les opportunités d'amélioration, constituant ainsi la base de notre approche de maintenance optimisée.

Les résultats concrets de notre travail incluent le développement d'une interface utilisateur intuitive pour les techniciens de maintenance, ainsi que la mise en place d'un protocole et d'un plan de maintenance structuré. Ces outils ont été conçus pour réduire les pannes, minimiser les pertes de composants électroniques et rationaliser le temps consacré aux interventions de maintenance.

En conclusion, ce projet a non seulement permis d'apporter des solutions pratiques et innovantes aux défis de la maintenance industrielle, mais il a également illustré le potentiel des technologies informatiques pour améliorer significativement l'efficacité et la fiabilité des lignes de production. Les compétences acquises et les résultats obtenus constituent une base solide pour de futures améliorations et innovations dans le domaine.

Nous sommes profondément reconnaissants pour cette opportunité d'appliquer nos compétences en ingénierie industrielle, en programmation et en analyse de données à un projet concret et impactant. Ce travail nous a permis de contribuer de manière tangible à l'optimisation de notre environnement de production et nous a préparés à relever de nouveaux défis dans notre future carrière professionnelle.

Références bibliographique

- [1] Gallo, M., Guizzi, G., & Zoppoli, P. (2007, November). A condition based maintenance simulation model for controlling the yield of Pick and Place machines. In 6th WSEAS International Conference on System Science and Simulation in Engineering (pp. 299-306).
- [2] Cen, Y., He, J., & Won, D. (2022). Defect patterns study of pick-and-place machine using automated optical inspection data. *Soldering & Surface Mount Technology*, 34(2), 69-78.
- [3] Doan, C. V. (1996). U.S. Patent No. 5,564,888. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- [4] Manickam, S., Konicek, J. P., Duquette, D. W., & Case, S. K. (2009). U.S. Patent No. 7,545,514. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- [5] Howell, D. A. (1993). U.S. Patent No. 5,237,622. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- [6] Huang, C. Y. (2018). Applying multivariate analysis to analyze and improve component rejection by pick and place machines. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 96, 1265-1281.
- [7] Duquette, D. W., Rudd, E. P., Bushman, T. W., Manickam, S., Skunes, T. A., & Case, S. K. (2010). U.S. Patent No. 7,813,559. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- [8] Borrell, J. V. R. (2019). U.S. Patent Application No. 16/291,128.
- [9] Perlas, J. A., & Tarrant, D. A. (2015). U.S. Patent No. 9,114,431. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- [10] Cen, Y., He, J., Zhang, Z., & Won, D. (2022, June). A Scale-Free Classification Model for Defect Diagnosis in the Pick and Place Machine. In *International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing* (pp. 71-79). Cham: Springer International Publishing.
- [11] Case, S. K., Haugen, P. R., Duquette, D. W., Madsen, D. D., Fishbaine, D., Fisher, L. K., & Manickam, S. (2009). U.S. Patent Application No. 12/260,361.
- [12] Ayob, M., & Kendall, G. (2008). A survey of surface mount device placement machine optimisation: Machine classification. *European Journal of Operational Research*, 186(3), 893-914.
- [13] Blackwell, G. R. (2017). Surface mount technology. In *Electronic systems maintenance handbook* (pp. 12-1). CRC Press.
- [14] Siegal, B. S. (1993, February). Thermal characterization of surface mount devices. In *[1993 Proceedings] Ninth Annual IEEE Semiconductor Thermal Measurement and Management Symposium* (pp. 99-107). IEEE.
- [15] FRIHI, D. (2015). Maintenance industrielle.
- [16] Documentation de l'entreprise (Voyager)