

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Université Abou Bekr Belkaid
Tlemcen Algérie



جامعة أبي بكر بلقايد

تلمسان الجزائر

Faculté de Technologie
Département de Génie Electrique et Electronique

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état

Domaine : Scientifique et Technique

Filière : Génie Industriel

Présenté par :

BELHOCINE Mehdi

Intitulé

**Etude et analyse de fonctionnement du
système iCIM 3000 en utilisant les méthodes
de la sureté de fonctionnement**

Devant le jury :

<u>Président</u>	Meliani Sidi Mohammed	Prof	Université de Tlemcen
<u>Encadrant</u>	HADRI Abdelkader	MAA	Université de Tlemcen
<u>Examineur</u>	Mekader Mohammed Amin	Ingénieur principal de R &`D	Université de Tlemcen

Année Universitaire : 2020 – 2021

Remerciements

Je rends grâce au maître de l'univers qui m'a donné la volonté, la patience et le courage pour accomplir ce modeste travail.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à Mr : **Hadri Abdelkader** de nous avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.

Je veux bien exprimer ma gratitude la plus profonde à tous les gens qui ont sacrifié un temps précieux en vue d'orienter notre réflexion et qui ont mis à notre disposition tous les documents et matériels nécessaires à la réussite de notre travail en commençant par Mr : **Mohammed Amine Mkader** et sans oublier le professeur Mr : **Meliani Sidi-Mohamed**.

Mes vifs remerciements vont aux membres de Jury pour avoir accepté de juger notre travail. Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.



Dédicaces

Je dédie ce travail :

- A la mémoire de mes grands- parents maternels : **AMRAR Mohamed** et **KHELIFA Dahbia** que Dieu les accueille dans son vaste paradis,
- A la mémoire de mon Professeur de génie des procédés Mr : **BENAISSA Hocine** que Dieu l'accueille dans son vaste paradis,
- A mon père : **BELHOCINE Chabane** et ma mère : **AMRAR Ouardia** qui m'ont éclairé mon chemin et m'ont encouragé et soutenu pendant mes études je les souhaite une très longue vie pleine de bonheur et de santé,
- A mes sœurs : **Katia, Liza** et **Damia**, Je les souhaite que du bonheur et de réussite dans leurs vies,



BELHOCINE MEHDI

Table de matière

Titre	Page
Remerciements.....	I
Dédicaces.....	II
Table de matière.....	III
Liste des figures.....	IV
Liste des tableaux.....	V
Introduction générale.....	1
Chapitre I : Analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC)	
I.1 Introduction.....	3
I.2 Généralités sur la maintenance.....	3
I.2.1 Définition de la maintenance.....	3
I.2.2 Types de maintenance.....	3
I.2.2.1 Maintenance préventive.....	3
I.2.2.2 Maintenance corrective.....	4
I.3 L'analyse fonctionnelle	5
I.3.1 Fonctions principales (fonctions d'usage)	5
I.3.2 Fonctions secondaires (fonctions contraintes)	6
I.3.3 Fonctions de protection	6
I.4 L'analyse dysfonctionnelle	6
I.4.1 termes relatives au dysfonctionnement	6
I.4.1.1 Défaut	6
I.4.1.2 Dégradation	6
I.4.1.3 Défaillance	7
I.4.1.4 Mode de défaillance	7
I.4.1.5 Cause de défaillance	7
I.5 Méthode AMDEC	7
I.5.1 Méthode AMDE	7
I.5.1.1 Définition de La méthode AMDE	7
I.5.1.2 Démarche inductive	7
I.5.1.3 Démarche qualitative	8
I.5.1.4 Démarche exhaustive	8
I.5.1.5 Limite de L'AMDE	8
I.5.2 Méthode AMDEC	8
I.5.2.1 Définition de La méthode AMDEC	8
I.5.2.2 Types d'AMDEC	9
I.5.2.2.1 AMDEC processus	9

I.5.2.2.2 AMDEC produit	9
I.5.2.2.3 AMDEC moyen de production	10
I.5.3 Démarche de L'AMDEC	10
I.5.3.1 La constitution d'un groupe de travail	10
I.5.3.2 L'analyse fonctionnelle	10
I.5.3.3 L'étude qualitative des défaillances	11
I.5.3.4 L'étude quantitative	11
I.5.3.5 La hiérarchisation par criticité	12
I.5.3.6 Mise en place des plans d'actions	12
I.5.3.7 Le suivi des actions prises et la réévaluation de criticité	12
I.5.3.8 La présentation des résultats	12
I.5.4 Les avantages de la méthode AMDEC	13
I.5.5 Les limites de l'AMDEC	15
I.6. Conclusion	16
Chapitre II : Le système ICIM 3000 du laboratoire MELT	
I. Introduction.....	17
II. Système de production.....	17
II.1. Définition.....	17
II.2. Parties principales d'un système de production.....	17
II.2.1 la partie commande	17
II.2.1.1 Pupitre de commande	17
II.2.1.2 Logiciel de programmation.....	18
II.2.1.3 Automate programmable industriel (API)	18
II.2.2 Partie opérative.....	18
II.2.2.1 Pré-actionneurs	18
II.2.2.2 Actionneurs	19
II.2.2.3 Capteurs	19
III. Système ICIM 3000.....	19
III.1. Définition du système ICIM 3000.....	19
III.2. Explication de fonctionnement (Organigramme)	19
III.3. Les différentes stations du système ICIM 3000.....	21
III.3.1. Station de stockage/déstockage automatique AS/RS.....	21
III.3.2. Station de convoyage (Convoyeur à Palettes).....	21
III.3.3. Machine de fraisage 105 avec robot d'alimentation flexible.....	22
III.3.4. Machine de tours 105 avec robot d'alimentation flexible.....	22
III.3.5. Station de qualité et de manutention (QH 200)	23
III.3.6. Station d'assemblage.....	23
IV. Principaux composants de la station de qualité et de manutention.....	24
IV.1. Système de transport (module bande)	24
IV.1.1. Capteur optique à barrage 9B1.....	25

IV.1.2. Capteur optique à barrage 9B2.....	25
IV.1.3. Capteur inductif 8B1.....	26
IV.1.4. Capteur inductif 8B2.....	26
IV.1.5. Capteur inductif 8B3 - 8B5.....	26
IV.1.6. Capteur inductif 8B4.....	27
IV.1.7. Vérin pneumatique 6B1 -7B1.....	27
IV.1.8. Moteur électrique à courant continu M1(actionneur)	28
IV.1.9. Poulie(actionneur)	28
IV.2. Système qualité (Unité de mesure)	28
IV.2.1. Capteur électromagnétique 4B1.....	29
IV.2.2. Capteur électromagnétique 4B2.....	29
IV.2.3. Capteur électromagnétique 5B1.....	29
IV.2.4. Capteur électromagnétique 10A2(actionneur)	29
IV.3. Robot cartésien (module linéaire)	30
IV.3.1. Capteur électromagnétique 1B2.....	31
IV.3.2. Capteur électromagnétique 1B1.....	31
IV.3.3. Capteur électromagnétique 2B1.....	32
IV.3.4. Capteur électromagnétique 2B2.....	32
IV.3.5. Capteur électromagnétique 3B1 / 3B2.....	32
IV.4. Pupitre.....	33
IV.4.1. Fonction des boutons du pupitre.....	33
IV.5. Pré actionneur électrique et pneumatique.....	34
V. Conclusion.....	35
Chapitre III : Modélisation de fonctionnement de la station de qualité et de manutention Q200	
I. Introduction.....	36
II Grafcet.....	36
II.1. Définition de grafcet.....	36
II.2. Concepts de base du GRAFCET.....	37
II.2.1. Etape.....	37
II.2.2. Actions associées aux étapes.....	37
II.2.3. Transition.....	37
II.2.4. Liaisons orientées.....	38
II.3. Règles de syntaxe.....	38
II.3.1. Situation initiale.....	38
II.3.2. Franchissement d'une transition.....	38
II.3.3. Evolution des étapes actives.....	38
II.3.4. Transitions simultanées.....	39
II.3.5. Activation et désactivation simultanées.....	39
III. Modélisation des sous-stations par grafcet.....	39

III.1 Modélisation de système de transport (module linéaire)	39
III.1.1. Fonctionnement.....	39
III.1.2. Fonction des composants.....	40
III.1.3. Les entrées et les sorties du système	41
III.1.4. Grafcet.....	41
III.1.5. Commentaire.....	42
III.2 Modélisation de système de qualité (unité de mesure)	42
III.2.1. Fonctionnement	42
III.2.2. Fonction des composants	42
III.2.3. Entrées et sorties.....	42
III.2.4. Grafcet.....	42
III.3 Modélisation du robot cartésien (module bande)	43
III.3.1. Fonctionnement.....	43
III.3.2. Fonction des composants.....	43
III.3.2.1. Axe horizontal.....	43
III.3.2.2. Axe vertical.....	44
III.3.3. Entrées et sorties.....	44
III.3.4. Grafcet.....	45
III.4. Commentaires.....	45
IV. Réseau de pétri.....	46
IV.1. Définition de réseau de pétri.....	46
IV.2. Sémantique du RDP.....	46
IV.2.1. Franchissement d'une transition.....	46
IV.2.2. Ensemble des marquages accessibles.....	47
V. Modélisation des sous-stations par réseau de pétri.....	48
V.1. Modélisation de système de transport (module linéaire)	48
V.1.1. Transitions.....	48
V.1.2. Etapes.....	48
V.1.3. Schéma de réseau de pétri.....	48
V.1.4. Explication.....	49
V.2. Modélisation de système de qualité (unité de mesure)	49
V.2.1. Transitions.....	49
V.2.2. Etapes.....	49
V.2.3. Schéma de réseau de pétri.....	49
V.2.4. Explication.....	50
V.3. Modélisation du robot cartésien (module bande)	50
V.3.1. Transitions.....	50
V.3.2. Etapes.....	50
V.3.3. Schéma de réseau de pétri.....	50
V.3.4. Explication.....	51

V.5. Commentaires.....	51
VI. Conclusion.....	51
Chapitre IV : Application de la méthode AMDEC sur la station de qualité et de manutention Q200 sur le système ICIM 3000 du laboratoire MELT	
I. Introduction.....	52
II. Tableaux AMDEC.....	52
III. Grille de cotation.....	66
III.1. Gravité.....	66
III.2. Fréquence.....	67
III.3. Non-détection.....	67
IV. Calcul de criticité.....	68
V. Synthèses de l'étude et proposition des actions correctives.....	72
V.1. Le système de transport (module bande)	72
V.2. L'unité de mesure (système qualité)	74
V.3. Le Robot cartésien (module linéaire)	75
V.4. Le pupitre et les pré-actionneurs.....	76
V.I Conclusion.....	76
Conclusion générale	77
Références et bibliographie.....	79

Liste des tableaux

Tableaux	Page
Chapitre I : Analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC)	
Tableau 1.1 Les quatre questions de base de l'AMDEC.....	9
Chapitre II : Le système ICIM 3000 du laboratoire MELT	
Tableau 2.1 Nom et fonction des composants de module bande.....	25
Tableau 2.2 Nom et fonction des composants de l'unité de mesure.....	29
Tableau 2.3 Nom et fonction des composants de module linéaire.....	31
Tableau 2.4 Fonction des boutons du pupitre.....	34
Chapitre III : Modélisation de fonctionnement de la station de qualité et de manutention Q200	
Tableau 3.1 Entrées et sorties de module bonde.....	41
Tableau 3.2 Entrées et sorties de l'unité de mesure.....	42
Tableau 3.3 Entrées et sorties de module linéaire.....	44
Chapitre IV : Application de la méthode AMDEC sur la station de qualité et de manutention Q200 sur le système ICIM 3000 du laboratoire MELT	
Tableau 4.1 Tableaux AMDEC du module bande (système de transport) ...	58
Tableau 4.2 Tableaux AMDEC de l'unité de mesure (système de qualité) ...	60
Tableau 4.3 Tableaux AMDEC du robot cartésien.....	63
Tableau 4.4 Tableaux AMDEC du pupitre et pré actionneur.....	65
Tableau 4.5 Grille de cotation utilisée pour l'analyse AMDEC.....	68
Tableau 4.6 Calcul de criticité pour le module linéaire.....	70
Tableau 4.7 Calcul de criticité pour l'unité de mesure.....	70
Tableau 4.8 Calcul de criticité pour robot cartésien.....	71
Tableau 4.9 Calcul de criticité pour pupitre et pré actionneurs.....	72

Liste des figures

Figures	Page
Chapitre I : Analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC)	
Figure 1 Schéma récapitulatif de types de maintenance	5
Figure 2 Schéma récapitulatif d'une démarche AMDEC	13
Chapitre II : Le système ICIM 3000 du laboratoire MELT	
Figure 3 Organigramme de fonctionnement du système iCIM	20
Figure 4-5 Station de stockage/déstockage automatique AS/RS.....	21
Figure 6 Station de convoyage (Convoyeur à Palettes)	21
Figure 7-8 Machine de fraisage 105 avec robot d'alimentation flexible.....	22
Figure 9-10 Machine de tours 105 avec robot d'alimentation flexible.....	22
Figure 11-12 Station de qualité et de manutention (QH 200)	23
Figure 13 Station d'assemblage	23
Figure 14 Principaux composants de la station de qualité et de manutention...	24
Figure 15 Les composants de Système de transport (Module bande)	24
Figure 16 Capteur optique à barrage 9B1.....	25
Figure 17 Capteur optique à barrage 9B2.....	25
Figure 18 Capteur inductif 8B1.....	26
Figure 19 Capteur inductif 8B2.....	26
Figure 20-21 Capteur inductif 8B3.....	27
Figure 22 Capteur inductif 8B4.....	27
Figure 23-24 Vérins (stoppeurs) pneumatique 6B1.....	27
Figure 25 Moteur électrique à courant continu	28
Figure 26 Poulie	28
Figure 27 Composants de Système de qualité (Unité de mesure).....	28

Figure 28 Capteur électromagnétique 4B1 -4B2.....	29
Figure 29 Capteur électromagnétique 5B1-10A2.....	30
Figure 30 Les composants du robot cartésien (module linéaire)	30
Figure 31-32 Capteur électromagnétique 1B2.....	31
Figure 33 Capteur électromagnétique 2B1-2B2.....	32
Figure 34 Capteur électromagnétique 3B1-3B2.....	33
Figure 35 Boutons du pupitre	33
Figure 36 Pré actionneurs électriques et pneumatiques.....	34
Chapitre III : Modélisation de fonctionnement de la station de qualité et de manutention Q200	
Figure 37 Schéma récapitulatif d'un grafcet.....	36
Figure 38 différentes étapes possibles.....	37
Figure 39 étapes avec actions.....	37
Figure 40 deux étapes liées par une transition.....	37
Figure 41 exemple d'un grafcet avec trois états.....	38
Figure 42 Activation et désactivation des étapes	39
Figure 43 Grafcet du module bonde.....	41
Figure 44 Grafcet l'unité de mesure.....	43
Figure 45 Grafcet du robot cartésien.....	45
Figure 46 Franchissement d'une transition	47
Figure 47 Graphe de marquage du RDP.....	47
Figure 48 Réseau de PETRI du système transport.....	48
Figure 49 Réseau de PETRI de l'unité de mesure.....	49
Figure 50 Réseau de PETRI du robot cartésien.....	50

Introduction générale

Pour que l'entreprise satisfasse leurs clients et garder sa pérennité sur le marché, elle doit garantir la qualité de ces produits vendus en s'assurant la qualification de ces employés ainsi le bon fonctionnement de ces équipements en effectuant des maintenances soit correctives ou préventives, parmi les méthodes de sureté de fonctionnement les plus utilisées dans les systèmes de production : La démarche AMDEC.

L'industrie est une discipline qui regroupe toutes les activités et les techniques qui permettent de transformer les matières premières brutes ou semi-finies en produit fini. Le monde a connu l'apparition de l'industrie 1.0 lorsque James Watt a inventé la machine à vapeur en 1769 qui a permis de passer de la production artisanale à la production mécanisée avec l'utilisation des sources de l'énergie. L'industrie 2.0 débute au XIXe siècle cette évolution a basé sur l'utilisation des machines et des convoyeurs c'est une production de masse poussée vers l'énergie électrique et pétrolière. L'industrie 3.0 a commencé dans les années 1970 se caractérise par une production automatisée soutenue par l'électronique et technologie informatique. L'industrie 4.0 ou l'industrie de futur est un nouveau moyen d'organiser le mode de production en s'appuyant sur le numérique pour optimiser la production, améliorer les conditions de travail des salariés et déclencher des maintenances sur l'ensemble des équipements à l'aide de l'intelligence artificielle.

La modélisation consiste à représenter un phénomène quelconque sous forme de modèle formel en utilisant des graphes ou des modèles mathématiques dans le but de le rendre facile à les appréhender et parmi les modèles d'automatisation les plus utilisés dans les systèmes de production : Grafset et le réseau de pétri. Le Grafset (Graphe Fonctionnel de Commande, Etapes Transitions) permet de décrire les comportements attendus d'un système automatisé quelconque en traduisant son cahier de charge. Le réseau de pétri est une structure graphique qui permet de représenter le comportement dynamique d'un système discret composé des transitions et des places.

Notre travail est dans le cadre de l'application de l'une des méthodes de la sureté de fonctionnement, qui est la méthode AMDEC, sur le système de production ICIM 3000 du laboratoire MELT. L'objectif est d'étudier et analyser le fonctionnement de ce système et établir par la suite un plan de maintenance adéquat qui permet d'augmenter sa durée de vie et assurer son bon fonctionnement. Le système de production ICIM 3000 est l'une des larges gammes proposées par Festo Didactic qui est un géant d'automatisation dédié à la formation des étudiants en termes de

recherche scientifique et acquisition des connaissances théoriques et pratiques qui permettent de développer leurs compétences dans le milieu professionnel.

Dans le premier chapitre, nous allons définir la maintenance, ses types et les termes relatives à l'analyse dysfonctionnelle avec détail, ensuite nous allons présenter la méthode AMDE ses démarches et limites, puis nous allons parler des types, démarche, avantages et limites de L'AMDEC.

Dans le deuxième chapitre nous allons présenter d'une manière générale les systèmes de production, ensuite nous allons parler sur le système ICIM 3000 ainsi que son organigramme de fonctionnement, puis nous allons expliquer le fonctionnement de chaque station et présenter les composants de la station de qualité et de manutention.

Dans le troisième chapitre nous présenterons le concept du Grafcet et réseau de pétri en détail, ensuite nous essayons de modéliser et expliquer le fonctionnement de chaque sous-station puis donner des commentaires sur le travail réalisé.

Dans le dernier chapitre nous présenterons notre application AMDEC sur le système où nous allons montrer les tableaux AMDEC qui contiennent les modes de défaillance, les causes et les effets de chaque composant, ensuite nous montrons la grille de cotation que nous avons proposé, ensuite nous démontrons le calcul de la criticité et la classification établies afin de créer un plan des actions de maintenance corrective ou préventive.



Chapitre I
Analyse des modes de défaillances, de
leurs effets et de leur criticité (AMDEC)

I.1 Introduction

La disponibilité et la fiabilité des systèmes de production sont devenues l'un des enjeux majeurs pour toutes les entreprises industrielles. La rapidité en production et le coût baissé de production sont poussés les entreprises à chercher des moyens et des techniques permettant de garder leurs systèmes toujours disponibles et fiables pour faire face aux concurrents et garantir leurs pérennités grâce à une politique de maintenance très efficace. La sûreté de fonctionnement offre l'ensemble des techniques et des méthodes permettant aux entreprises d'assurer le bon fonctionnement de leurs systèmes notamment ; la chaîne de Markov, l'arbre de défaillance, la méthode AMDEC...etc.

Dans ce chapitre nous allons présenter quelques définitions relatives à la maintenance et nous allons donner une présentation générale sur l'une des méthodes de sûreté de fonctionnement à savoir la méthode AMDEC. Nous présenterons sa définition, ses différents types ainsi que ses avantages et ses limites.

I.2 Généralités sur la maintenance

I.2.1 Définition de la maintenance

D'après l'Afnor (FD X 60-000), « la maintenance est l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise ». Dans une entreprise, maintenir, c'est donc effectuer des opérations (dépannage, réparation, graissage, contrôle, etc.) qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la production avec efficacité et qualité [1].

I.2.2 Types de maintenance

I.2.2.1 Maintenance préventive

Dans la définition de la maintenance préventive, nous incluons l'ensemble des contrôles visites, et interventions de maintenance effectuée préventivement.

La maintenance préventive doit consister à suivre l'évolution de l'état d'un organe, de manière à prévoir une intervention dans un délai raisonnable (1 mois, par exemple) et l'achat de la pièce de remplacement nécessaire, donc on n'a pas besoin de la tenir en stock, si le délai normal le permet. [1]

Généralement on distingue trois types de maintenance préventive [3] :

a. Maintenance préventive systématique

Ce type de maintenance s'effectue selon un échéancier établi selon le temps ou le nombre d'unités d'usage. Les unités d'usage peuvent être retenues par exemple : la quantité, la longueur, la masse des produits fabriqués, la distance parcourue, le nombre de cycles effectués, etc.

b. Maintenance préventive conditionnelle

C'est une maintenance préventive subordonnée à un type d'évènement prédéterminé (autodiagnostic, information donnée par un capteur, mesure d'une usure, etc.) révélateur de l'état de dégradation d'un bien. L'intervention selon ce type de maintenance a lieu si certains paramètres mesurables atteignent un seuil critique.

c. Maintenance préventive prévisionnelle

La maintenance préventive prévisionnelle est subordonnée à l'analyse de l'évolution surveillée de paramètres significatifs de dégradation du bien, permettant de retarder et de planifier les interventions.

I.2.2.2 Maintenance corrective

Elle est appelée aussi maintenance fortuite, accidentelle ou curative. C'est l'action d'une maintenance consécutive à une panne. Par ce type de maintenance on attend la panne du système pour agir et l'entretien devient soit dépannage soit réparation. Cette intervention est généralement rapide parce que le besoin du système est urgent du fait qu'il se trouve subitement dans un état d'arrêt et que cet arrêt n'étant pas programmé à l'avance.

La maintenance corrective c'est une politique de maintenance (dépannage/réparation) qui correspond à une attitude de réaction à des évènements aléatoires et qui s'applique après la panne, donc qu'elle n'a pas été pensée puisqu'elle s'effectue après la défaillance [2].

Deux types de maintenance corrective sont souvent distingués [3] :

a. Maintenance corrective (palliative)

La maintenance corrective palliative regroupe les activités de maintenance corrective destinées à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise. Ces activités de type dépannage qui présentent un caractère provisoire et devront être suivies par des activités curatives.

b. Maintenance corrective (curative)

La maintenance corrective curative regroupe les activités de maintenance corrective ayant pour objet de rétablir un bien dans un état spécifié ou de lui permettre d'accomplir une fonction requise. Les activités du type réparation, modification ou amélioration doivent présenter un caractère permanent.

La figure suivante présente une architecture récapitulative sur les différents types de maintenance

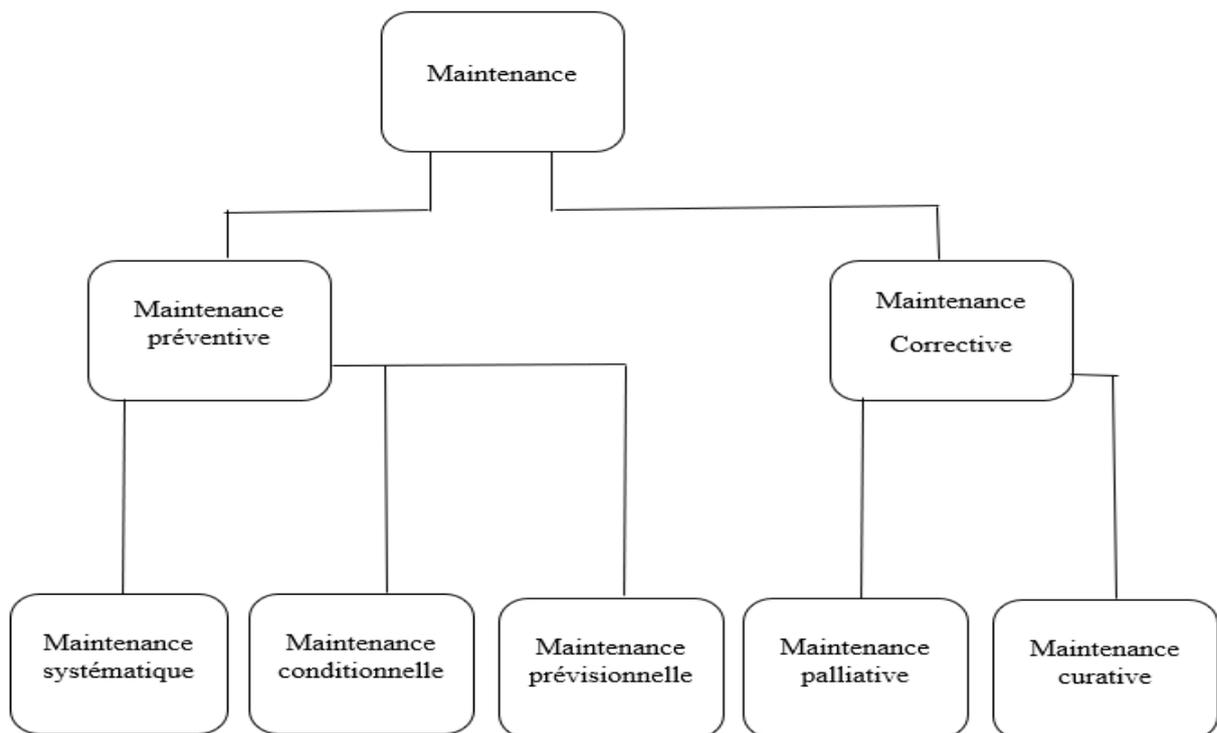


Figure 1 : Schéma récapitulatif de types de maintenance

I.3 L'analyse fonctionnelle

L'analyse fonctionnelle est une démarche qui consiste à rechercher, ordonner, caractériser, hiérarchiser et / ou valoriser les fonctions du produit (matériel, logiciel, processus, service) attendues par l'utilisateur. Ces fonctions sont définies en termes de finalités attendues et sont généralement devisées en trois types [4] :

I.3.1 Fonctions principales (fonctions d'usage)

Les fonctions principales d'un système ou d'un bien sont les fonctions qui satisfont le besoin d'être ce système ou ce produit. Elles assurent la prestation du service rendu. Ce sont les raisons pour lesquelles le système/produit a été créé.

I.3.2 Fonctions secondaires (fonctions contraintes)

D'après la norme AFNOR, « La contrainte est la limitation à la liberté de choix du concepteur réalisateur d'un produit. ». Il s'agit de recenser les conditions qui doivent être impérativement vérifiées par le produit, mais qui ne sont pas sa raison d'être. Ces fonctions facilitent, améliorent, ou complètent le service rendu. Ce type de fonction ne résulte pas obligatoirement de la demande explicite du client. Il s'agit de proposer au client des améliorations pour son produit et / ou de respecter des contraintes de conception par exemple.

I.3.3 Fonctions de protection

L'ensemble des fonctions qui permet d'assurer la sécurité du système et/ou leurs utilisateurs, par exemple refroidissement de l'outil d'usinage, arrêt d'urgence, etc.

I.4 L'analyse dysfonctionnelle

L'analyse dysfonctionnelle est une démarche qui permet d'étudier et déterminer les causes des défaillances dans un système quelconque en utilisant des méthodes connues dans la sureté de fonctionnement comme : AMDEC, l'arbre de défaillance...etc.

I.4.1 termes relatives au dysfonctionnement

Dans l'analyse fonctionnelles, plusieurs notions sont relatives aux disfonctionnements d'un système doivent être définis

I.4.1.1 Défaut

Écart entre une caractéristique réelle d'une entité et la caractéristique voulue, cet écart dépassant des limites d'acceptabilité. Un défaut dans le système n'affecte pas en général l'aptitude du système à accomplir une fonction requise. Par conséquent, on peut constater que le défaut ne conduit pas toujours à une défaillance. De ce fait, le défaut est vu comme une opinion sur le bon fonctionnement. Par contre une défaillance conduit systématiquement à un défaut [5].

I.4.1.2 Dégradation

Une dégradation représente une perte de performances d'une des fonctions assurées par un équipement sans conséquence fonctionnelle sur l'ensemble [4].

I.4.1.3 Défaillance

Altération ou cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise. Après défaillance d'une entité, celle-ci est en état de panne. La défaillance est un passage d'une entité d'un état de fonctionnement normal à un état de fonctionnement anormal ou de panne [5].

I.4.1.4 Mode de défaillance

Le mode de défaillance est la façon dont un produit, un composant, un ensemble, un processus, ou une organisation manifeste une défaillance ou s'écarte des spécifications. Voici quelques exemples pour illustrer cette définition : déformation, fuite, court-circuit, ne s'arrête pas...etc. [6]

I.4.1.5 Cause de défaillance

Une cause de défaillance est évidemment ce qui conduit à une défaillance. On définit et on décrit les causes de chaque mode de défaillance considérée comme possible pour pouvoir en estimer la probabilité, en déceler les effets secondaires et prévoir des actions correctives pour la corriger.[6]

I.5 Méthode AMDEC

I.5.1 Méthode AMDE

I.5.1.1 Définition de La méthode AMDE [11]

L'AMDE est une méthode d'analyse de la fiabilité des systèmes, elle procède d'une démarche inductive, qualitative, exhaustive. La norme NF X 60-510 est intitulée « Technique d'analyse de la fiabilité des systèmes –Procédure d'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE) » L'AMDE est une méthode analytique (l'étude du système s'obtient par l'étude de ses composants). Elle permet d'étudier la fiabilité (ou son corollaire, la défaillance) du système à partir de l'étude des défaillances de ses composants.

I.5.1.2 Démarche inductive [11]

Est une démarche a priori, pratiquée dans un objectif de prévention des défaillances. Elle a une approche montante où l'on identifie toutes les combinaisons d'événements élémentaires possibles qui entraînent la réalisation d'un événement unique indésirable.

I.5.1.3 Démarche qualitative [11]

L'AMDE est une des méthodes d'évaluation de la fiabilité des systèmes. La fiabilité et d'autres préoccupations telles que : maintenance, maintenabilité, disponibilité, sécurité sont complémentaires et souvent associées. Contrairement à d'autres méthodes ou outils de la sûreté de fonctionnement, l'AMDE est une méthode uniquement qualitative.

I.5.1.4 Démarche exhaustive [11]

Quels que soient le niveau de décomposition du système en composants, et la nature de ces derniers (matériels, fonction...), la qualité des résultats issus de l'AMDE sera directement liée au soin ou à la volonté que nous aurons de ne rien omettre, d'identifier tous les composants et pour chacun d'entre eux, d'identifier tous les modes de défaillance.

I.5.1.5 Limite de L'AMDE [12]

Bien que la méthode AMDE apporte des avantages à l'industrie, elle connaît plusieurs limites et inconvénients :

- ✚ Son application consomme un temps important.
- ✚ Généralement, elle ne s'applique pas dès le début, donc elle ne contribue pas dans la prise de décision dans les premières phases.
- ✚ Elle ne prend pas en considération la relation entre les différentes défaillances que peut subir une entité du système.
- ✚ On ne s'intéresse qu'à un seul mode de défaillance à la fois en faisant l'hypothèse que tout le reste du système fonctionne correctement ;
- ✚ On peut admettre que certains modes de défaillance ont des effets acceptables, et pour ceux-là, on considéra la conception comme convenable.
- ✚ C'est une méthode purement qualitative.
- ✚ La notion d'hierarchisation se fait d'une manière intuitive.

I.5.2 Méthode AMDEC

I.5.2.1 Définition de La méthode AMDEC

L'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leurs Criticités) est une analyse inductive de recherche des effets des pannes des composants sur les sous-systèmes et le système. C'est un procédé systématique pour identifier les modes potentiels de défaillances avant qu'elles ne surviennent, avec l'intention de les éliminer ou de minimiser les risques associés [8].

La logique AMDEC est sous-tendue par ces quatre questions, pour tous les types d'AMDEC existantes, cette logique restera la recherche [9] :

- ✚ Des modes de défaillances potentielles, réponse à la question de base : « Qu'est-ce qui pourrait aller mal ? » ;
- ✚ Des effets possibles, réponse à la question : « Quels pourraient être les effets entraînés par ce mode de défaillance potentielle ? » ;
- ✚ Des causes possibles, réponse à la question : « Quelles pourraient être les causes à l'origine de ce mode de défaillance potentielle ? » ;
- ✚ Des moyens de détection, réponse à la question : « Comment faire pour voir si cela se produit ? ».

Tableau 1.1 Les quatre questions de base de l'AMDEC [9]

Modes de défaillance potentielle	Effets possibles	Causes possibles	Plan de surveillance
Qu'est-ce qui pourrait aller mal ?	Quels pourraient être les effets ?	Quelles pourraient être les causes ?	Comment faire pour voir ça ?

I.5.2.2 Types d'AMDEC

I.5.2.2.1 AMDEC processus [13]

Ce type d'AMDEC consiste à analyser les modes de défaillance liés au processus de fabrication. Les choix techniques sont déjà posés et c'est le moment de définir précisément le processus de fabrication. Avant de réaliser cette AMDEC, il est impératif de définir quelles vont être les opérations nécessaires à la fabrication du produit. Avant même le choix des machines, l'AMDEC Processus a pour but d'évaluer les points critiques du procédé établi. Suite à cette analyse, des modifications pourront être apportées. C'est aussi l'occasion de d'élaborer le plan de surveillance.

I.5.2.2.2 AMDEC produit [13]

Appliqué au produit, l'AMDEC consiste à analyser la conception d'un produit dans le but d'améliorer sa qualité et sa fiabilité prévisionnelle. La méthode est utilisée dans de nombreux secteurs industriels de pointe. Pour que l'AMDEC produit soit efficace, il faut la réaliser

pendant la phase de conception du produit. Une fois les plans établis et la phase d'industrialisation lancée, il est déjà trop tard.

I.5.2.2.3 AMDEC moyen (machine) [13]

L'AMDEC moyens » est aussi appelée « AMDEC moyens de production » ou « AMDEC Machine ». Elle concerne l'analyse des défaillances liées aux machines. Alors que l'AMDEC procédé a permis d'entrevoir les défauts relatifs au processus de fabrication, l'AMDEC machine permet une analyse une fois que les machines ont été choisies. Comme pour le produit, il est ici possible de mettre en place une AMDEC à différents stades de la conception de cette machine.

I.5.3 Démarche de L'AMDEC

I.5.3.1 La constitution d'un groupe de travail [11]

L'AMDEC s'appuie sur le travail de groupe, la réflexion collective et l'expérience des participants. Il faut donc constituer un groupe de travail dont le choix des participants dépend de leur :

- ✚ Expérience.
- ✚ Connaissance de la problématique
- ✚ Niveau de technicité
- ✚ Faculté à travailler en équipe

Le groupe de travail doit être piloté par un modérateur chargé du suivi des résultats.

Une fois le groupe de travail constitué, présenter la méthodologie qui suivie pour l'analyse.

I.5.3.2 L'analyse fonctionnelle [11]

Le but de l'analyse fonctionnelle est de déterminer d'une manière assez complète les fonctions principales d'un produit, les fonctions contraintes et les fonctions élémentaires.

- ✚ Les fonctions principales : sont les fonctions pour lesquelles le système a été conçu, donc pour satisfaire les besoins de l'utilisateur.
- ✚ Les fonctions contraintes : répondent aux interrelations avec le milieu extérieur.
- ✚ Les fonctions élémentaires : assurent les fonctions principales, ce sont les fonctions des différents composants élémentaires du système.

Pour réaliser correctement l'analyse fonctionnelle il faut effectuer trois étapes principales :

- ✚ Définir le besoin à satisfaire. Le principe consiste à décrire le besoin et la façon dont il est satisfait et comment il risque de ne pas être satisfait.
- ✚ Définir les fonctions qui correspondent au besoin.
- ✚ Etablir l'arbre fonctionnel afin de visualiser l'analyse fonctionnelle. Très souvent les fonctions principales comportent des sous-fonctions ou résultent d'un ensemble des fonctions élémentaires. D'où le besoin de l'arbre fonctionnel.

I.5.3.3 L'étude qualitative des défaillances [12]

Dans cette étape, l'équipe AMDEC commence par l'identification des défaillances pour chaque élément du système afin de déterminer les différents modes de défaillance. Après, elle détermine les effets possibles relatifs à chaque mode ainsi que les causes les plus probables de ces défaillances.

I.5.3.4 L'étude quantitative [6]

Il s'agit d'une estimation de l'indice de criticité du trio cause-mode-effet de la défaillance potentielle étudiée selon certains critères. Plusieurs critères peuvent être utilisés pour déterminer cet indice. Souvent dans la pratique on considère qu'une défaillance est d'autant plus importante si :

- ✚ Ses conséquences sont graves.
- ✚ Elle se produit souvent.
- ✚ Elle se produit et on risque de ne pas la détecter.

Dans la pratique on attribue trois notes chacune sur une échelle de 1 à 10 pour chaque trio cause-mode-effet :

- ✚ La note G - gravité de l'effet - les conséquences sur le client/utilisateur.
- ✚ La note O - la probabilité d'occurrence - la fréquence d'apparition.
- ✚ La note D - la probabilité de non-détection - le risque de non-détection

L'indice de criticité (C) s'obtient en multipliant ces trois notes précédentes soit celle de la gravité, de la probabilité d'occurrence et de la probabilité de non-détection

$$C = G \times O \times D \dots \dots \dots (1)$$

I.5.3.5 La hiérarchisation par criticité [6]

La difficulté essentielle d'une étude qui veut anticiper les problèmes et rechercher les solutions préventives provient de la très grande variété des problèmes potentiels à envisager. D'où le besoin d'une hiérarchisation, qui permet de classer les modes de défaillances et d'organiser leur traitement par ordre d'importance.

I.5.3.6 Mise en place des plans d'actions [12]

Le but principal de l'analyse AMDEC, après avoir mis en évidence les défaillances les plus critiques à travers la hiérarchisation, est d'établir un plan afin de traiter les problèmes identifiés.

Les actions mises en place sont classées en trois types :

- ✚ Actions préventives : ces actions permettent de prévenir la défaillance avant qu'elle ne se produise afin de l'empêcher de se produire. Ce type d'actions exige la planification. La période d'application d'une action résulte de l'évaluation de la fréquence.
- ✚ Actions correctives : lorsque le problème n'est pas considéré comme critique, on agit au moment où il se présente. L'action doit alors être la plus courte possible pour une remise aux normes rapides.
- ✚ Actions amélioratrices : il s'agit en général de modifications de procédé ou de modifications technologiques du moyen de production destinées à faire disparaître totalement le problème. Le coût de ce type d'action n'est pas négligeable et on le traite comme un investissement.

I.5.3.7 Le suivi des actions prises et la réévaluation de criticité [6]

C'est le moment de vérité pour la méthode. Un nouvel indice de criticité est calculé de la même façon que lors de la première évaluation, en prenant en compte les actions prises. Cette valeur du nouvel indice de criticité est parfois appelé risque résiduel. L'objectif de cette réévaluation est de déterminer l'impact et l'efficacité des actions prises. Le nouvel indice de criticité doit donc être inférieur au seuil de criticité.

I.5.3.8 La présentation des résultats [6]

Pour pouvoir effectuer et appliquer l'AMDEC, les entreprises utilisent des tableaux conçus spécialement pour le système étudié et préparés en fonction des objectifs recherchés. Ces tableaux sont habituellement disposés en forme de colonnes et contiennent, en général, les informations nécessaires pour réaliser l'étude.

La figure suivante présente une architecture récapitulative sur la démarche AMDEC.

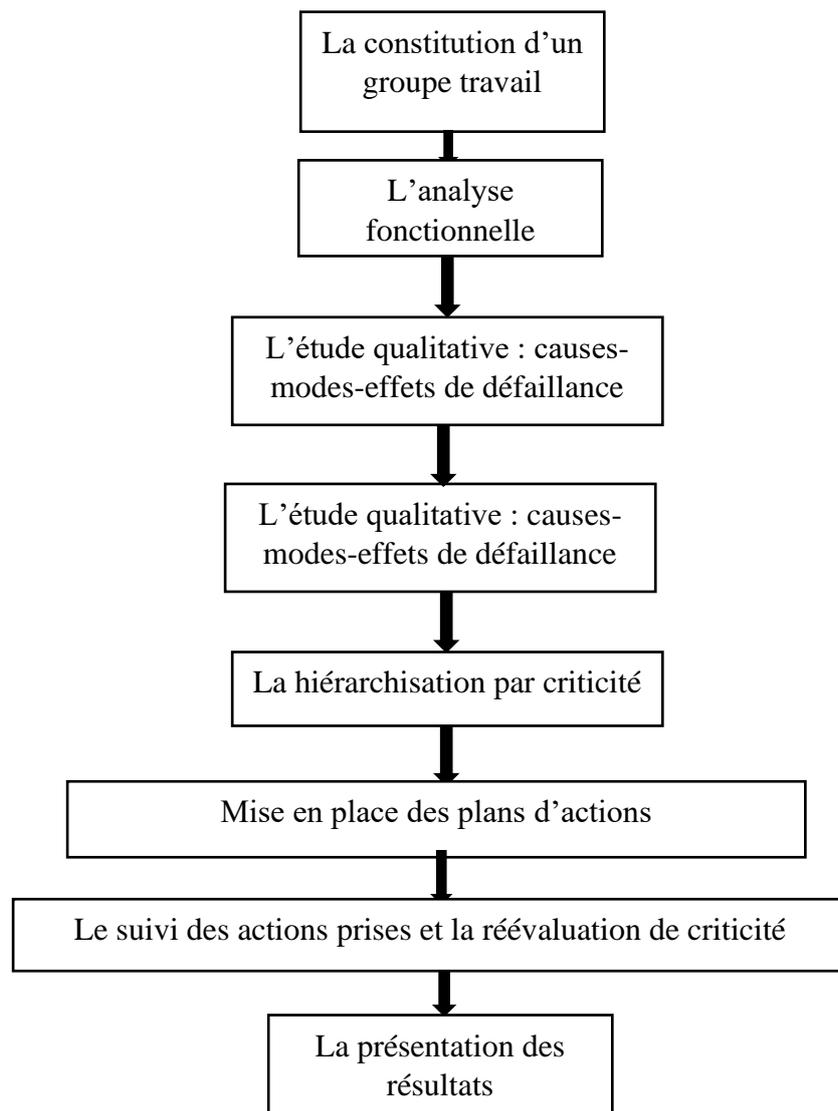


Figure 2 : Schéma récapitulatif d'une démarche AMDEC

I.5.4 Les avantages de la méthode AMDEC [9]

La méthode AMDEC confronte les connaissances de tous les secteurs d'activité de l'organisation, pour obtenir, dans un ordre que nous avons cherché à rendre significatif, les résultats suivants.

- ✚ La satisfaction du client est l'objectif majeur de l'AMDEC, un objectif contre lequel personne ne peut aujourd'hui s'élever. S'il n'y avait que ce seul argument en faveur de l'AMDEC, il devrait suffire à la rendre indispensable dans nos organisations.

- ✚ Le pilotage de l'amélioration continue par la gestion de plan d'actions. L'élaboration et la gestion de ces plans seront, avec les mises à jour régulières de l'AMDEC, un des moyens majeurs de faire vivre l'amélioration continue et de démontrer sa mise en œuvre.
- ✚ L'amélioration de la communication. Bien que rarement citée comme un avantage de l'AMDEC, elle est pour nous, un des avantages majeurs. Il s'agit en effet de placer autour d'une table des collègues de différents services afin de les faire travailler en groupe, utiliser la même logique et le même vocabulaire pour échanger des informations qui leurs seront forcément utiles pour la suite de leur travail. Pour une fois, tous vont parler le même langage, et vont ressortir de cet échange avec des priorités, et donc des plans d'actions communs. Ce partage d'information peut s'étendre aux clients, sous-traitants, intervenants divers...etc.
- ✚ L'amélioration de la stabilité des produits, procédés, services, machines... Il s'agit en priorité d'agir sur les choses qui gênent, déstabilisent, compliquent... Vous utiliserez l'AMDEC pour rendre plus stable, mieux maîtrisé, mieux connu, mieux compris, moins dangereux..., ce sur quoi vous travaillez.
- ✚ La réduction des coûts. Contrairement à ce que certains prétendent, l'AMDEC vous aide à réduire les coûts internes d'obtention de la qualité, à condition de travailler aussi sur les effets internes (dans le cadre de l'AMDEC procédé, sur la réduction des rebuts et des retouches) : c'est un des objectifs qualité majeure de la méthode. Les coûts externes eux aussi seront diminués, moins de retours garantis, moins de réclamations clients, moins de plaintes, meilleure image de l'organisation...etc.
- ✚ L'optimisation des contrôles, des tests, des essais, et, non pas renforcement de ces mêmes contrôles. L'AMDEC vous aide à ne faire des contrôles que sur les points qui le nécessitent. Elle ne vous contraint pas à tout contrôler, comme nous le voyons et l'entendons dire trop souvent (ce point fera l'objet d'un développement complet dans les différentes AMDEC).
- ✚ L'élimination des causes de défaillances. C'est un des objectifs majeurs de l'AMDEC qui se traduira par la mise en place de mesures préventives, voire par l'élaboration de plans d'actions.
- ✚ L'expérience écrite. À partir du raisonnement AMDEC, certaines organisations vont être amenées à passer d'une culture orale à une culture écrite. L'AMDEC est un des moyens de faire comprendre à tous les membres d'une organisation, l'importance de l'enjeu, voire le défi que représente ce changement de culture.

Enfin, pour boucler la boucle, l'AMDEC montre que la prévention est l'affaire de tous, ce message s'adressant aussi bien, à l'intérieur de l'organisation, qu'à l'extérieur de cette même organisation. Ce faisant elle est partie intégrante de la boucle vertueuse de l'amélioration continue.

I.5.5 Les limites de l'AMDEC [10]

Bien que d'un usage largement généralisé, il serait totalement inexact de prétendre que l'AMDEC est un outil universel ; précisons les quelques limitations de la méthode :

- ✚ La qualité d'une AMDEC dépend complètement de la qualité des études réalisées en amont et, en particulier, de l'analyse fonctionnelle. Elle dépend également de la qualité de la communication à l'intérieur du groupe de travail.
- ✚ Par principe, l'analyse des modes de défaillance tend vers l'exhaustivité, c'est pourquoi il est important de bien préciser les limites de l'étude.
- ✚ Il faut reconnaître une certaine lourdeur de la méthode, tant au point de vue du volume de la documentation nécessaire, que du temps passé à l'analyse (compter une journée d'analyse pour un dispositif comprenant entre 10 et 15 composants et/ou organes).
- ✚ Dans tous les cas, il convient d'éviter la réalisation de l'AMDEC « *Parapluie* » qui est là pour se donner bonne conscience vis-à-vis des utilisateurs.
- ✚ Il faut remarquer la difficulté ou même l'impossibilité de prendre en compte les phénomènes combinatoires ou dynamiques ou les pannes multiples. D'autres méthodes (arbre de défaillances, méthode de combinaison de pannes, etc.) sont alors plus adaptées.
- ✚ L'AMDEC est par nature mieux adaptée aux dispositifs mécaniques et analogiques qu'aux systèmes numériques.
- ✚ L'AMDEC est essentiellement destinée à l'analyse des modes de défaillance d'entités matérielles (mécanique, électrique, pneumatique, hydraulique, etc.). La méthode est plus délicate de mise en œuvre dans le cadre d'études de système logiciel, celui-ci ne pouvant être traité comme un composant ou un ensemble de composants.
- ✚ Pour garantir l'exhaustivité de l'AMDEC, il est nécessaire d'envisager l'ensemble des modes de défaillance et de ne pas en ignorer certains sous prétexte que leur probabilité d'apparition est négligeable.

I.6. Conclusion

L'AMDEC est un outil de maintenance utilisé pour les entreprises qui commence dès la conception du produit, processus et service jusqu'à la fin, elle consiste à analyser les défaillances, leurs causes, leurs effets. La mise en place de la méthode AMDEC au sein de l'entreprise se traduit par une optimisation de production, analyse des défauts et limitation des défaillances, donc la méthode AMDEC est un moyen de prise de décision raisonnées sur 3 types de qualité d'amélioration : préventives, correctives, amélioratives.



Chapitre II
Le système ICIM 3000 du laboratoire MELT

I. Introduction

L'application de n'importe quelle méthode sur un système commence obligatoirement par la description et la compréhension de fonctionnement de ce système. Cette étape très importante consiste à décortiquer le système en sous-systèmes et en sous-sous-systèmes jusqu'au le niveau plus détaillé.

Dans ce chapitre nous allons parler sur les systèmes de production d'une manière générale, ensuite nous allons expliquer le fonctionnement du système ICIM 3000 du laboratoire MELT (Manufacturing Engineering Labarotary of Tlemcen), puis nous allons concentrer notre travail sur la description de ces stations et leurs composants toute en détaillant la station de qualité et manutention.

II. Système de production

II.1. Définition

Un système de production est un ensemble de ressources qui permet la transformation des matières premières et/ou des composants en produits finis. [14]

Quatre types de ressources essentiellement sont distingués : Moyens humains qui permettent le bon déroulement du processus de transformation, des équipements (machines, outils, moyens de transport, moyens informatiques, ...) qui assure les opérations de transformation, des produits qui vont subir ces opérations (matières premières, produits semi-finis, produits finis, ...) et des locaux de stockage. [15]

II.2. Parties principales d'un système de production

Un système automatisé, quel qu'il soit nécessite un opérateur, c'est une personne qui donne des consignes au système et qui est capable de comprendre les signaux que la partie commande lui renvoie [16].

On distingue deux parties dans un système automatisé :

II.2.1. Partie commande [16]

Elle reçoit les consignes de l'opérateur et les comptes rendus de la partie opérative. Elle adresse des ordres à la partie opérative et des signaux à l'opérateur. C'est son programme qui gère l'ensemble de ces échanges d'informations.

Elle est constituée de :

II.2.1.1. Pupitre de commande [21]

Le pupitre de commande permet à l'opérateur de visualiser l'évolution de différents paramètres du système. C'est une interface de dialogue qui permet communiquer avec le système à travers les différents boutons de commande.

II.2.1.2. Logiciel de programmation

Représente un outil informatique spécifié aux caractéristiques du système automatisé qui sert à piloter la partie opérative.

II.2.1.3. L'Automate Programmable Industriel [17]

L'Automate Programmable Industriel (API) est un appareil électronique programmable, adapté à l'environnement industriel, qui réalise des fonctions d'automatisme pour assurer la commande de pré-actionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logique, analogique ou numérique.

Les API comportent quatre parties principales [17] :

- **Une mémoire**

Elle est conçue pour recevoir, gérer, stocker des informations issues des différents secteurs du système. Il existe dans les automates plusieurs types de mémoires qui remplissent des fonctions différentes

- **Un processeur**

Son rôle consiste d'une part à organiser les différentes relations entre la zone mémoire et les interfaces d'E/S et d'autre part à gérer les instructions du programme.

- **Des interfaces d'Entrées/Sorties**

L'interface d'entrées comporte des adresses d'entrée, une pour chaque capteur relié. L'interface de Sorties comporte des adresses de sorties, une pour chaque pré actionneur. Le nombre d'E/S varie suivant le type d'automate. Les cartes d'E/S ont une modularité de 8, 16 ou 32 voies. Elles admettent ou délivrent des tensions continues 0 - 24 Vcc.

- **Une alimentation (240 Vac 24 Vcc)**

Tous les automates actuels utilisent un bloc d'alimentation alimenté en 240 Vac et délivrant une tension de 24 Vcc.

II.2.2. Partie opérative [16]

Elle effectue les opérations par des actionneurs (moteur, vérin etc.) Elle reçoit des ordres de la partie commande. Elle adresse des comptes rendus à la partie commande.

Elle est constituée de :

II.2.2.1 Pré-actionneurs [19]

Les pré-actionneurs font partie de la chaîne d'action d'un système automatisé. Les pré actionneurs sont les interfaces entre la partie commande et la partie opérative. Ils distribuent, sur ordre de la partie commande, l'énergie de puissance aux actionneurs.

II.2.2.2 Actionneurs [19]

Un actionneur est un objet qui transforme l'énergie qui lui est fournie en un phénomène physique qui fournit une information, modifie le comportement ou l'état d'un système. Dans les définitions de l'automatisme, l'actionneur appartient à la partie opérative d'un système automatisé.

II.2.2.3 Capteurs [20]

Un capteur est un élément de la partie opérative capable de détecter, avec ou sans contact, un phénomène physique dans son environnement. Il détecte une information et la traduit en une autre (souvent une tension électrique) interprétable par la partie commande.

III. Système ICIM 3000

III.1. Définition du système ICIM 3000

Le système iCIM 3000 est l'une des dernières solutions proposées par Festo Didactic. Cette solution est dédiée à la formation des étudiants et des besoins des centres de recherche en termes de recherche manufacturière. Le système automatisé iCIM 3000 est supposé jouer un rôle important dans l'illustration de sujets complexes tels que la logistique de production et la planification des séquences dans les systèmes de fabrication flexibles (FMS). [22].

III.2. Explication de fonctionnement (Organigramme)

Tout d'abord on démarre le système ICIM 3000, dès qu'on lance l'ordre de production, les articles nécessaires seront récupérés dans la station de stockage et déstockage, ensuite les articles vont passer dans la station CNC pour l'usinage. Une fois les articles sont usinés ils vont être stockés dans le stock tampon au plus tard, sinon seront placer dans les palettes de convoyeur. Les articles seront transférés à la station du qualité et manutention qu'ils soient tester :

- Si les articles dépassent les limites de tolérance le système va arrêter et un l'ordre de production sera modifier et les articles seront défectueux.
- Sinon les articles vont transférer à la station de stockage et déstockage ou ils seront stockés et récupérés.

Dans un moment les articles seront et récupérer et transférer à la station d'assemblage et placer dans le stock tampon. Dès que l'opération d'assemblage commence les articles seront assembler

avec d'autres articles qui sont prêts déjà comme des produits finis dans la station (stylo, manomètre, thermomètre).

Le produit final est une plaque de base sera transférer vers la station de stockage et déstockage.

Les étapes de fonctionnement de ce système sont résumées dans l'organigramme suivant [18] :

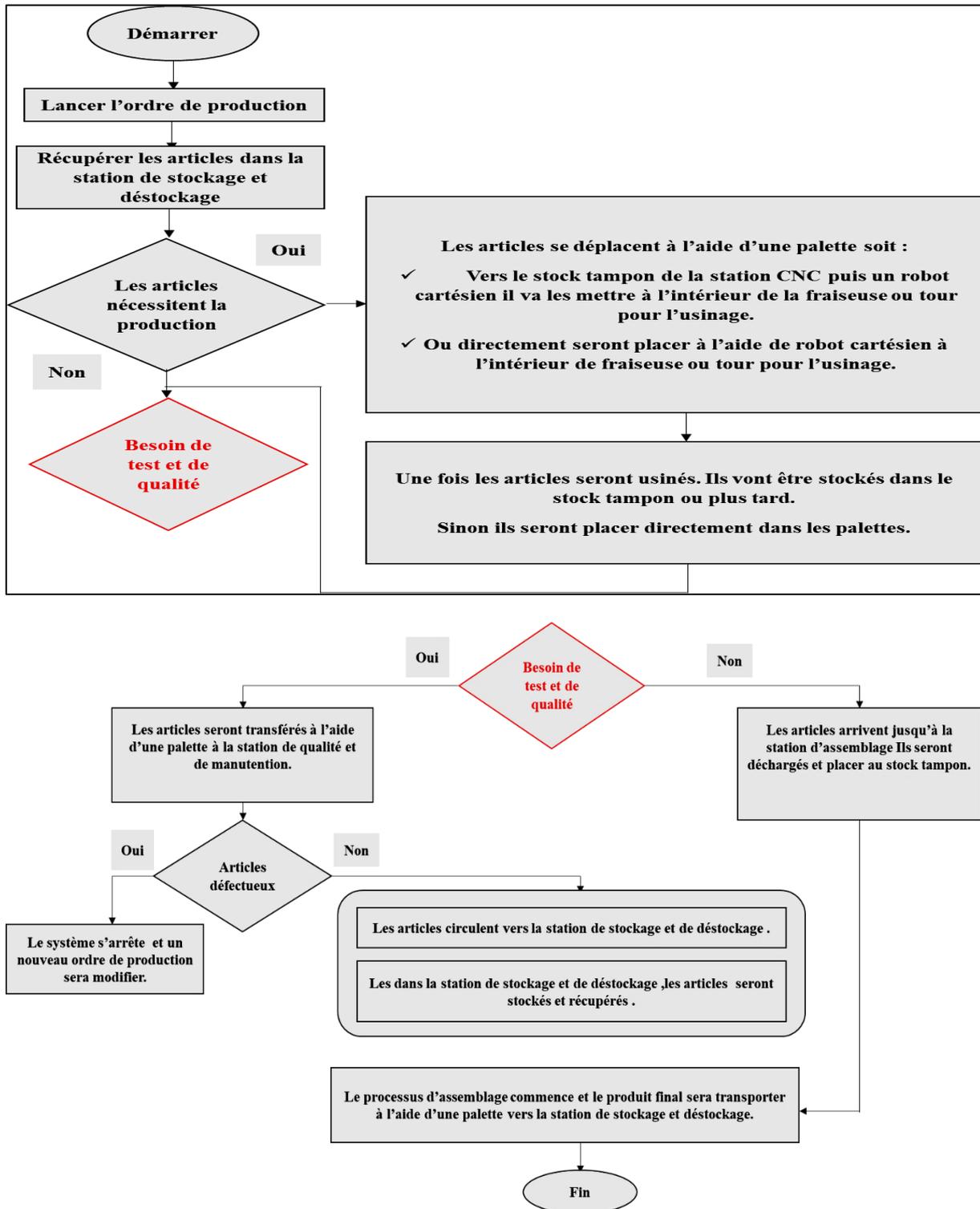


Figure 3-3 : Organigramme de fonctionnement du système iCIM

III.3. Les différentes stations du système ICIM 3000

III.3.1. Station de stockage/déstockage automatique AS/RS

Elle permet de stocker les matières premières, produits-semis-finis et produits -finis, elle est composée de 100 emplacements de stockage (50 emplacements à gauche et 50 à droite) au milieu des emplacements on trouve un robot qui manutentionne les articles avec leurs supports



Figure 4-5 : Station de stockage/déstockage automatique AS/RS

III.3.2. Station de convoyage (Convoyeur à Palettes)

Elle permet de transférer les produits du stock vers les autres stations ou inversement. Elle est composée des palettes qui portent les articles ainsi que leurs supports et une boîte de commande.



Figure 6 : Station de convoyage (Convoyeur à Palettes)

III.3.3. Machine de fraisage 105 avec robot d'alimentation flexible

Elle permet de réaliser des trous de différents diamètre sur les plaques de base, elle est composée d'un outil d'usinage(fraise), stock tampon et un robot flexible qui manutentionne les plaques de base et les mettre au stock tampon ensuite à l'intérieur de la fraiseuse, sinon directement à l'intérieur de la fraiseuse pour l'usinage.



Figure 7-8 : Machine de fraisage 105 avec robot d'alimentation flexible

III.3.4. Machine de tours 105 avec robot d'alimentation flexible

Elle permet d'imprimer des mouvements rotatifs sur les plaques de base et les portes-stylos, elle est composée de l'outil de tournage, stock tampon et un robot qui manutentionne les plaques de bases et les portes-stylos et les mettre au stock tampon ensuite à l'intérieur de tournage, sinon Directement à l'intérieur de tournage pour l'usinage.



Figure 9-10 : Machine de tours 105 avec robot d'alimentation flexible

III.3.5. Station de qualité et de manutention (QH 200)

Elle permet de tester les limites de tolérance des plaques et de l'alimentation manuelle du système en parallèle, elle est composée de 3 différentes sous-stations :

1. Module de bande.
2. Unité de mesure.
3. Module linéaire.

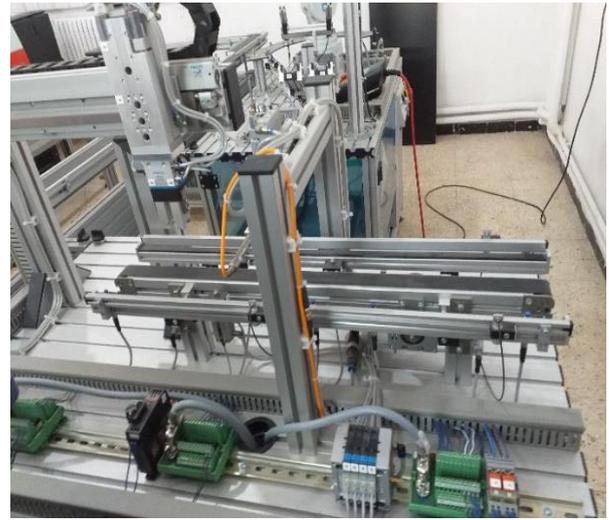


Figure 11-12 : Station de qualité et de manutention (QH 200)

III.3.6. Station d'assemblage

Elle permet d'assembler tous les articles qui sont prêts comme produits-finis (thermomètre, manomètre, stylo) avec des articles qui sont déjà usinés dans les machines CNC (plaque de base, porte-stylo), elle se compose d'un robot et du stock tampon.



Figure 13 : Station d'assemblage

IV. Principaux composants de la station de qualité et de manutention (QH 200)

La station de qualité et de manutention (QH 200) se compose de trois sous-stations principales et chaque sous-station se compose de ces propres composants.

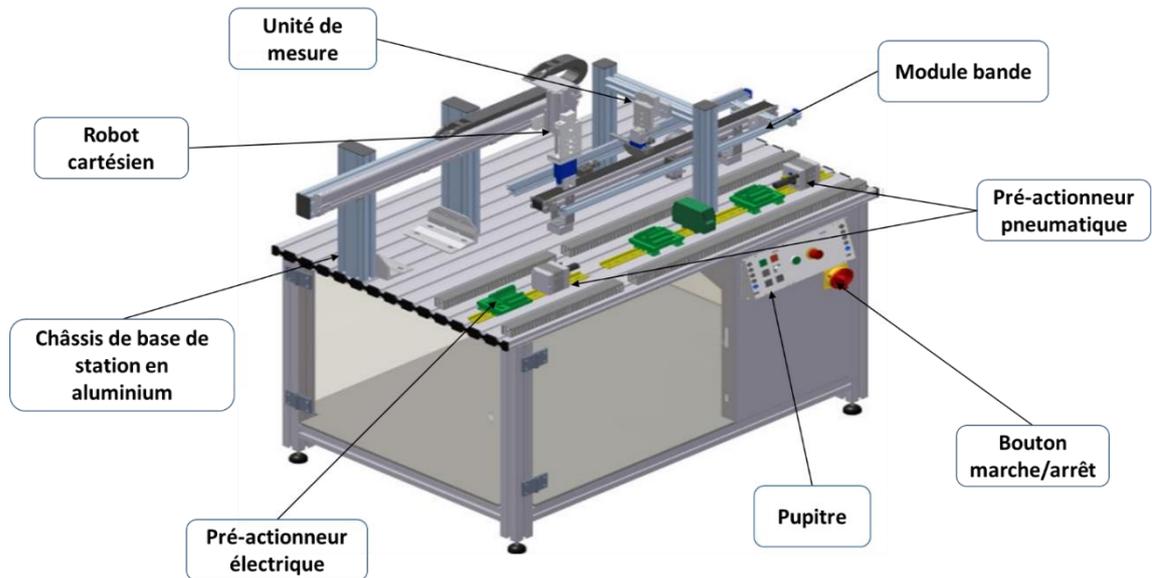


Figure 14 : Principaux composants de la station de qualité et de manutention

IV.1. Système de transport (module bande)

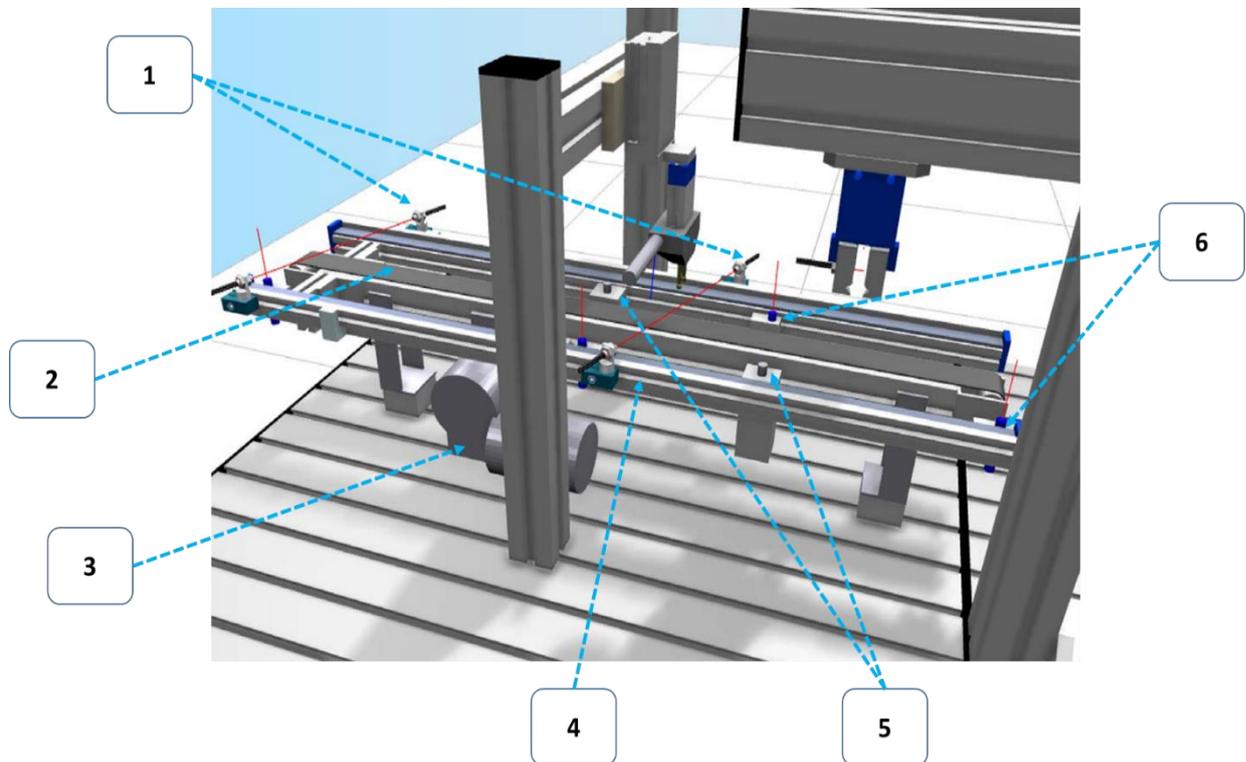


Figure 15 : Les composants de Système de transport (Module bande)

Tableau2.1 : Nom et fonction des composants de module bande

Numéro	Nom	Fonction
1	Capteurs infra rouges	Détecter la présence de la pièce
2	Tapie	Porter les palettes
3	Moteur	Tourner le tapis
4	Base en aluminium	Porter les composants de transporteur
5	Stoppeurs (vérin)	Arrêter les palettes
6	Capteurs inductifs de proximité	Détecter la présence des palettes

IV.1.1. Capteur optique à barrage 9B1 Il permet de détecter la présence de la pièce (plaque de base) au point de test.



Figure 16 : Capteur optique à barrage 9B1

IV.1.2. Capteur optique à barrage 9B2 Il permet de détecter la présence de la pièce (plaque de base) dans la fin de la station (point d'évacuation des pièces défectueuses).



Figure 17 : Capteur optique à barrage 9B2

IV.1.3. Capteur inductif 8B1 Il permet de détecter le support de la plaque de base au point d'évacuation.

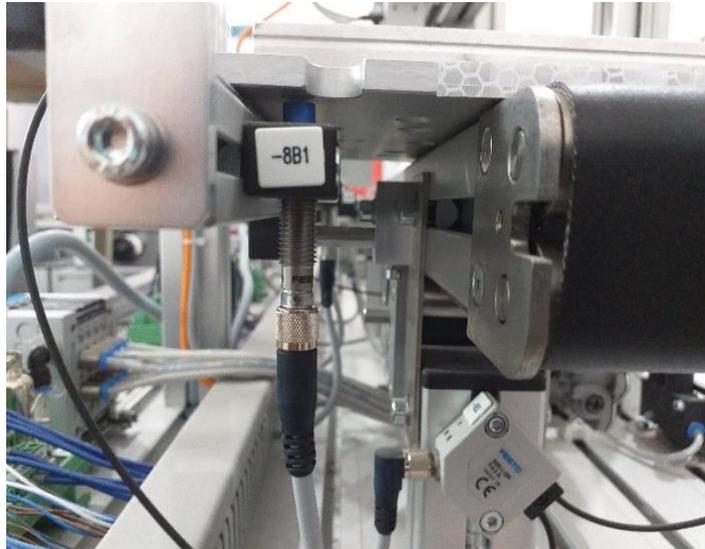


Figure 18 : Capteur inductif 8B1

IV.1.4. Capteur inductif 8B2 Il permet d'indiquer que le support de la plaque de base a dépassé le point du test.



Figure 19 : Capteur inductif 8B2

IV.1.5. Capteur inductif 8B3 / 8B5 Il permet de détecter la présence de support de la plaque de base est positionnée au point de test.



Figure 20-21 : Capteur inductif 8B3-8B5

IV.1.6. Capteur inductif 8B4 Il permet de détecter l'arrivée du support de la plaque de base afin de lancer la mise en marche du convoyeur.

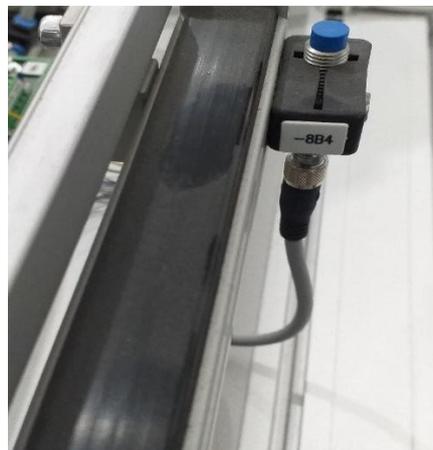


Figure 22 : Capteur inductif 8B4

IV.1.7. Vérin pneumatique V6B1 / V7B1 Il permet de fixer la palette avant le point du test.

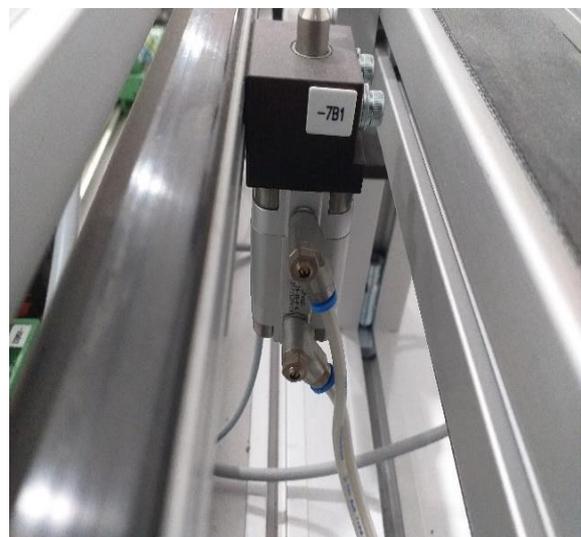
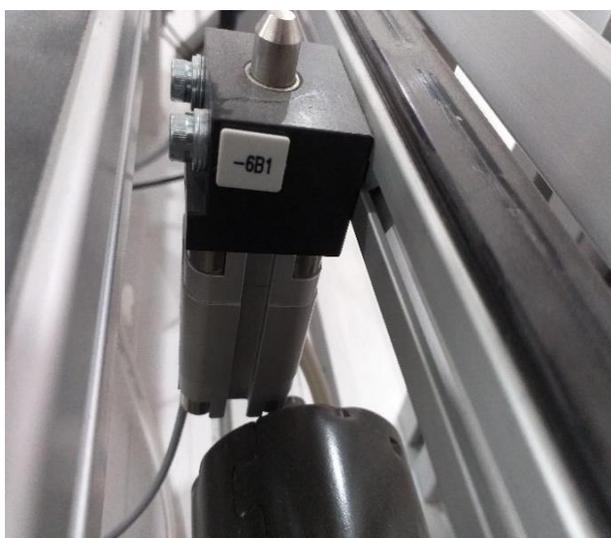


Figure 23-24 : Vérins (stoppeurs) pneumatiques V-6B1 / V-7B1

IV.1.8. Moteur électrique à courant continu M1(actionneur) Il permet d'assurer la rotation du tapis.

IV.1.9. Poulie(actionneur) Il permet de transmettre le mouvement du moteur vers le tapis roulant.



Figure 25-26 : Moteur électrique à courant continu-M1 / Poulie

IV.2. Système qualité (Unité de mesure)

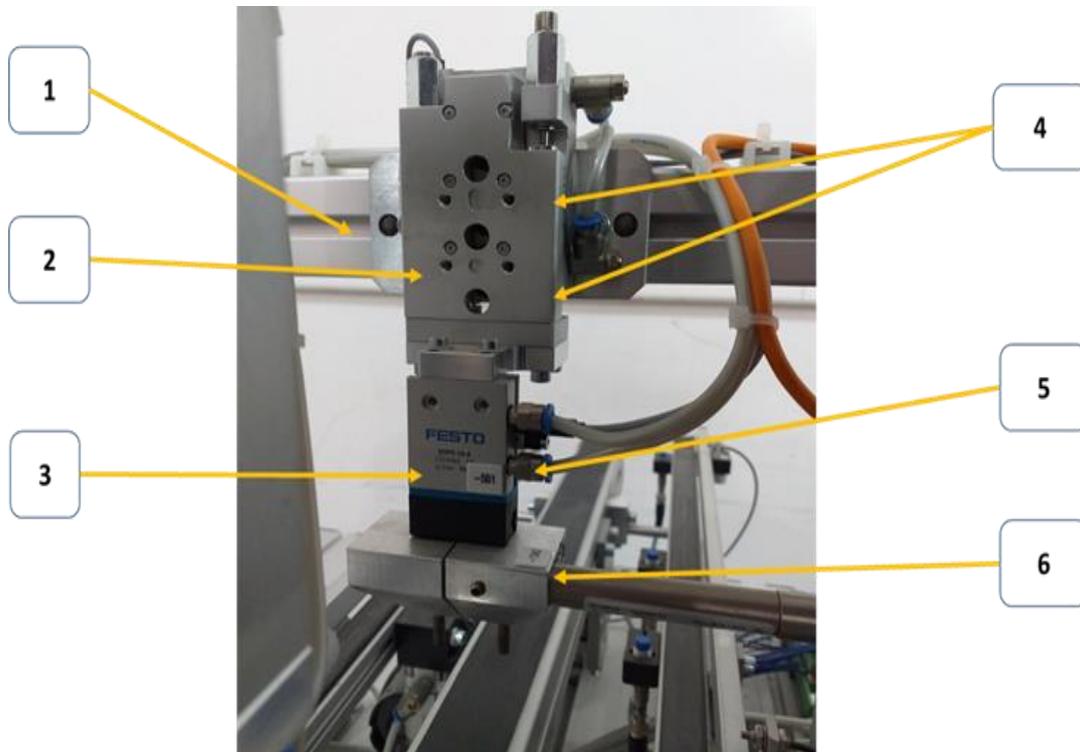


Figure 27 : Composants de Système de qualité (Unité de mesure)

Tableau2.2 : Nom et fonction des composants de l'unité de mesure

Numéro	Nom	Fonction
1	Base en aluminium	Porter les composants de l'unité de mesure
2	Vérin	Déplacer la pince
3	Pince	/
4	Capteurs électromagnétiques	Contrôler la position du vérin
5	Capteurs électromagnétiques	Contrôler la position de la pince
6	Capteur inductif de proximité	Mesurer les dimensions

IV.2.1. Capteur électromagnétique 4B1 Il permet de détecter la position du vérin (niveau haut).

IV.2.2. Capteur électromagnétique 4B2 Il permet de détecter la position du vérin (niveau bas).

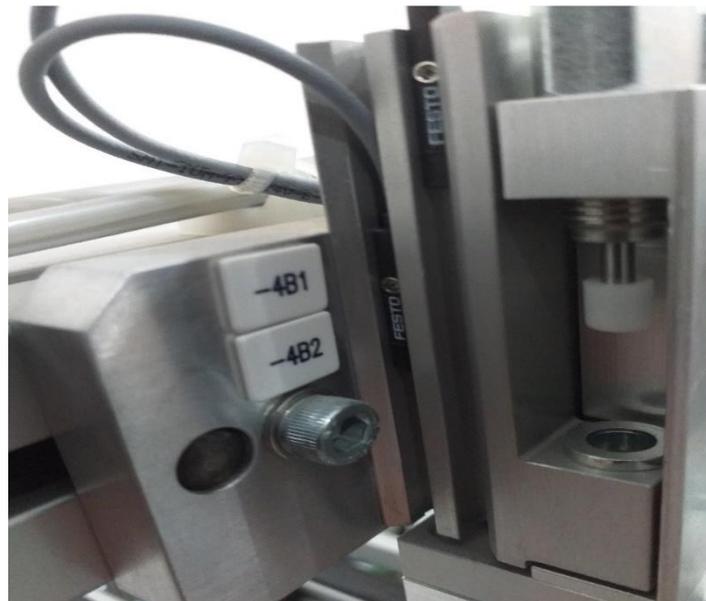


Figure 28 : Capteur électromagnétique 4B1-4B2

IV.2.3. Capteur électromagnétique 5B1 Il permet de détecter l'ouverture ou la fermeture de la pince.

IV.2.4. Capteur électromagnétique 10A2 Il permet de mesurer le diamètre (dimensions) des trous.

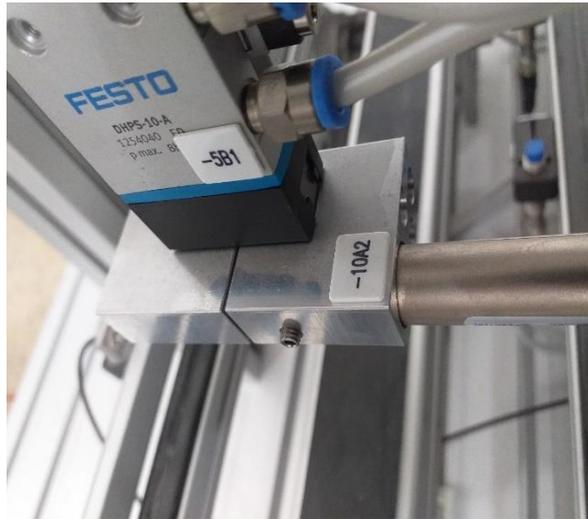


Figure 29 : Capteur électromagnétique 5B1-10A2

IV.3. Robot cartésien (module linéaire)

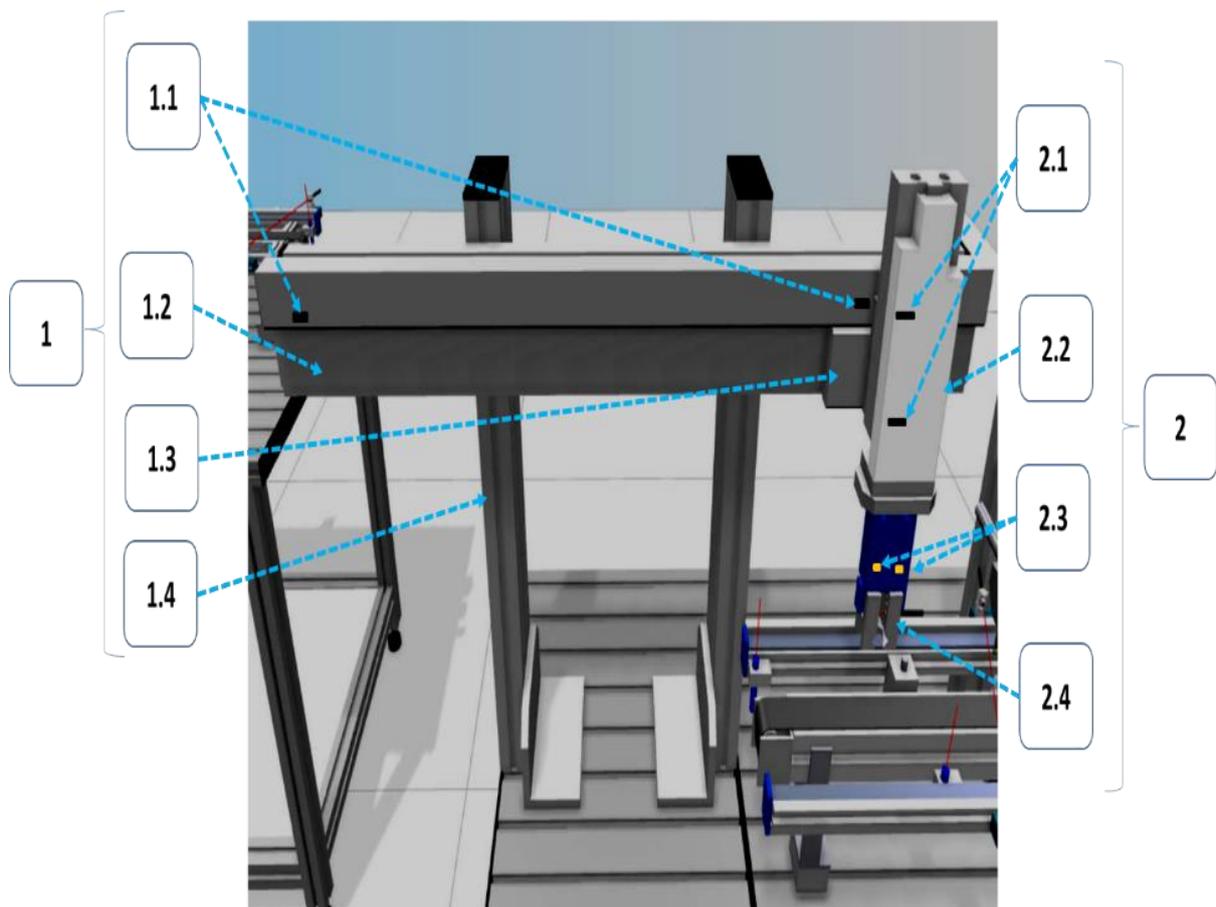


Figure 30 : Les composants du Robot cartésien (module linéaire)

Tableau2.3 : Nom et fonction des composants de module linéaire

Numéro	Partie	Numéro	Nom	Fonction
1	Axe X	1.1	Capteur électromagnétique	Contrôler la position de partie (Axe X)
		1.2	Partie fixe	porter et facilite le déassement de la partie mobile
		1.3	Partie mobile	Déplacer la partie (Axe Y)
		1.4	Base en aluminium	Porter les composants de partie (Axe X)
2	Axe Y	2.1	Capteur électromagnétique	Contrôler la position de partie (Axe Y)
		2.1	Vérin	Déplacer le pince
		2.1	Capteur électromagnétique	Détecter la présence des palettes
		2.1	Pince	Porter la palette

IV.3.1. Capteur électromagnétique 1B2 Il permet de détecter la position de Robot cartésien au niveau de convoyeur.

IV.3.2. Capteur électromagnétique 1B1 Il permet de détecter la position de Robot cartésien à l'intérieur de la station.



Figure 31-32 : Capteur électromagnétique 1B2 / 1B1

IV.3.3. Capteur électromagnétique 2B1 Il permet de détecter la position du vérin (fermé).

IV.3.4. Capteur électromagnétique 2B2 Il permet de détecter la position du vérin (ouvert).

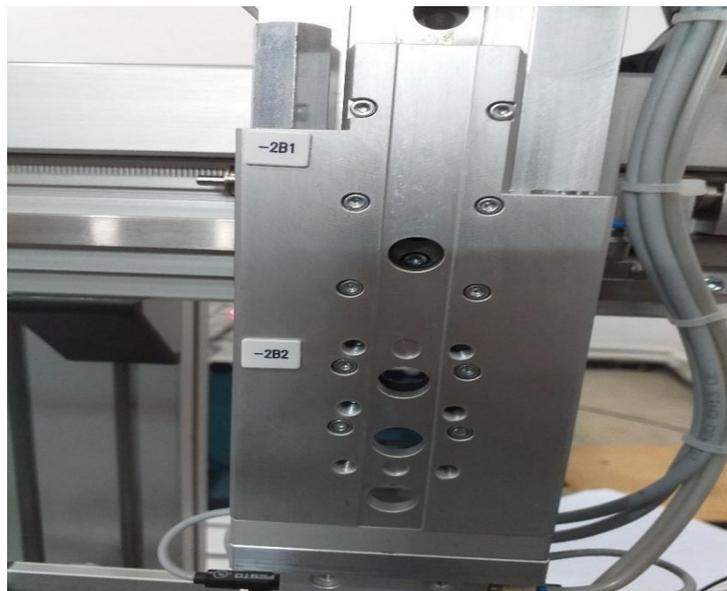


Figure 33 : Capteur électromagnétique 2B1 / 2B2

IV.3.5. Capteur électromagnétique 3B1 / 3B2 Il permet de tester l'ouverture et la fermeture de la pince.



Figure 34 : Capteur électromagnétique 3B1/ 3B2

IV.4. Pupitre

Le pupitre permet de commander le fonctionnement de la station de manutention et qualité.

IV.4.1. Fonction des boutons du pupitre

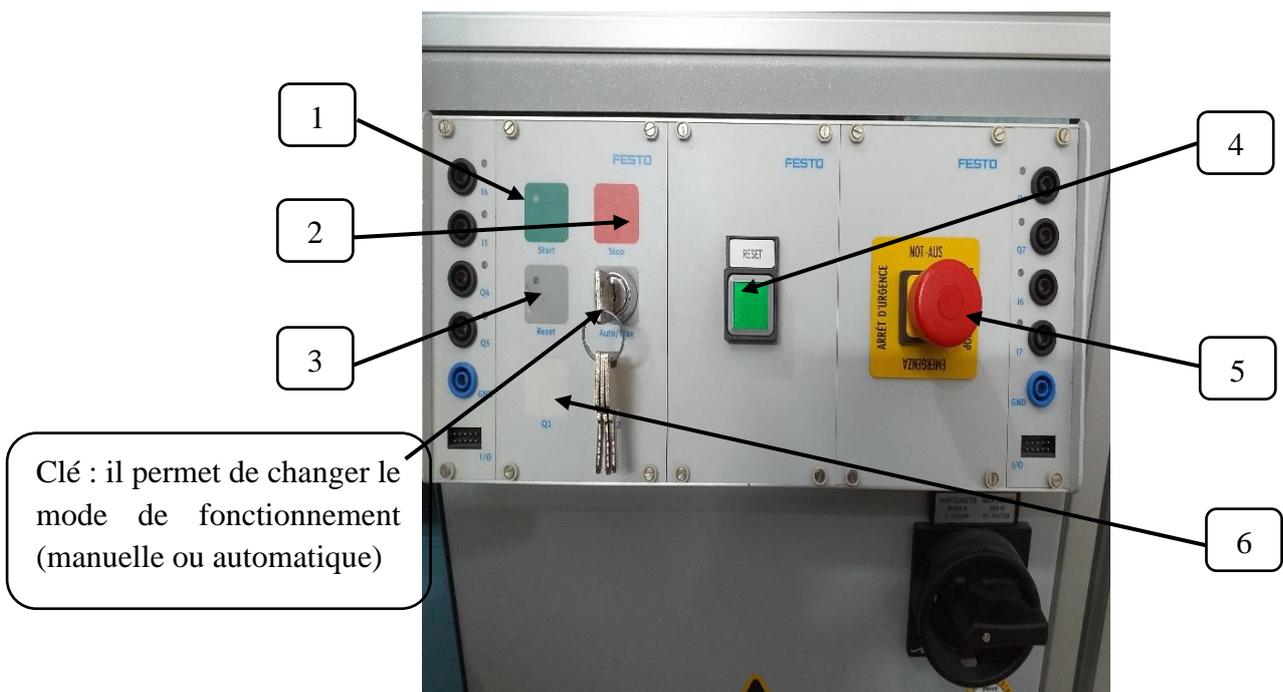


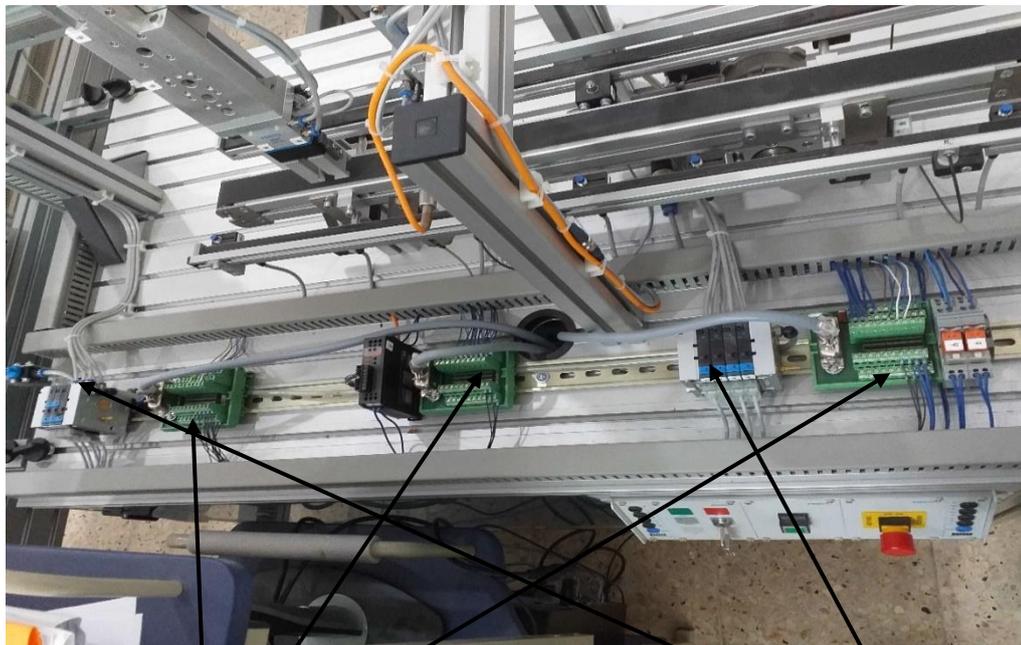
Figure 35 : Boutons du pupitre

Tableau2.4 : Fonction des boutons du pupitre

Numéro	Nom	Fonction
1	Bouton vert Start	Démarrer la station
2	Bouton rouge Stop	Arrêter la station
3	Bouton gris Reset	Initialiser la station (remise à zéro)
4	Bouton vert Reset	Initialiser la station (remise à zéro)
5	Bouton rouge	Arrêt d'urgence
6	Lampe blanche Q1	Témoin d'indicateur des anomalies

IV.5. Pré actionneur électrique et pneumatique

Les pré actionneurs (électrique ou pneumatique) assurent la distribution de l'énergie (puissance, air comprimé) aux actionneurs.



Pré actionneur électrique

Pré actionneur pneumatique

Figure 36 : Pré actionneurs électriques et pneumatiques

V. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté la description de système ICIM 3000 dont nous avons concentré notre travail sur la station de qualité et de manutention cela en raison de complexité de système. Nous avons étudié les composants et leurs fonctions de cette station ce qui est le plus important pour comprendre le fonctionnement de n'importe quel système. Ces informations nous ont permis d'établir l'ensemble des tableaux des modes-causes-effets de défaillance de chaque composant et faciliter l'analyse et l'étude AMDEC. Les tableaux et le détail de la méthode AMDEC vont être présentés dans le chapitre suivant.



Chapitre III
Modélisation de fonctionnement de la
station de qualité et de manutention Q200

I. Introduction

La modélisation joue un rôle essentiel dans L'automatisation des systèmes de production, il nous permet de bien comprendre le fonctionnement de ces systèmes à travers une représentation graphique en utilisant des étapes et des transitions. Parmi les outils de modélisations les plus utilisées dans l'automatisme on trouve les Grafjets et les réseaux de pétri.

Dans ce chapitre nous allons parler de quelques généralités sur les Grafjets et les réseaux de pétri, ensuite nous allons présenter notre application de ces deux outils sur le système de production iCIM 3000.

II Grafjet

II.1. Définition de grafjet [23]

Le GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande des étapes et Transitions) est l'outil de représentation graphique d'un cahier des charges. Il a été proposé par l'ADEPA (en 1977 et normalisé en 1982 par la NF C03-190).

Le GRAFCET est une représentation alternée d'étapes et de transitions. Une seule transition doit séparer deux étapes. Une étape correspond à une situation dans laquelle les variables de sorties conservent leur état. Les actions associées aux étapes sont inscrites dans les étiquettes. Une transition indique la possibilité d'évolution entre deux étapes successives. A chaque transition est associée une condition logique appelée réceptivité

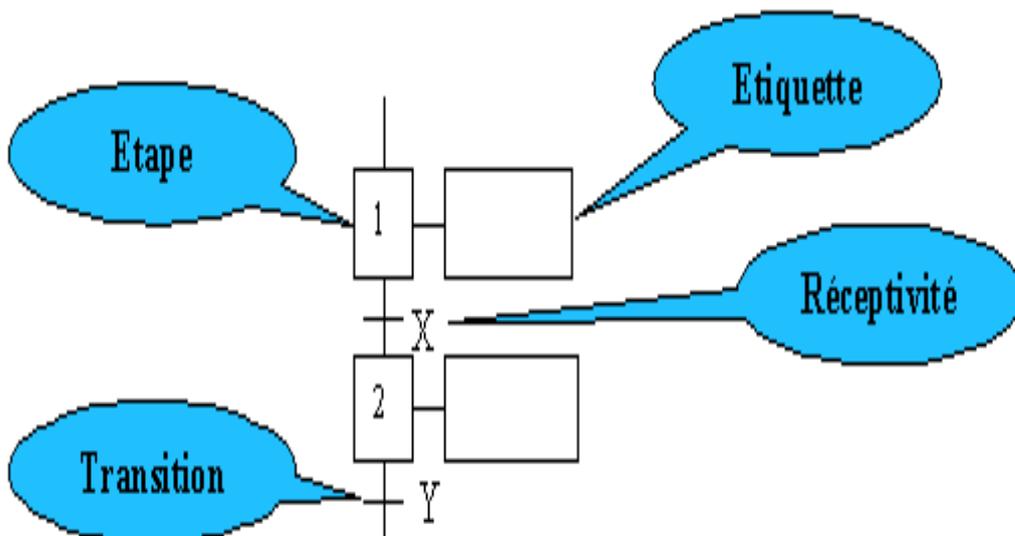


Figure 37 : Schéma récapitulatif d'un grafjet [23]

II.2. Les concepts de base du GRAFCET [24]

II.2.1. Les étapes

Une étape symbolise un état ou une partie de l'état du système automatisé. Chaque étape dans le grafcet représentée par un carré repéré numériquement, possède ainsi une variable d'état, appelée variable d'étape X_i . Cette variable est une variable booléenne valant 1 si l'étape est active, 0 sinon. Deux états possibles pour une étape ; état active qui est représentée par un jeton dans l'étape ou état inactive qui ne possède pas un jeton.

La situation initiale d'un système automatisé est indiquée par une étape dite étape initiale et représentée par un carré double.

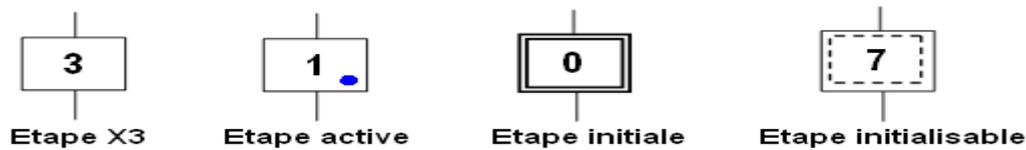


Figure 38 : différentes étapes possibles [24]

II.2.2. Actions associées aux étapes

A chaque étape est associée une action ou plusieurs, c'est à dire un ordre vers la partie opérative ou vers d'autres grafcets. Mais on peut rencontrer aussi une même action associée à plusieurs étapes ou une étape vide (sans action)

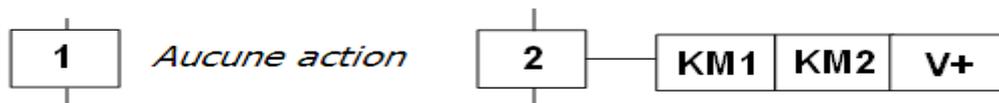


Figure 39 : étapes avec actions [24]

II.2.3. Transition

Une transition indique la possibilité d'évolution qui existe entre deux étapes et donc la succession de deux activités dans la partie opérative. Lors de son franchissement, elle va permettre l'évolution du système. A chaque transition est associée une condition logique appelée réceptivité qui exprime la condition nécessaire pour passer d'une étape à une autre.

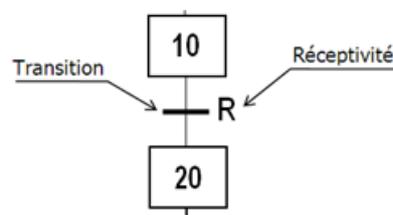


Figure 40 : deux étapes liées par une transition [24]

La réceptivité qui est une information d'entrée qui est fournie par :

- ✚ L'opérateur : pupitre de commande.
- ✚ La partie opérative : états des capteurs.
- ✚ Le temps, d'un comptage ou toute opération logique, arithmétique...
- ✚ Les grafquets : d'autres grafquets pour la liaison entre grafquets ou de l'état courant des étapes du grafquet (les Xi).
- ✚ D'autres systèmes : dialogue entre systèmes.

II.2.4. Liaisons orientées

Elles sont de simples traits verticaux qui relient les étapes aux transitions et les transitions aux étapes comme le montre la figure suivante. Elles sont normalement orientées de haut vers le bas. Une flèche est nécessaire dans le cas contraire.

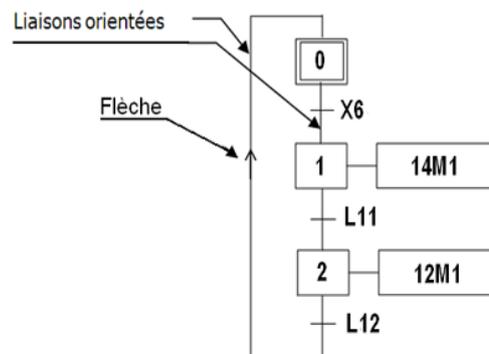


Figure 41 : exemple d'un grafquet avec trois états [24]

II.3. Règles de syntaxe [23]

II.3.1. Situation initiale

Cette représentation indique que l'étape est initialement activée (à la mise sous tension de la partie commande). La situation initiale, choisie par le concepteur, est la situation à l'instant initial. Cette situation est représentée par l'étape à double cadres (la figure 3.4)

II.3.2. Franchissement d'une transition

Une transition est franchie lorsque l'étape associée est active et la réceptivité associée à cette transition est vraie.

II.3.3. Evolution des étapes actives

Le franchissement d'une transition provoque simultanément :

- ✚ La désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes reliées à cette transition.

- ✚ L'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes reliées à cette transition.

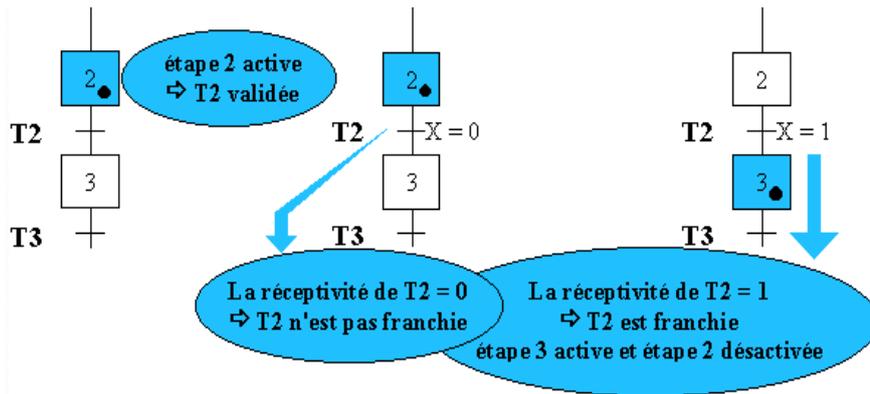


Figure 42 : Activation et désactivation des étapes [23]

II.3.4. Transitions simultanées

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

Si plusieurs transitions sont simultanément franchissables alors elles doivent être franchies simultanément, bien sur le franchissement de chaque transition va activer une ou plusieurs étapes qui la suivent immédiatement (c.à.d. activation de l'étape ou toutes les étapes directement liées à ces transitions franchissables).

II.3.5. Activation et désactivation simultanées

Une étape à la fois activée et désactivée reste active.

Si une étape est désactivée et activée en même temps alors elle reste active.

III. Modélisation des sous-stations par grafcet

III.1 Modélisation de système de transport (module bonde)

III.1.1. Fonctionnement

Dès qu'on lance le départ cycle le moteur tourne au même temps le tapis roule, ensuite les capteurs 8B3 ET 8B5 détectent la présence de support pièce au point de test, puis les capteurs fin de course 7B1 et 6B1 permettent de bien positionner les vérins V7B1 et V6B1 vers le haut pour fixer le support-pièce afin que la pièce soit testée, le capteur 8B2 nous indique que le support-pièce a dépassé le point test au même temps les capteurs de fin de course 7B1 et 6B1 permettent de bien positionner les vérins V7B1 et V6B1 vers le bas.

Une fois que le support-pièce a dépassé le point de test, il aura deux possibilités :

Si le trou de la pièce dépasse les limites de tolérances :

- ✚ La pièce défectueuse sera évacuée dans le convoyeur de la station, un opérateur va enlever les pièces défectueuses

- + Sinon : La pièce sera transférée vers la station AS / RS pour le stockage ou vers la station d'assemblage.

III.1.2. Fonction des composants

- + Capteur 9B1 : capteur optique à barrage qui permet de détecter la présence de la pièce au point de test.
- + Capteur 9B2 : capteur optique à barrage qui permet de détecter la présence de la pièce dans la fin de la station (point d'évacuation des pièces défectueuses).
- + Capteur 8B1 : capteur inductif qui permet de détecter le support de la pièce au point d'évacuation.
- + Capteur 8B2 : capteur inductif qui permet d'indiquer que le support de la pièce a dépassé le point test.
- + Capteur 8B5 / 8B3 : capteur inductif qui permet de détecter le positionnement de support de pièce au point de test.
- + Capteur 8B4 : capteur inductif qui permet de détecter l'arrivée de support de pièce afin de lancer la mise en marche du convoyeur.
- + Capteurs 7B1 / 6B1 : capteurs fins de course permettent d'indiquer la position des vérins (position haute, position basse).
- + Stoppeurs V7B1 / V6B1 : vérins pneumatiques qui permettent de fixer le support de pièce au niveau de point de test.
- + Moteur M10 : moteur électrique à courant continu qui permet d'assurer la rotation du tapis dans le sens direct.
- + Moteur M11 : moteur électrique à courant continu qui permet d'assurer la rotation du tapis dans le sens indirect.
- + Poulie : la poulie transmet le mouvement du moteur vers le tapis roulant.

III.1.3. Les entrées et les sorties du système

Tableau 3.1 : Entrées et sorties de module bonde

Entrées	Sorties
9B1	V7B1+ : vérin monté
9B2	V7B1- : vérin descendant
8B1	V6B1+ : vérin monté
8B2	V6B1- : vérin descendant
8B5 / 8B3	M10 : rotation direct du moteur
8B4	M11 : rotation inversé du moteur
7B1 / 6B1	

III.1.4. Grafcet

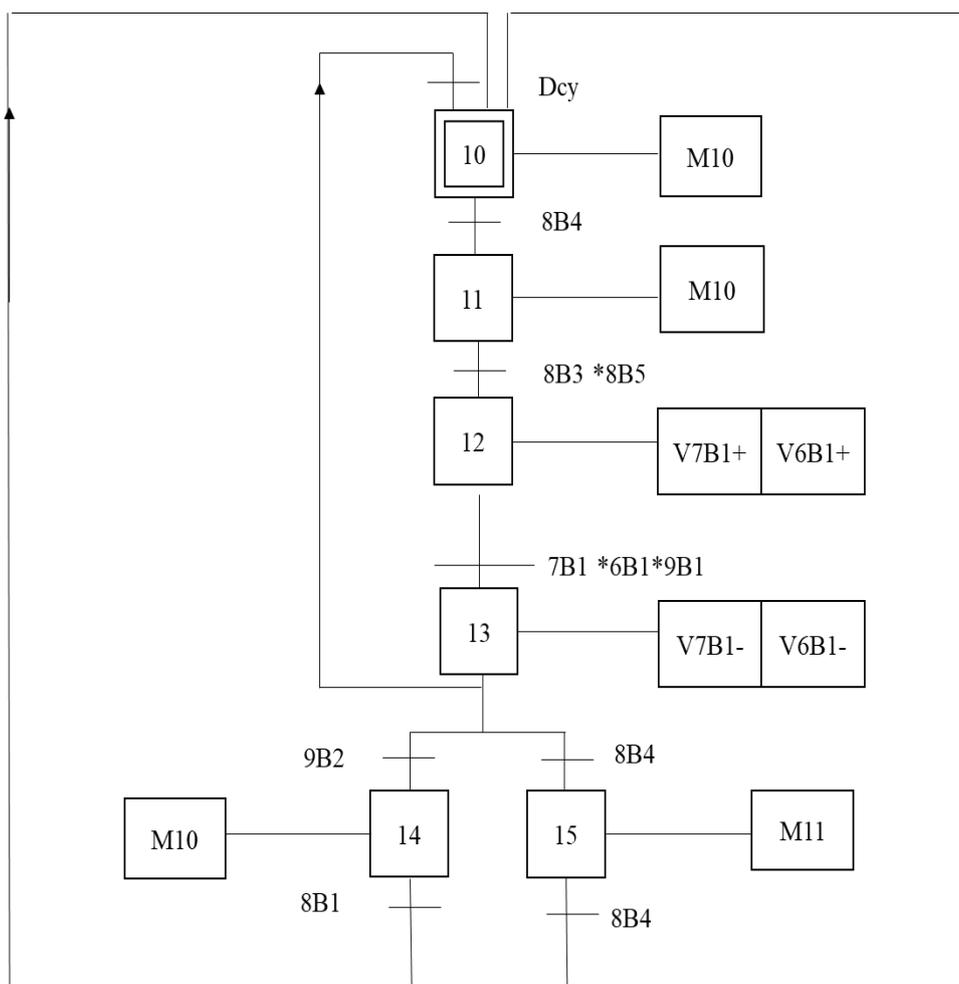


Figure 43 : Grafcet du module bonde

III.1.5. Commentaire

L'étape 14 correspond à l'évacuation des pièces non conformes.

L'étape 15 permet de transférer la pièce conforme aux limites de tolérances soit à :

La station AS / RS Ou à la station d'assemblage.

III.2 Modélisation de système de qualité (unité de mesure)

III.2.1. Fonctionnement

A l'arrivée de la pièce le vérin V-4B va descendre la pince s'ouvre pour que l'outil mesure le diamètre de la pièce, une fois que les mesures ont été effectuées, la pince se ferme et le vérin V-4B monte vers le haut.

III.2.2. Fonction des composants

- ✚ Capteur 4B1 : capteur électromagnétique qui permet de détecter la position du vérin (niveau haut).
- ✚ Capteur 4B2 : capteur électromagnétique qui permet de détecter la position du vérin (niveau bas).
- ✚ Capteur 5B1 : capteur électromagnétique qui permet de détecter l'ouverture ou la fermeture de la pince.
- ✚ Capteur 10A2 : capteur électromagnétique qui permet de mesurer le diamètre des trois (dimensions).

III.2.3. Entrées et sorties

Tableau 3.2 : Entrées et sorties de l'unité de mesure

Entrées	Sorties
4B1	V4B1 : vérin descendant
4B2	V4B2 : vérin montant
5B1	PO : pince ouverte
10A2	PF : pince fermée
	OM : outil de mesure

III.2.4. Grafset

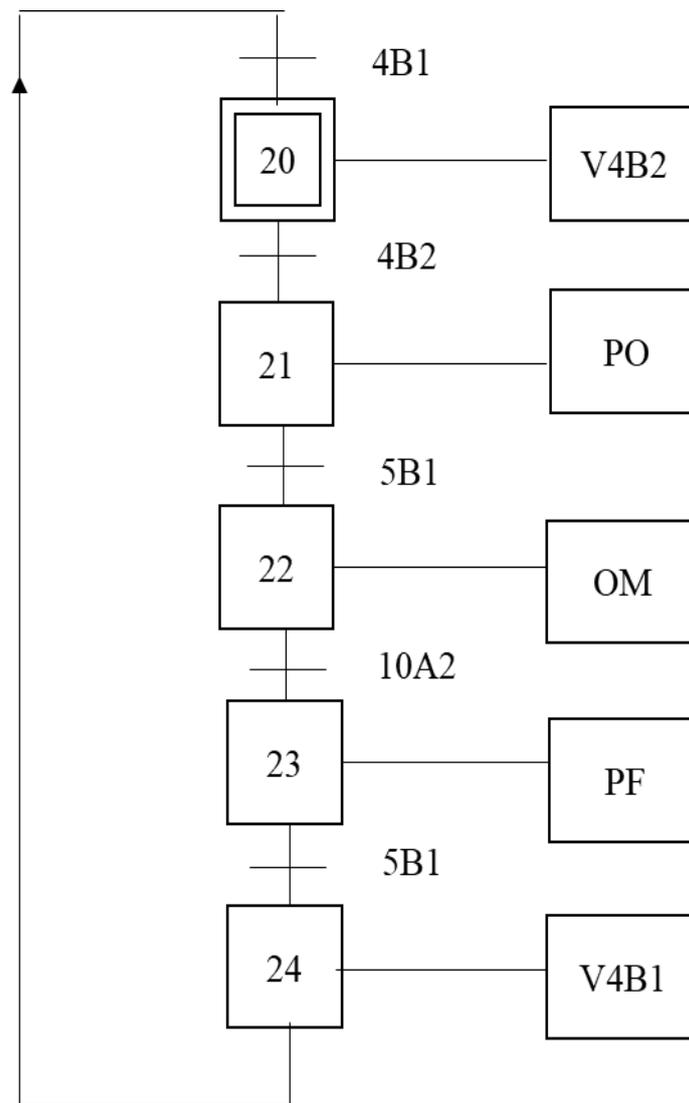


Figure 44 : Grafset l'unité de mesure

III.3 Modélisation du robot cartésien

III.3.1. Fonctionnement

A l'arrivée de support pièce, le robot se positionne au niveau du station convoyeur le vérin V2B1 descend vers le bas la pince ferme pour bien porter le support pièce le vérin V2B1 monte vers le haut, le robot va déplacer pour arriver à l'intérieur de la station, le vérin V2B1 descend la pince s'ouvre pour libérer le support pièce au convoyeur.

III.3.2. Fonction des composants

III.3.2.1. Axe horizontal

- ✚ Capteur 1B2 : capteur électromagnétique qui permet de détecter la position du robot cartésien au niveau du convoyeur.
- ✚ Capteur 1B1 : capteur électromagnétique qui permet de détecter la position du robot cartésien à l'intérieur de la station.

III.3.2.2. Axe vertical

- ✚ Capteur 1B2 : capteur électromagnétique qui permet de détecter la position du vérin (fermé).
- ✚ Capteur 1B1 : capteur électromagnétique qui permet de détecter la position du vérin (ouvert).
- ✚ Capteur 3B1 / 3B2 : capteur électromagnétique qui permet de tester l'ouverture et la fermeture de la pince.

III.3.3. Entrées et sorties

Tableau 3.3 : Entrées et sorties de module linéaire

Entrées	Sorties
1B2	RC : robot cartésien
1B1	V2B1- : vérin descendant
2B1	V2B1+ : vérin montant
2B2	PO : pince ouverte
3B1	PF : pince fermée
3B2	

III.3.4. Grafcet

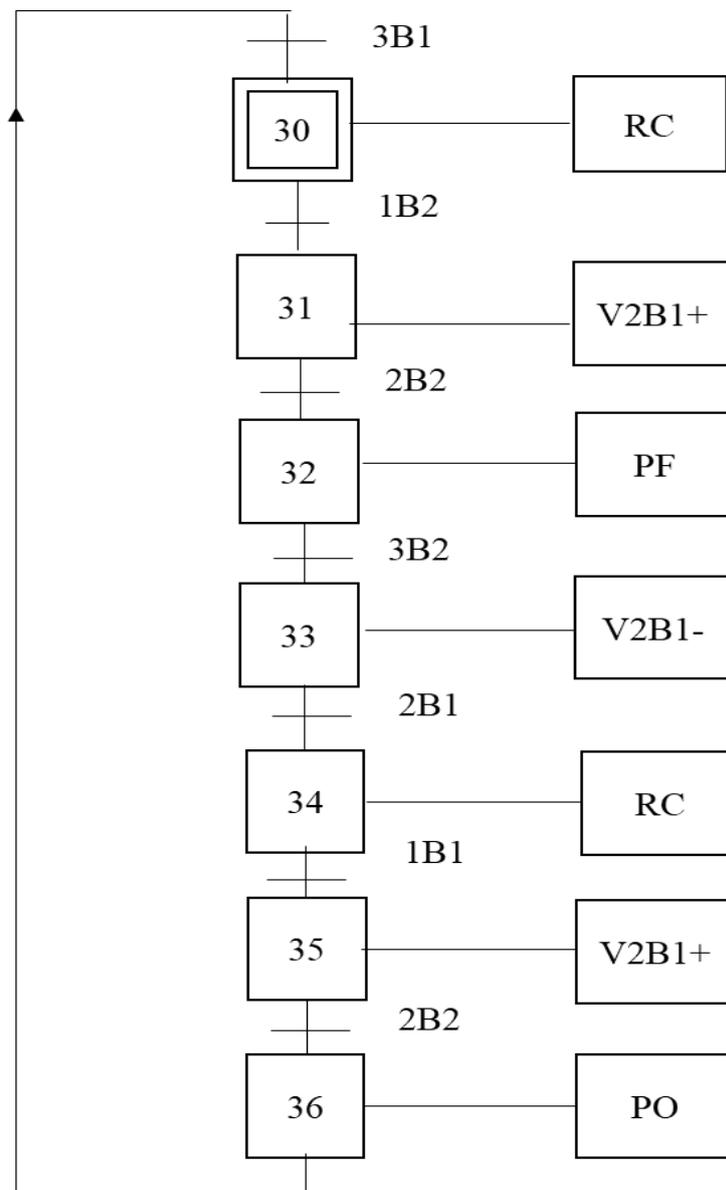


Figure 45 : Grafcet du robot cartésien

III.4. Commentaires

- ✚ Tout d'abord il faut modéliser chaque sous-station par son grafcet afin de simplifier et faciliter la compréhension du fonctionnement du système.
- ✚ Ensuite nous avons expliqué le fonctionnement de chaque sous-station.
- ✚ Puis nous avons identifié un tableau des entrées et sorties pour chaque sous-station, les entrées représentent des capteurs et les sorties représentent des actionneurs.
- ✚ Enfin nous avons modélisé chaque sous-station par son grafcet.

IV. Réseau de pétri

IV.1. Définition de réseau de pétri [25]

Un réseau de Petri peut être assimilé à un système composé de deux parties distinctes :

- ✚ Une partie statique (structurelle).
- ✚ Une partie dynamique (comportementale).

La partie structurelle se constitue d'un graphe orienté biparti valué $\langle P, T, \text{Pre}, \text{Post} \rangle$ avec :

- ✚ P, un ensemble fini de places, $\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$.
- ✚ T, un ensemble fini de transitions, $\{t_1, t_2, \dots, t_m\}$.

Ces deux ensembles formant les sommets du réseau, avec $P \cap T = \emptyset$.

- ✚ $\text{Pre} : P \times T \rightarrow \mathbb{N}$ est l'application d'incidence avant, correspondant aux arcs directs reliant les places aux transitions.
- ✚ $\text{Post} : P \times T \rightarrow \mathbb{N}$ est l'application d'incidence arrière, correspondant aux arcs directs reliant les transitions aux places.

Lorsque Pre et Post prennent leurs valeurs dans l'ensemble $\{0, 1\}$, le réseau est alors qualifié de réseau ordinaire.

IV.2. Sémantique du RDP [26]

IV.2.1. Franchissement d'une transition

Le franchissement d'une transition ne peut pas s'effectuer que si chacune des places en amont de cette transition contient au moins une marque. On dit alors que la transition est franchissable ou validée.

Le franchissement d'une transition fait évoluer le marquage du réseau en retirant une marque de chacune des places en amont de la transition en ajoutant une marque dans chacune des places en aval de la transition. Pour les RDP saufs, il y a un seul franchissement à la fois et la durée de ce franchissement est nulle. Dans un RDP synchronisé, une transition validée est franchie à l'occurrence de l'évènement qui lui associé.

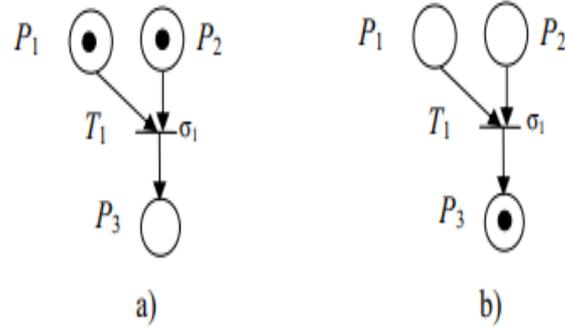


Figure 46 : Franchissement d'une transition [26]

IV.2.2. Ensemble des marquages accessibles

A partir de l'état initial par le franchissement des transitions, nous obtenons un ensemble des marquages. Chaque marquage est accessible par une séquence d'évènements.

Nous pouvons représenter cet ensemble de marquages et des changements entre marquage par un graphe appelé : graphe des marquages accessibles.

Le graphe des marquages est composé de nœuds qui correspondent aux marquages accessibles Et d'arcs correspondant aux franchissements de transitions faisant passer d'un marquage à l'autre. Le graphe de marquage d'un RDP est un automate sans états marqués.

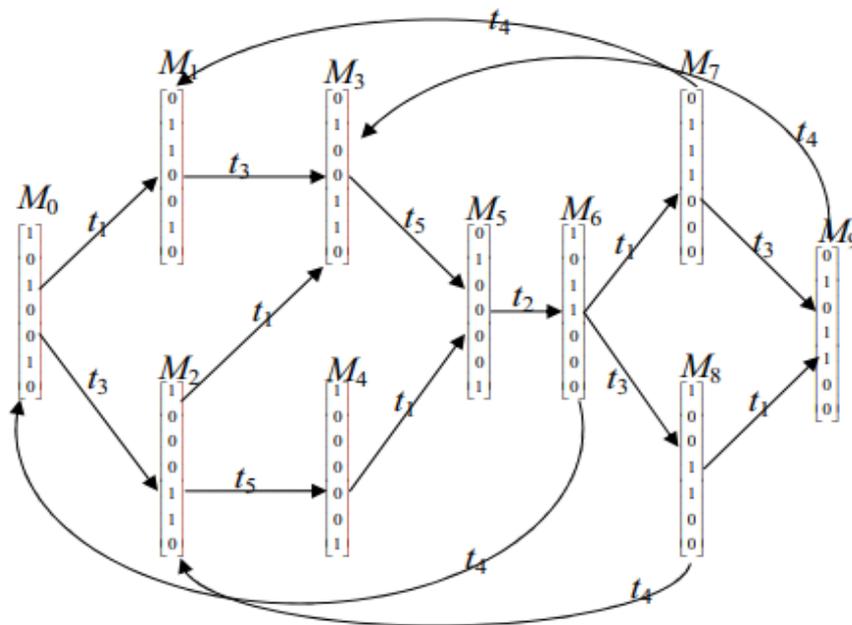


Figure 47 : Graphe de marquage du RDP [26]

V. Modélisation des sous-stations par réseau de pétri

V.1. Modélisation de système de transport (module bonde)

V.1.1. Transitions

- ✚ T1 : Arrivée de support de pièce.
- ✚ T2 : Déplacement de support de pièce vers le point de test.
- ✚ T3 : Pièce conforme.
- ✚ T4 : Pièce non conforme.
- ✚ T5 : Sortie du support de pièce conforme de la station.
- ✚ T6 : Sortie du support de pièce non conforme de point d'évacuation.

V.1.2. Etapes

- ✚ P1 : Le support de pièce est sur le tapis avant le point de test.
- ✚ P2 : Le support de pièce est sur le tapis au point de test.
- ✚ P3 : Le support de pièce **conforme** est sur le tapis avant le point de test.
- ✚ P4 : Le support de pièce **non conforme** est sur le tapis au point d'évacuation.
- ✚ P5 et P6 Nombre des pièces sur le tapis.

V.1.3. Schéma de réseau de pétri

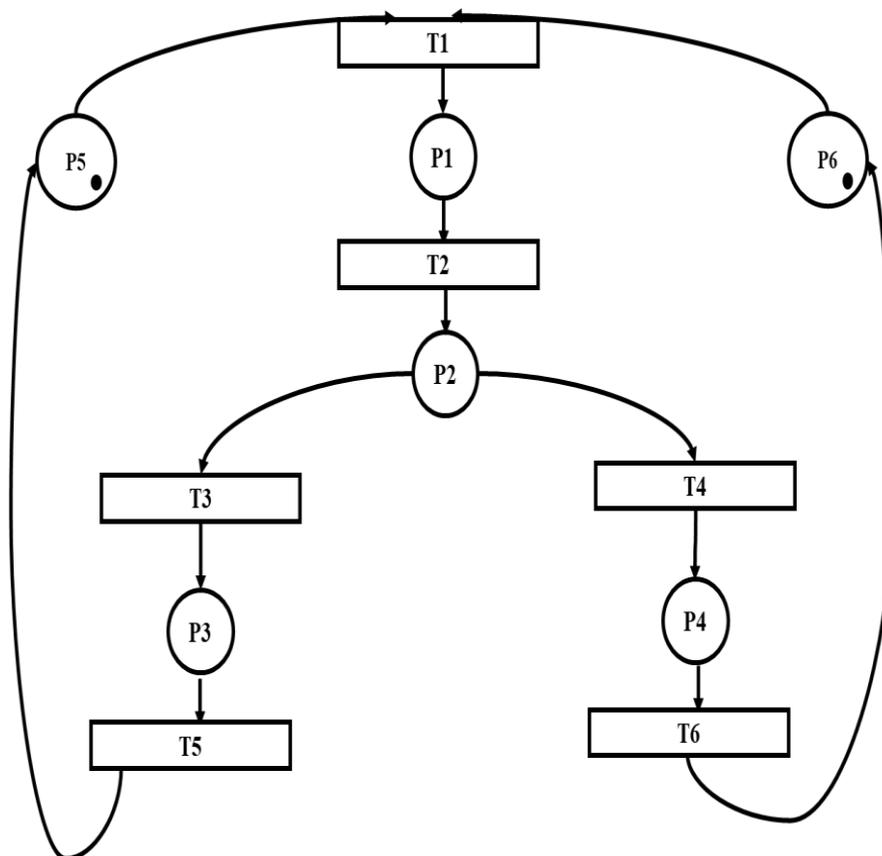


Figure 48 : Réseau de PETRI du système transport

V.1.4. Explication

A l'arrivée des supports pièces, un seul support pièce rentre dans le point de test, ensuite la pièce sera testée par l'outil de mesure.

Une fois le test est terminé :

- ✚ Si le diamètre de trou dépasse les limites de tolérance, la pièce est défectueuse, donc elle sera évacuée dans le convoyeur de la station de qualité et manutention.
- ✚ Sinon elle sera évacuée à l'extérieur de la station de qualité et manutention, puis sera transférer vers le stock.

V.2. Modélisation de système de qualité (unité de mesure)

V.2.1. Transitions

- ✚ T1 : Arrivée de la pièce.
- ✚ T2 : Fin de mesure.

V.2.2. Etapes

- ✚ P1 : L'outil mesure le diamètre.
- ✚ P2 : Pièce traitée.
- ✚ P3 : Nombre maximum des pièces qui seront mesurées.

V.2.3. Schéma de réseau de pétri

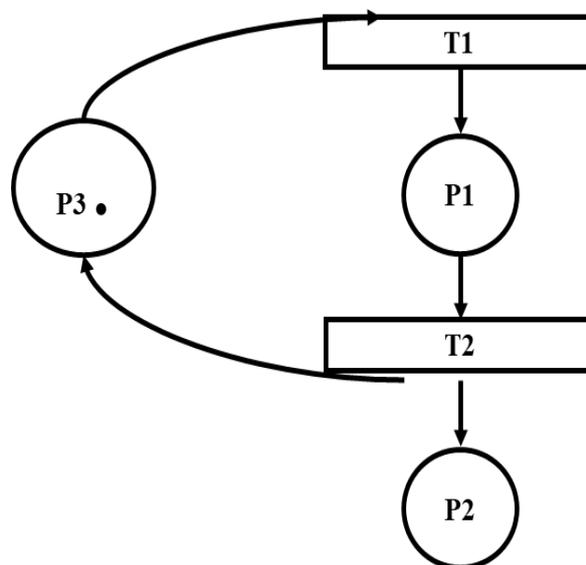


Figure 49 : Réseau de PETRI de l'unité de mesure

V.2.4. Explication

A l'arrivée des pièces non testées, une seule entre dans l'étape de mesure, une fois l'outil mesure le diamètre la pièce s'évacue dans la sous station.

V.3. Modélisation du fonctionnement du robot cartésien

V.3.1. Transitions

- ✚ T1 : Arrivée de support de pièce au niveau station convoyeur
- ✚ T2 : Déplacement du robot avec support pièce.
- ✚ T3 : dépôt du support pièce sur le convoyeur.

V.3.2. Etapes

- ✚ P1 : Robot manutentionne support pièce.
- ✚ P2 : Capacité de manutention du robot.
- ✚ P3 : Robot avec le support pièce au niveau de convoyeur.
- ✚ P4 : Pièces dans le convoyeur.

V.3.3. Schéma de réseau de pétri

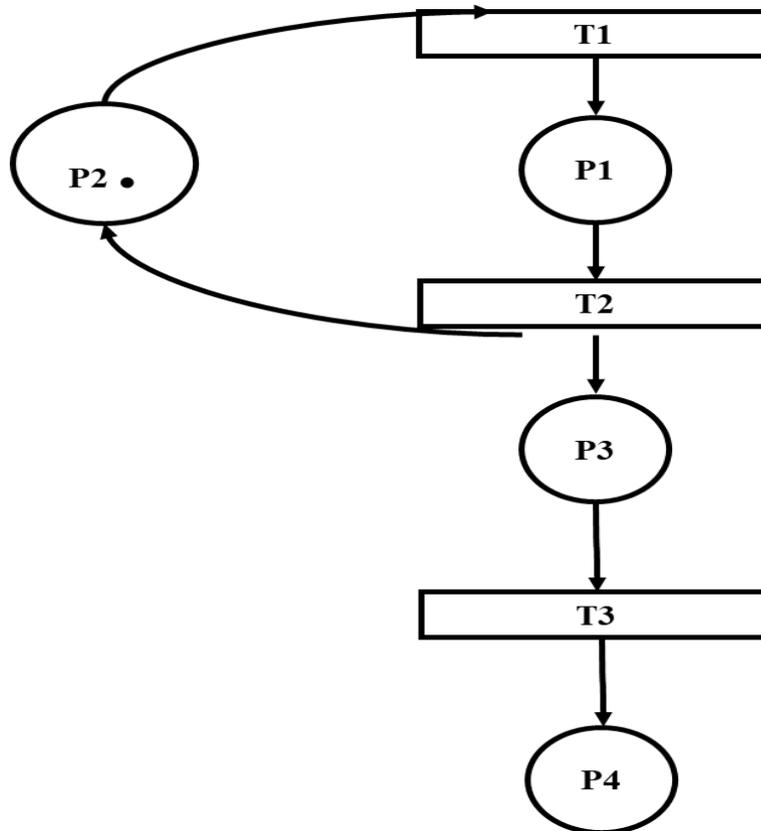


Figure 50 : Réseau de PETRI du robot cartésien

V.3.4. Explication

Tout d'abord le support pièce arrive au niveau station convoyeur, ensuite un robot manutentionne bien le support pièce et le déplacer à l'intérieur de la station à l'arrivée de l'intérieur de la station le robot libère le support pièce dans le convoyeur pour que la pièce soit testée.

V.5. Commentaires

- ✚ Pour construire notre réseau de pétri nous avons essayé d'imaginer le fonctionnement de chaque sous station ce qui est très dur.
- ✚ Nous avons déterminé les transitions et les étapes relatifs à chaque sous stations.
- ✚ Enfin nous avons construit les réseaux de pétri avec l'explication de fonctionnement.

VI. Conclusion

Nous avons bien exploité nos connaissances préalables acquises dans l'automatisme durant les années précédentes, ce qui est important pour un travail d'ingénieur. la modélisation des sous stations soit avec Grafcet ou réseau de pétri nous permettre d'une bonne compréhension de fonctionnement de station qualité et manutention.

La compréhension de fonctionnement va nous aider dans notre application de la méthode AMDEC.

Chapitre IV

Application de la méthode AMDEC sur la station de qualité et de manutention Q200 du système ICIM 3000

I. Introduction

Les entreprises cherchent toujours à augmenter leurs productivités pour satisfaire leurs clients et être leader sur le marché. Pour atteindre cet objectif ces entreprises doivent assurer le bon fonctionnement de leurs équipements.

Notre travail consiste à appliquer l'une des méthodes de sûreté de fonctionnement qui présentent un outil très efficace pour réussir à augmenter la fiabilité et la disponibilité des équipements c'est la méthode AMDEC. L'application de cette méthode a été faite sur un système réel de production dont l'objectif est de déduire un plan d'action de maintenance qui sert à garantir le bon fonctionnement de ce système. De ce fait et dans ce chapitre nous allons présenter notre application que nous avons fait sur la station de qualité et de manutention du système de production iCIM 3000 du laboratoire MELT.

II. Tableaux AMDEC

Après avoir défini le système à étudier et présenter ses différents composants nous avons expliqué et modélisé le fonctionnement de ce système à travers deux outils importants de modélisation Graph7 et le réseau de pitre. Dans cette partie nous allons montrer les tableau AMDEC qui définit le mécanisme cause-mode-effet de défaillance de l'ensemble des composants.

On commence par le premier tableau qui concerne le module bande ou bien le système de transport.

Composant	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance
Capteur optique à barrage 9B1	Détecter la présence de la pièce (plaque de base) au point de test	-Pièce existe et le capteur ne donne pas une information	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvais installation du capteur - Défaillance interne du capteur 	<ul style="list-style-type: none"> - Détérioration des pièces / le robot cartésien -Accumulation des pièces au point de test - Pas de test - Arrêt du système ICIM 3000
		-Pièce n'existe pas et le capteur détecte la présence pièce	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvais installation du capteur - Un obstacle se trouve devant le récepteur -Défaillance interne du capteur 	<ul style="list-style-type: none"> - Blocage des pièces avant le point de test - Arrêt de production
Capteur optique à barrage 9B2	Détecter la présence de la pièce (plaque de base) à la fin de la station (point d'évacuation des pièces défectueuses)	-Pièce existe et le capteur ne donne pas une information	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvais installation du capteur - Défaillance interne du capteur 	<ul style="list-style-type: none"> -Accumulation des pièces au point d'évacuation - Blocage au point de test
		-Pièce n'existe pas et le capteur détecte la pièce	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvais installation du capteur - Un obstacle se trouve devant le récepteur -Défaillance interne du capteur 	<ul style="list-style-type: none"> - Pas d'effet sur le système

Composant	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance
Capteur inductif 8B1	Détecter le support de plaque de base au point d'évacuation	-Support de plaque de base existe et le capteur ne donne pas une information	-Mauvaise installation -L'inductance et le condensateur sont défectueux (ne produisent pas le champ magnétique)	-Accumulation des pièces au point d'évacuation
		-Support de plaque de base n'existe pas et le capteur détecte la présence de plaque de base	-L'amplificateur délivre toujours un signal de sortie d'existence de la pièce (défaillance interne) - Mauvaise installation -Un objet métallique se trouve devant le capteur	- Pas d'effet sur le système
Capteur inductif 8B2	Indication que le support de plaque de base a dépassé le point de test	-Support de plaque de base a dépassé le point de test et le capteur ne donne pas une information	-Mauvaise installation -L'inductance et le condensateur sont défectueux (ne produisent pas le champ magnétique)	- Blocage avant le point de test - L'arrêt au niveau de sous-station module bande

Composant	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance
Capteur inductif 8B2	Indication que le support de plaque de base a dépassé le point de test	-Support de plaque de base se trouve avant le point de test et le capteur détecte qu'il a dépassé le point de test	-L'amplificateur délivre toujours un signal de sortie d'existence de la pièce (défaillance interne) - Mauvaise installation -Un objet métallique se trouve devant le capteur	- Endommagent des pièces - Pièces seront mal testées
Capteur inductif 8B5 / 8B3	Détecter le positionnement de support de plaque de base au point de test	-Support de plaque de base dépasse le niveau test et le capteur ne donne pas une information	Mauvaise installation -L'inductance et le condensateur sont défectueux (ne produisent pas le champ magnétique)	-Blocage et arrêt du système - Détérioration des pièces - Pas de test des pièces
		- Support de plaque de base n'existe pas et le capteur détecte son arrivé	-L'amplificateur délivre toujours un signal de sortie d'existence de la pièce (défaillance interne) - Mauvaise installation -Un objet métallique se trouve devant le capteur	- Blocage des palettes au niveau de convoyeur -L'arrêt au niveau de sous-station module bande

Composant	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance
Capteur inductif 8B4	Détection l'arrivée du support de plaque de base afin de lancer la mise en marche du convoyeur	-L'arrivée de support de la pièce et le capteur ne donne pas une information	-La distance dépasse 60 mm entre le capteur et l'objet (capteur mal placé) -L'inductance et le condensateur sont défectueux (ne produisent pas le champ magnétique)	- Blocage des supports-pièces au niveau de convoyeur -Blocage au niveau de convoyeur - Arrêt de convoyeur
		- Support de la pièce n'existe pas et le capteur détecte son arrivé	-L'amplificateur délivre toujours un signal de sortie d'existence de la pièce - Mauvais câblage	-Mettre en marche le convoyeur - Accumulation des pièces
Vérin pneumatique (V7B1-V6B1)	Fixation de support de plaque de base au niveau de point de test	-Mal fixation de support plaque de base au niveau de point de test	-L'insuffisance de l'air comprimé - défaillance du vérin (blocage en position fermée)	-Risque de détérioration de support
		-Fixation de support de plaque de base avant le point de test	-Piston mal placé -Tige détériorée - défaillance du vérin (blocage en position ouverte)	-Pas d test des pièces - Accumulation des pièces avant le point de test

Composant	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance
Vérin pneumatique (V7B1-V6B1)	Fixation de support de plaque de base au niveau de point de test	-Fixation de support de plaque de base après le point de test	-Piston mal placé -Tige détériorée - défaillance du vérin (blocage en position ouverte)	-Accumulation des pièces rebuté
Moteur électrique -M1	Assurer la rotation du tapis	- Pas de rotation moteur	-Rotor bloqué - Défaillance au niveau du bobinage de fil électrique	- Arrêt de tapis roulant
		-Rotation dans le sens inverse	-Mauvaise installation -Défaillance interne	-Blocage des pièces au niveau de tapis roulant
		-Rotation hors limite (rotation faible ou grande)	-Mauvaise installation -Défaillance interne	-Risque d'endommagement des pièces et/ou le système
Poulie	Transmission le mouvement du moteur vers le tapis roulant	Blocage de la poulie (Pas de rotation)	-Mauvaise installation -Défaillance interne	-Risque d'endommager l'arbre moteur Et l'arbre de sortie
		Rotation libre (Pas de contact avec le moteur)	- Veillissement de la poulie - Poulie rongée	- Arrêt de tapis roulant

Composant	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance
- Tapis roulant	Assurer le déplacement des supports des palettes	Pas de déplacement des supports palettes	<ul style="list-style-type: none"> - Vieillessement du tapis (le tapis devient lisse) - Pas de contact avec la poulie 	Accumulation des pièces avant, après et/ou au niveau du point de test

Tableau 4.1 : Tableaux AMDEC du module bande (système de transport).

Le tableau suivant concerne les composants de l'unité de mesure ou bien le système de qualité.

Composant	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance
Capteur électromagnétique 4B1	Détecter la position du vérin (niveau haut)	- Le vérin est toujours en bas et le capteur détecte la position haut du vérin	- Défaillance interne de capteur - Contacteur est toujours fermé	- Outil de mesure toujours coincer dans le bas - Risque de détérioration de l'outil de mesure
		- le vérin est en haut et le capteur ne détecte pas sa position	-Court-circuit au niveau du circuit électrique du capteur - Mauvais installation du capteur - Un obstacle se trouve devant le capteur	- Blocage de l'outil de mesure -Accumulation des pièces au niveau de station transport
Capteur électromagnétique 4B2	Détecter la position du vérin (niveau bas)	-Le vérin est toujours en haut et le capteur détecte la position basse du vérin	- Défaillance interne de capteur - Contacteur est toujours fermé	- Outil de mesure toujours coincer dans le haut - Accumulation des pièces au niveau de station transport
		- le vérin est en bas et le capteur ne détecte pas sa position	-Court-circuit au niveau du circuit électrique du capteur - Mauvais installation du capteur - Un obstacle se trouve devant le capteur	- Blocage de l'outil de mesure - Risque de détérioration de l'outil de mesure

Capteur électromagnétique 5B1	Détecter l'ouverture ou la fermeture de la pince	- la pince est fermé et le capteur indique son ouverture	<ul style="list-style-type: none"> - Défaillance interne de capteur - Absence des pièces (Non passage de pièces) - Contacteur est toujours fermé 	<ul style="list-style-type: none"> - L'outil de mesure sera toujours bloqué - L'opération de mesure ne s'effectuera jamais
		- la pince est ouverte et le capteur indique sa fermeture	<ul style="list-style-type: none"> -Court-circuit au niveau du circuit électrique du capteur - Mauvais installation du capteur - Un obstacle se trouve devant le capteur 	<ul style="list-style-type: none"> - L'outil de mesure sera toujours bloqué - L'opération de mesure ne s'effectuera jamais
Capteur électromagnétique 10A2	Mesurer le diamètre des trous (dimensions)	- Pas de mesure	<ul style="list-style-type: none"> - Défaillance interne de capteur - Contacteur est toujours fermé 	<ul style="list-style-type: none"> - Arrêt de production -Accumulation des pièces
		- Mesure erronée	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvais installation du capteur - Un obstacle se trouve devant le capteur - Vieillessement de l'outil de mesure 	<ul style="list-style-type: none"> -Rejet des pièce conformes -Accepter des pièces non conformes

Tableau 4.2 : Tableaux AMDEC de l'unité de mesure (système de qualité).

Le tableau suivant montre le tableau de défaillance des composant du robot cartésien

Composant	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance
Capteur électromagnétique 1B2	Détecter la position du robot cartésien au niveau de convoyeur (principale du système)	-Le robot cartésien est au niveau de convoyeur et le capteur ne détecte pas	- Défaillance interne de capteur -Court-circuit au niveau du circuit électrique du capteur	- Blocage des pièces au niveau de convoyeur - Arrêt de production
		- Le robot cartésien est au niveau de la station et le capteur détecte (fausse information)	- Mauvais installation du capteur - Robot cartésien est bloqué - Un obstacle se trouve devant le capteur	- Anomalies dans le fonctionnement de la station - Risque de détérioration du robot cartésien ainsi d'autre composant de la station
Capteur électromagnétique 1B1	Détecter la position du robot cartésien à l'intérieur de la station	-Le robot cartésien est au niveau de la station et le capteur ne détecte pas	- Défaillance interne de capteur -Court-circuit au niveau du circuit électrique du capteur	- Blocage des pièces à l'intérieur de la station - Arrêt de production
		- Le robot cartésien est au niveau de convoyeur et le capteur détecte (fausse information)	- Mauvais installation du capteur - Un obstacle se trouve devant le capteur	- Anomalies dans le fonctionnement de la station - Risque de détérioration du robot cartésien ainsi d'autre composant de la station

Composant	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance
Capteur électromagnétique 2B1	Détecter la position du vérin en haut (fermé)	- Le vérin est en position fermée et le capteur ne détecte pas	- Défaillance interne de capteur -Court-circuit au niveau du circuit électrique du capteur	- Blocage des pièces - Arrêt de production
		- Le vérin est en position ouverte et le capteur détecte	- Mauvais installation du capteur - Un obstacle se trouve devant le capteur	- Anomalies dans le fonctionnement de la station - Risque de détérioration des pièces et composants
Capteur électromagnétique 2B2	Détecter la position du vérin en bas (ouvert)	- Le vérin est en position ouverte et le capteur ne détecte pas	- Défaillance interne de capteur -Court-circuit au niveau du circuit électrique du capteur	- Blocage des pièces - Arrêt de production
		- Le vérin est en position fermée et le capteur détecte	- Mauvais installation du capteur - Un obstacle se trouve devant le capteur	- Anomalies dans le fonctionnement de la station - Risque de détérioration des pièces et composants

Composant	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance
Capteur électromagnétique 3B1 - 3B2	Détection de l'ouverture et de la fermeture de la pince	- La pince est en position ouverte et le capteur ne détecte pas son ouverture	- Défaillance interne de capteur -Court-circuit au niveau du circuit électrique du capteur	- Blocage des supports des pièces - Pince sera coincé - Arrêt de production
		- la pince est en position fermée et le capteur ne détecte pas sa fermeture	- Défaillance interne de capteur -Court-circuit au niveau du circuit électrique du capteur	- Blocage des supports des pièces - Pince sera coincé - Arrêt de production

Tableau 4.3 : Tableaux AMDEC du robot cartésien.

Le tableau suivant nous allons montrer les modes de défaillances des composants du pupitre et les pré-actionneurs

Composant	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance
Pupitre	Commander le fonctionnement de la station de manutention et qualité	-Pas de commande	- Pas d'alimentation - Court-circuit	- Arrêt du système - Baisse de productivité
		- Commande au moment indésirable	- Erreur humain - Mauvais installation / câblage - Anomalie de bouton de démarrage (bouton vert)	- Risque de détérioration des composants du système - Augmentation des pièces rebutées
Pré actionneur pneumatique	Distribution de l'énergie pneumatique aux vérins	-Pas d'énergie	-Pas de signal de commande -Insuffisance de l'air comprimé -Tiroir bloqué	- L'arrêt de fonctionnement des stoppeurs (vérins) - Pièces non testées
		-Energie au moment indésirable	-Mal- réception de l'ordre -Fuite de l'air comprimé	- Détérioration des support pièces / pièces - Production des pièces non conformes

Composant	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance
Pré actionneur électrique	Distribution de l'énergie de puissance aux actionneurs (moteurs...etc.)	-Pas d'énergie	-Pas d'alimentation -Dégradation de la bobine d'excitation	- L'arrêt de fonctionnement de la station de qualité et manutention - Baisse de productivité
		-Energie au moment indésirable	-Mal- réception de l'ordre -Contacteur est toujours fermé	- Détérioration des support pièces / pièces - Production des pièces non conformes

Tableau 4.4 : Tableaux AMDEC du pupitre et pré actionneur.

III. Grille de cotation

Dans cette partie nous allons démontrer notre choix de grille de cotation que nous utiliser afin de classer les défaillances selon leurs importances et déduire par la suite les actions de maintenance adéquates.

L'indice de criticité pour chaque défaillance doit se calculer à partir de multiplication des notes respectives des trois paramètres gravité, fréquence et non-détection (équation 01)

$$C = G \times O \times D \dots\dots\dots 02$$

- ✚ La note G : Le critère gravité ou l'importance de l'effet est le critère qui définit la conséquence de la défaillance sur le système et/ou sur les utilisateurs.
- ✚ La note O : La probabilité d'occurrence ou la fréquence d'apparition de la défaillance.
- ✚ La note D : la probabilité de non-détection de la défaillance ou le risque de non-détection la défaillance avant qu'elle soit apparue dans le système.

Chacun de ces trois paramètres sera évalué avec une table de cotation établie sur 4 niveaux. Le tableau 4.1 montre la cotation que nous allons utiliser dans notre application

III.1. Gravité

Pour la gravité on a donné une note entre 1 et 4

- ✚ La note 1 gravité négligeable :
Pour ce niveau, la défaillance n'a pas d'impact sur la santé des opérateurs et de la productivité, aucune dégradation notable du matériel.
- ✚ La note 2 gravité moyenne.
Dans ce niveau on trouve les défaillances qui provoquent des pannes temporaires, une baisse de productivité ou une petite réparation sur place.
- ✚ La note 3 gravité majeure.
La note 3 est donné aux défaillances qui provoquent l'arrêt de production ou production des pièces défectueuses, changement du matériel défectueux nécessaire.
- ✚ La note 4 gravité catastrophique.
Ce dernier niveau englobe les défaillances qui provoque la détérioration complète de système de production, des effets nuisibles sur la santé des opérateurs intervention nécessitant des moyens coûteux.

III.2. Fréquence

Le système ICIM 3000 est un système de production neuf, il a été récemment installé au sein de laboratoire MELT, ce qui fait y pas eu déjà aucune défaillance, mais nous avons estimé probablement l'apparition des défaillances comme suit :

✚ La note 1 fréquence faible :

Pour ce niveau l'occurrence de la défaillance est très rare, ça peut qu'elle apparaisse dans chaque décennie, donc on a donné une valeur faible.

✚ La note 2 fréquence moyenne :

Dans ce niveau les défaillances se manifestent presque chaque année alors on a donné une valeur 2 qui se correspond à la fréquence moyenne.

✚ La note 3 fréquence importante :

Pour la note 3 est donnée aux défaillances qui apparaissent souvent sur le système de Production ce sont des défaillances mensuelles.

✚ La note 4 fréquence forte :

Ce dernier niveau englobe l'occurrence de toutes les défaillances qui apparaissent tous les jours ou tous les heures, c'est pour ça quand a donné une valeur maximale.

III.3. Non-détection

✚ La note 1 : détection évidente (100%).

Pour la non détection on a donné 1 comme une valeur maximale qui correspond à une détection efficace c'est-à-dire on a utilisé des moyens de détection automatisés ainsi qu'on peut utiliser une détection manuelle qui se manifeste par la vision de l'opérateur.

✚ La note 2 : détection possible (50%).

✚ La note 3 : détection difficile (25%).

Pour la note 2 et 3 représente une détection difficile des défaillances, donc il faut utiliser des systèmes de détection plus sophistiqués bien sûr qu'ils sont très coûteux et nécessitent une complexité d'installation.

✚ La note 4 : indétectable (00%).

Pour la note 4 représente une détection impossible car on ne peut pas détecter même avec les systèmes sophistiqués d'aujourd'hui.

Critère / Valeur	Gravité	Fréquence	Non – détection
1	Négligeable	Faible	Détection évidente
2	Moyenne	Moyenne	Détection possible
3	Majeure	Importante	Détection difficile
4	Catastrophique	Forte	Indétectable

Tableau 4.5 : Grille de cotation utilisée pour l'analyse AMDEC

IV. Calcul de criticité

Dans cette partie nous allons les valeurs de critère de cotation données pour chaque mode de défaillance. On commence par le tableau suivant qui démontre la grille de cotation du module linéaire.

Code	Mode de défaillance	G	O	D	Criticité	Classement
9B1	-Piece existe et le capteur ne donne pas une information	1	2	2	4	9
	-Piece n'existe pas et le capteur détecte la présence pièce	2	2	3	12	5
9B2	-Piece existe et le capteur ne donne pas une information	1	2	1	2	11
	-Piece n'existe pas et le capteur détecte la pièce	2	2	2	8	7
8B1	-Support de plaque de base existe et le capteur ne donne pas une information	2	2	2	8	7
	-Support de plaque de base n'existe pas et le capteur détecte la présence de plaque de base	2	1	2	4	9

Code	Mode de défaillance	G	O	D	Criticité	Classement
8B2	-Support de plaque de base a dépassé le point de test et le capteur ne donne pas une information	1	1	3	3	10
	-Support de plaque de base se trouve avant le point de test et le capteur détecte qu'il a dépassé le point de test	2	2	2	8	7
8B5 - 8B3	-Support de plaque de base dépasse le niveau test et le capteur ne donne pas une information	1	3	2	6	8
	- Support de plaque de base n'existe pas et le capteur détecte son arrivé	2	3	2	12	5
8B4	-L'arrivée de support de la pièce et le capteur ne donne pas une information	1	1	3	3	10
	- Support de la pièce n'existe pas et le capteur détecte son arrivé	3	1	3	9	6
V7B1- V6B1	-Mal fixation de support plaque de base au niveau de point de test	4	1	2	8	7
	-Fixation de support de plaque de base avant le point de test	3	2	2	12	5
	-Fixation de support de plaque de base après le point de test	4	2	2	16	4
M1	- Pas de rotation moteur	2	3	3	18	3
	-Rotation dans le sens inverse	4	2	3	24	2
	-Rotation hors limite (rotation faible ou grande)	4	2	4	32	1

Code	Mode de défaillance	G	O	D	Criticité	Classement
P (Poulie)	Blocage de la poulie (Pas de rotation)	2	3	4	24	2
	Rotation libre (Pas de contact avec le moteur)	2	1	4	8	7
TR (Tapis roulant)	Pas de déplacement des supports palettes	4	3	2	24	2

Tableau 4.6 : Calcul de criticité pour le module linéaire (système de transport)

Le tableau suivant concerne la grille de cotation identifiée pour les composants de l'unité de mesure

Code	Mode de défaillance	G	O	D	Criticité	Classement
4B1	- Le vérin est toujours en bas et le capteur détecte la position haut du vérin	2	3	1	6	4
	- le vérin est en haut et le capteur ne détecte pas sa position	3	3	2	18	1
4B2	-Le vérin est toujours en haut et le capteur détecte la position basse du vérin	2	2	1	4	5
	- le vérin est en bas et le capteur ne détecte pas sa position	3	3	2	18	1
5B1	- la pince est fermé et le capteur indique son ouverture	2	3	1	6	4
	- la pince est ouverte et le capteur indique sa fermeture	2	3	1	6	4
10A2	- Pas de mesure	3	1	3	9	3
	- Mesure erronée	4	2	2	16	2

Tableau 4.7 : Calcul de criticité pour l'unité de mesure (système qualité)

Le tableau suivant présente la grille de cotation définie pour les composants du robot cartésien

Code	Mode de défaillance	G	O	D	Criticité	Classement
1B2	-Le robot cartésien est au niveau de convoyeur et le capteur ne détecte pas	2	1	2	4	5
1B2	- Le robot cartésien est au niveau de la station et le capteur détecte (fausse information)	3	1	3	9	2
1B1	-Le robot cartésien est au niveau de la station et le capteur ne détecte pas	2	1	2	4	5
1B1	- Le robot cartésien est au niveau de convoyeur et le capteur détecte (fausse information)	3	1	3	9	2
2B1	- Le vérin est en position fermée et le capteur ne détecte pas	1	3	2	6	4
2B1	- Le vérin est en position ouverte et le capteur détecte	2	2	2	8	3
2B2	- Le vérin est en position ouverte et le capteur ne détecte pas	1	3	2	6	4
2B2	- Le vérin est en position fermée et le capteur détecte	2	2	2	8	3
3B1 - 3B2	- La pince est en position ouverte et le capteur ne détecte pas son ouverture	4	2	3	24	1
3B1 - 3B2	- la pince est en position fermée et le capteur ne détecte pas sa fermeture	4	2	3	24	1

Tableau 4.8 : Calcul de criticité pour robot cartésien.

Le dernier tableau présente la grille de cotation du pupitre et les pré-actionneurs

Code	Mode de défaillance	G	O	D	Criticité	Classement
PT	-Pas de commande	3	2	1	6	3
	- Commande au moment indésirable	2	1	4	8	2
PAP	-Pas d'énergie	2	1	3	6	3
	-Energie au moment indésirable	3	1	3	9	1
PAE	-Pas d'énergie	2	1	3	6	3
	-Energie au moment indésirable	3	1	3	9	1

Tableau 4.9 : Calcul de criticité pour pupitre et pré actionneurs

V. Synthèses de l'étude et proposition des actions correctives

Après l'établissement des tableaux de défaillances et identification de valeurs de criticité de chaque composant nous allons maintenant présenter la synthèse de cette étude en identifiant les défaillances les plus importantes ainsi que les différentes actions de maintenance proposées afin de d'améliorer la disponibilité et la fiabilité du système étudié.

Avant d'entamer cette partie nous allons définir le code utilisé pour présenter le mode de défaillance

Le code est : X(MDDN) qui représente le mode de défaillance du composant dont N est le numéro de mode de défaillance par exemple :

- 9B1 (MDD1) : signifie le premier mode de défaillance du composant 9B1.
- 9B1 (MDD2) : signifie le deuxième mode de défaillance du composant 9B1.

V.1. Le système de transport (module bande)

Les modes de défaillances qui ont des criticités mineures :

La criticité des modes de défaillance des composants de ce niveau appartient à cet intervalle [1 ,4]. Dans ce cas le plan d'actions n'est pas nécessaire car la criticité est négligeable et n'as pas d'influence sur le système de production.

Les modes de défaillance qui appartiennent à cette classe sont comme suit : 9B1 (MDD1), 9B2 (MDD1), 8B1 (MDD2), 8B2 (MDD1), 8B4 (MDD1).

Les modes de défaillances qui ont des criticités moyennes :

Pour cette classe l'intervalle des criticités des modes de défaillance des composants est entre 6 et 12. Dans ce cas les actions de maintenance sont recommandées car la criticité est importante, ça se peut avoir des arrêts techniques au niveau de la station.

Voici ci-dessous les actions de maintenance proposées pour les composants de chaque mode de défaillance :

- ✓ 9B1 (MDD2) : Ajouter un autre capteur en redondance
- ✓ 9B2 (MDD2) : Contrôle périodique du capteur en utilisant le moyen adéquat.
- ✓ 8B1 (MDD1) : Contrôle périodique du capteur en utilisant un moyen de test de fonctionnement.
- ✓ 8B2 (MDD2) : Contrôle périodique du capteur en utilisant un moyen de test de fonctionnement.
- ✓ 8B5-8B3 (MDD1) : Vérification l'installation des capteurs.
- ✓ 8B5-8B3 (MDD2) : Changement des capteurs.
- ✓ 8B4 (MDD2) : Ajouter un autre capteur en redondance.
- ✓ V7B1-V6B1 (MDD1) : Vérification l'installation des capteurs.
- ✓ V7B1-V6B1 (MDD2) : Ajouter un autre capteur pour contrôler le fonctionnement.
- ✓ P (MDD2) : Vérification et réglage périodique de l'installation de poulie.

Les modes de défaillances qui ont des criticités majeures :

Dans ce cas le plan d'actions est obligatoire car la criticité atteint le seuil, Ici les actions de maintenance doivent s'effectués rapidement avant le fonctionnement de la station. La criticité des modes de défaillance des composants de ce niveau appartient à cet intervalle [13 ,32].

Les actions de maintenance proposées pour les composants à chaque mode de défaillance sont

- ✓ V7B1-V6B1 (MDD1) : Vérification journalière de fonctionnement / ajout des capteurs surplus pour contrôler le fonctionnement.
- ✓ M1 (MDD1) : Vérification du fonctionnement et réparation ou changement du moteur si nécessaire.
- ✓ M1 (MDD2) : Vérification de l'installation et réparation si nécessaire
- ✓ M1 (MDD3) : Ajouter un détecteur intelligent de vitesse pour régler et contrôler la vitesse du moteur.

- ✓ P (MDD1) : Vérification journalière de l'installation de la poulie / Changement de la poulie.
- ✓ TR (MDD1) : Changer les rouleaux et la bande du tapis.

V.2. L'unité de mesure (système qualité)

Les modes de défaillances qui ont des criticités moyennes :

Pour cette classe, les criticités des modes de défaillance des composants appartiennent l'intervalle [4 ,9]. Dans ce cas le plan d'actions est recommandé car la criticité est importante, ça se peut avoir des arrêts techniques au niveau de la station.

Ci-dessous les actions de maintenance proposées pour les composants de chaque mode de défaillance :

- ✓ 4B1 (MDD1) : Ajouter un autre capteur en redondance.
- ✓ 4B2 (MDD1) : Ajouter un autre capteur en redondance.
- ✓ 5B1 (MDD1) : Vérification du circuit électrique à l'intérieur du capteur,
S'il est défaillant on va le changer.
- ✓ 5B1 (MDD2) : Vérification du circuit électrique à l'intérieur du capteur,
✓ S'il est défaillant on va le changer.
- ✓ 9B2 (MDD2) : Contrôle périodique de l'état du capteur en utilisant le moyen adéquat.

Les modes de défaillances qui ont des criticités majeures :

Dans ce cas le plan d'actions est obligatoire car la criticité atteint le seuil, Ici les actions de maintenance doivent s'effectués rapidement avant la défaillance de la station. Les criticités des modes de défaillance des composants sont définies dans l'intervalle [16, 18].

Les actions de maintenance proposées pour chaque mode de défaillance sont :

- ✓ 4B1 (MDD2) : Vérification journalière de l'installation de capteur / Changement de circuit électrique du capteur.
- ✓ 4B2 (MDD2) : Vérification journalière de l'installation de capteur / Changement de circuit électrique du capteur.
- ✓ 10A2 (MDD2) : Changer l'outil de mesure.

V.3. Le Robot cartésien (module linéaire)

Les modes de défaillances qui ont des criticités moyennes :

Dans ce cas le plan d'actions est recommandé car la criticité est importante, ça se peut avoir des arrêts techniques au niveau de la station. La criticité des modes de défaillance des composants de ce niveau appartient à cet intervalle [4 ,9].

Ci-dessous les actions de maintenance proposées pour les composants de chaque mode de défaillance :

- ✓ 1B2 (MDD1) : Changer le circuit électrique du capteur
- ✓ 1B2 (MDD2) : Contrôler l'installation du capteur / vérifier s'il y a des obstacles à la proximité du capteur
- ✓ 1B1 (MDD1) : Changer le circuit électrique du capteur.
- ✓ 1B1 (MDD2) : Contrôler l'installation du capteur / vérifier s'il y a des obstacles à la proximité du capteur / vérifier l'état du robot cartésien.
- ✓ 2B1 (MDD1) : Changer le circuit électrique du capteur.
- ✓ 2B1 (MDD2) : Contrôler l'installation du capteur et vérifier s'il y a des obstacles à la proximité du capteur.
- ✓ 2B2 (MDD1) : Changer le circuit électrique du capteur.
- ✓ 2B2 (MDD2) : Contrôler l'installation du capteur et vérifier s'il y a des obstacles à la proximité du capteur.

Les modes de défaillances qui ont des criticités majeures :

Dans ce cas le plan d'actions est obligatoire car la criticité atteint le seuil, Ici les actions de maintenance doivent s'effectués rapidement avant le fonctionnement de la station. La criticité des modes de défaillance des composants de ce niveau est : 24.

Voici ci-dessous les actions de maintenance proposées pour les composants de chaque mode de défaillance :

- ✓ 3B1-3B2 (MDD1) : Vérification journalière de l'installation de la pince / Changement de la pince s'elle est défaillante.
- ✓ 3B1-3B2 (MDD2) : Vérification journalière de l'installation de la pince / Changement de la pince s'elle est défaillante.

V.4. Le pupitre et les pré-actionneurs

Remarque : voici l'explication des abréviations au-dessus de tableau :

- ✚ PT : pupitre.
- ✚ PAP : pré actionneur pneumatique.
- ✚ PAE : pré actionneur électrique.

Les modes de défaillances qui ont des criticités moyennes :

Pour cette classe, les criticités des modes de défaillance des composants appartiennent l'intervalle [6 ,9]. Dans ce cas le plan d'actions est recommandé car la criticité est importante, ça se peut avoir des arrêts techniques au niveau de la station.

Voici ci-dessous les actions de maintenance proposées pour les composants de chaque mode de défaillance :

- ✓ PT (MDD1) : Vérification le circuit du pupitre / contrôler le branchement.
- ✓ PT (MDD2) : Contrôler le câblage et les états des boutons / embaucher un technicien de contrôle qualifié.
- ✓ PAP (MDD1) : Changer le tiroir du vérin / ajouter de l'air comprimé.
- ✓ PAP (MDD2) : Ajout d'un baromètre auprès des composants pneumatiques pour mesurer la quantité de l'air distribuée vers les vérins /nettoyage hebdomadaire de PAP.
- ✓ PAE (MDD1) : Changer la bobine d'excitation.
- ✓ PAE (MDD2) : Contrôle du câblage de contacteur /changer le circuit électrique si nécessaire

VI Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté notre application de la méthode AMDEC sur la station de qualité et de manutention en passant par ces étapes : tout d'abord nous avons défini les tableaux AMDEC en identifiant toutes les informations nécessaires, ensuite nous avons proposé une grille de cotation, puis nous avons calculer et classer par ordre décroissant les criticités de chaque mode de défaillance enfin nous avons établir un plan d'action de maintenance.

Le plus important dans ce chapitre c'est d'avoir contribuer à une expérience pratique ce qui va nous orienter vers un milieu professionnel.

Conclusion générale

La sûreté de fonctionnement est une discipline qui permet d'étudier et analyser les anomalies de dysfonctionnement d'un système quelconque (industriel, aéronautique...etc.), en utilisant le raisonnement logique, elle assure d'établir un plan d'action de maintenance avant ou après l'apparition de la défaillance pour garder bon fonctionnement du système.

Dans ce manuscrit nous avons pu appliquer l'une des méthodes de sûreté de fonctionnement les plus utilisées dans les industries manufacturières ou services qui est : L'AMDEC sur la station de qualité et de manutention, nous avons pu atteindre notre objectif à travers l'étude et l'analyse de fonctionnement des sous-stations et suggestion d'un plan d'action correctif et préventif pour augmenter la durée de vie de la station, c'était bénéfique pour un étudiant de génie industriel d'exploiter l'un des systèmes de production de laboratoire productique MELT de Tlemcen.

A travers ce travail, nous avons pu modéliser chaque sous-système de la station de qualité et de manutention en utilisant deux outils géants dans l'automatisme : Grafcet et réseau de pétri ce qui nous a permis de bien comprendre le fonctionnement des sous-systèmes de la station aussi nous a aidé de remplir les tableaux AMDEC avec des informations nécessaires telle que : fonction du composant, mode de défaillance ...etc.

De plus, après avoir établir les tableaux AMDEC nous avons pu suggérer une grille de cotation selon une estimation relative au dysfonctionnement du système, nous avons estimé les notes de criticité (gravité, fréquence, non-détection) de chaque composant pour calculer les criticités de chaque mode de défaillance afin de prioriser les plus importantes selon trois modes (criticité mineure, criticité moyenne, criticité majeure) pour donner un plan d'action qui permet de garder la station en bon fonctionnement.

En fin, nous avons bien vouloir généraliser ce travail pour les cinq autres stations du système ICIM 3000 mais, malheureusement, les circonstances du temps et complexité du système nous ont empêché, nous avons bien vouloir d'ajouter un cinquième chapitre qui s'intitule au développement d'une application qui facilite la lecture et la modification des tableaux AMDEC, mais le manque des connaissances préalables en termes de

développement informatique et l'insuffisance du temps nous ont empêché, rien m'empêche que nous sommes très satisfait de ce modeste travail car il nous a permis d'exploiter nos connaissances acquises en modules : gestion de maintenance et sureté de fonctionnement ainsi que l'exploitation du système ICIM 3000 est une véritable aventure et une bonne orientation vers le milieu professionnel.

Références

- [1] Jean, Hég. (2017). Pratique de la maintenance préventive (4e éd.). Paris : Dunod
- [2] S Bensaada, D Feliachi. (2002). La maintenance industrielle. (Édition : 2.054463). Office des publications universitaires. Place central Ben- Aknoun.Alger
- [3] Kahouadji, H. (2017). Différentes formes et niveaux de maintenance. Université Aboubaker Belkaid. Tlemcen
- [4] Analyse fonctionnelle, [en ligne], 2017 [<https://methodes.pressbooks.com/chapter/analyse-fonctionnelle/#:~:text=D'apr%C3%AAs%20la%20norme%20AFNOR,%2C%20service%20attendues%20par%20>], (14 Mars 2021)
- [5] Alain VILLEMEUR, "Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels, Fiabilité - Facteurs Humains - Informatisation", Collection de la Direction des Études et Recherches d'Électricité de France, Édition Eyrolles, Paris, 1988, No 67
- [6] Joseph, Koléda. (1994). AMDEC. École des HEC.
- [7] Amel, Demri. (2010). Contribution à l'évaluation de la fiabilité d'un système mécatronique par modélisation fonctionnelle et dysfonctionnelle Sciences de l'ingénieur [physics]. Université d'Angers, 2009. Français. Fftel-00467277f
- [8] Romaric, GUILLERM. (2011) Intégration de la Sûreté de Fonctionnement dans les Processus d'Ingénierie Système. Université de Toulouse, Toulouse
- [9] Livier Boutou, Gérard Landy, Bruno Saintvoirin. (2006). AMDEC Guide pratique. (2e éd). AFNOR. Rue Francis de Pressensé, 93571 La Plaine Saint-Denis Cedex
- [10] Techniques de l'ingénieur. (10 juillet 1999). Consulté à l'adresse <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/genie-industriel-th6/methodes-de-production-42521210/amdec-moyen-ag4220/mise-en-garde-limitations-ag4220niv10003.html>.consulté le 14 Mars 2021
- [11] Boukherissi, M. (2015). AMDEC (Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité) appliquée à la STEP d'Ain El Houtz.Abou Bekr Belkaid. Tlemcen
- [12] Bousserouel M, Benkaddour SH. (2019). Application de la méthode AMDEC afin d'établir un plan de maintenance dédié à un système de production. Cas : Système MPS 500 du laboratoire MELT.Abou Bekr Belkaid. Tlemcen

- [13] Info industrielle. (1 juillet 2014). AMDEC, LES PRINCIPAUX DOMAINES D'APPLICATIONS(Aéronautique). Consulté à l'adresse <http://www.info-industrielle.fr/aeronautique/amdec-applications/#lamdec-produit> consulté le 30 avril 2021
- [14] Iyad, Mourani. (19 Septembre 2006). Étude des systèmes de production automatisée soumis à des aléas. Université Paul Verlaine. Metz
- [15] Ye, X. (1994). Modélisation et simulation des systèmes de production : une approche orientée-objets (Doctoral dissertation, INSA de Lyon).
- [16] Le site pour la technologie au collège. II - La partie opérative / La partie Commande (les composants). Consulté à l'adresse : http://www.sitetechno.info/ressources/01_automat.html#haut. Consulté le : 30 Juin 2021
- [17] Atmimou, L, Belfaked, H. (2011). Système automatique de production et adaptation d'un automate à une machine de l'Electro-industrie. Université Mouloud Mammeri. Tizi-Ouzou
- [18] Delgado Sobrino, D. R., Košťál, P., & Vavruška, J. (2014). On the Analysis and Customization of an iCIM 3000 System : A take on the Material Flow, its Complexity and a few General Issues to Improve. In Applied Mechanics and Materials (Vol. 474, pp. 42-48). Trans Tech Publications Ltd.
- [19] Bouchama K, Allam L. (2018) Automatisation et supervision de l'unité de production du détergent du groupe OSMOSE. Université Mouloud Mammeri. Tizi-Ouzou
- [20] Définitions. La partie opérative. Consulté à l'adresse : <http://www.ac-grenoble.fr/college/jean-monnet.st-jorioz/techno/clg/old-html/Documents/definitions.htm>. consulté le : 30 Juin 2021
- [21] Benselma,Z., Bendahou.D. (2016-2017) Etude et développement d'un système automatisé de gestion de silos de conditionnement par automate Siemens, Université Blida 1.
- [22] Košťál, P., Mudriková, A., Václav, S., Michal, D., Lecký, Š., & Cazañas, R. D. (2019). Manufacturing Component Base Broadening in the Flexible Manufacturing System by Using a Group Technology. In Materials Science Forum (Vol. 952, pp. 45-54). Trans Tech Publications Ltd.
- [23] Patrick, Abati. (2003). Le Grafcet - Description générale. Consulté à l'adresse <https://sitelec.org/cours/abati/grafcet1.htm>. consulté le 12 Mai 2021

- [24] Cours grafcet : Les notions de base. (18-11-2017). Consulté à l'adresse <https://www.technologuepro.com/cours-automate-programmable-industriel/Cours-Grafcet-notions-de-base.htm>.consulté le 12 Mai 2021
- [25] Patrice, Bonhomme. (2001). Réseaux de pétri p- temporels : contributions à la commande robuste. Université de Savoie. Chambéry
- [26] Saadi, Djallel. (2011). Synthèse des superviseurs : Approche basée sur la théorie des réseaux de pétri. Université d'Oran

Résumé

L'objectif principal de toutes les entreprises industrielles est de garder leurs pérennités sur le marché pour cela elles visent à minimiser les couts de revients en analysant tous les couts puis prendre des meilleures décisions et améliorer la qualité de leurs produits. Parmi les méthodes utilisées pour atteindre cet objectif les méthodes de sureté de fonctionnement comme : L'arbre de défaillance, chaine de Markov, AMDEC...etc.

Dans ce travail nous avons essayé d'appliquer la méthode AMDEC sur le système de production ICIM 3000 qui se trouve au niveau du laboratoire productique MELT de Tlemcen. tout d'abord nous avons étudié le fonctionnement de notre système de production d'une manière générale ensuite nous avons consacré notre travail sur la station de qualité et de manutention dont nous avons étudié ses principaux sous-stations et leurs composants puis nous avons modéliser le fonctionnement des sous-stations en utilisant le Grafcet et réseau de pétri, enfin nous avons créé les tableaux AMDEC par lesquels nous avons pu proposer des actions de maintenance corrective et préventive qui permettent de garder le bon fonctionnement de notre système de production.

Mots clés : Méthode AMDEC, système iCIM 3000, Modélisation, Maintenance industrielle.

Abstract

The main objective of all industrial companies is to maintain their viability in the market for this they aim to minimize the cost of returns by analyzing all costs and then making better decisions and improving the quality of their products. Among the methods used to achieve this objective are reliability methods such as: The fault tree, Markov chain, FMEA, etc.

In this work we tried to apply the FMEA method on the ICIM 3000 production system located at the MELT production laboratory in Tlemcen. Firstly, we studied the operation of our production system in general then we devoted our work to the quality and handling station of which we studied its main substations and their components then we modeled the operation of the substations using the Grafcet and petri network, by which we were able to propose corrective and preventive maintenance actions that allow us to keep our production system running smoothly.

Keywords: FMEA method, iCIM 3000 system, Modeling, Industrial maintenance.

ملخص

الهدف الرئيسي لجميع الشركات الصناعية هو الحفاظ على قابليتها للبقاء في السوق لهذا فهي تهدف إلى تقليل تكلفة العوائد من خلال تحليل جميع التكاليف ثم اتخاذ قرارات أفضل وتحسين جودة منتجاتها. من بين الطرق المستخدمة لتحقيق هذا الهدف طرق أمان التشغيل مثل: شجرة الأعطال، سلسلة ماركوف، FMEA، إلخ.

حاولنا في هذا العمل تطبيق طريقة FMEA على نظام الإنتاج ICIM 3000 الموجود في معمل إنتاج MELT في تلمسان. أولاً وقبل كل شيء درسنا تشغيل نظام الإنتاج لدينا بشكل عام ثم كرسنا عملنا لمحطة الجودة والمعالجة التي درسنا فيها المحطات الفرعية الرئيسية ومكوناتها ثم قمنا بنمذجة تشغيل المحطات الفرعية باستخدام شبكة Grafcet و petri ، وأخيراً أنشأنا جداول FMEA التي تمكنا من خلالها من اقتراح إجراءات الصيانة التصحيحية والوقائية التي تحافظ على عمل نظام الإنتاج لدينا بسلاسة.

الكلمات المفتاحية: طريقة FMEA، نظام iCIM 3000، النمذجة، الصيانة الصناعية