

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

جامعة أبي بكر بلقايد- تلمسان -

Université Aboubakr Belkaïd- Tlemcen -

Faculté de TECHNOLOGIE



## **MEMOIRE**

Présenté pour l'obtention du **diplôme de MASTER**

**En** : Génie industriel

**Spécialité** : L'ingénierie de la production

**Par** : BOUSSAID Nessrine  
DAHMANI Khadidja

### **Sujet**

**Analyse de dysfonctionnement de la station « production and handling » du Système MPS 500 en utilisant les méthodes de la sûreté de fonctionnement**

Soutenu publiquement le : 18/ 06 / 2023 devant le jury composé de :

TRIQUI Lamia	MCA	Université de Tlemcen	Présidente
ABDLAOUI Wassila	MCB	Université de Tlemcen	Examinatrice
GAOUAR Nihad	MCB	Université de Tlemcen	Examinatrice
HADDRI Abdelkader	MCB	Université de Tlemcen	Encadreur

Année universitaire : 2022/2023

# Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier ALLAH le tout puissant qui nous a donné la force et la patience de réaliser ce modeste travail.

En second lieu, nous tenons à remercier Mr. HADRI Abdelkader Pour ses encadrements, ses précieux conseils durant toute la période de travail.

Nous exprimons notre remerciement à tous le cadre Administratif de la faculté de technologie Abu Baker Belkaid, et tous les enseignants de départements GEE pour leurs enseignements et leurs conseils qui nous ont permis de poursuivre notre itinéraire académique jusqu'à présent.

Finalement, nous destinons nos vifs remerciements à nos familles et à toutes les personnes qui ont participé de près et de loin à l'exécution de ce travail.

# Dédicace



- ❖ Je dédie ce modeste travail à mon cher père et ma cher mère qui n'ont jamais cessé de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.
  - ❖ A ma sœur Fatiha et ma petite nièce Lyne
  - ❖ A mes frères Mohamed et Abdrahime
- ❖ A toute la famille BOUSSAID et DJALAAB
- ❖ A mon cher binôme DAHMANI Khadidja

BOUSSAID Nessrine..

# Dédicace



- ❖ Je dédie ce modeste travail à ma maman Wassila soleil de ma vie, ma raison d'exister qui m'a soutenu et m'encouragé durant ces années d'études.
- ❖ A mon père Nouredine, mon bonheur, mon espoir et ma sécurité, qui m'a toujours poussé et motivé dans mes études.
- ❖ A mes très chères sœurs : Hadjer, Hiba, Alae et ma petite nièce Eline
  - ❖ A mon très cher frère : Youcef.
- ❖ A tous mes amis et mon binôme BOUSSAID Nessrine.

DAHMANI Khadidja..

# Table de matière

Remerciements

Dédicaces

Table de matière

Liste des tableaux

Liste des figures

INTRODUCTION GENERAL .....	1
<b>Chapitre I: Généralité de la sûreté de fonctionnement .....</b>	<b>3</b>
I.1    Introduction .....	4
I.2    Généralités.....	4
I.2.1    Définition de la maintenance.....	4
I.2.1.1    Objectifs de la maintenance .....	4
I.2.1.2    Types de maintenance .....	5
I.2.2    Analyse fonctionnelle.....	6
I.2.3    La défaillance .....	6
I.2.4    Modes de défaillance.....	7
I.2.5    Sûreté de fonctionnement.....	7
I.3    Méthodes de la sureté de fonctionnement .....	8
I.3.1    La méthode AMDEC .....	8
I.3.1.1    Définition .....	8
I.3.1.2    Les types d'AMDEC .....	8
I.3.1.3    Démarche de la méthode AMDEC .....	9
I.3.2    Arbre de défaillance .....	11
I.3.2.1    Définition .....	11
I.3.2.2    Description des évènements.....	11
I.3.2.3    Symboles de l'arbre de défaillance .....	12
I.3.2.4    Démarche de l'arbre de défaillance .....	13
I.3.3    Chaine de Markov .....	17
I.3.3.1    Définition chaine de Markov .....	17
I.3.3.2    Démarche chaine de Markov .....	17

I.3.3.3	Représentation d'un graphe de Markov .....	18
I.3.3.4	Calcul de probabilités.....	19
I.3.3.5	Calcul de MUT, MTTR et MTBF.....	20
I.3.4	Réseau de Petri .....	21
I.3.4.1	Définition .....	21
I.3.4.2	Concepts de base de l'RdP .....	22
I.3.4.3	Démarche de Réseau de Petri.....	24
I.4	Conclusion.....	25
<b>Chapitre II :Système MPS500 présentation et description .....</b>		<b>26</b>
II.1	Introduction .....	27
II.2	Système de production .....	27
II.2.1	Définition .....	27
II.2.2	Parties principales d'un système de production .....	28
II.2.2.1	Partie commande.....	28
II.2.2.2	Partie opérative .....	31
II.3	Système de production MPS500 .....	33
II.3.1	Description du système MPS_FMS 500 .....	33
II.3.2	Composants du système MPS500 .....	34
II.3.2.1	Station distribution et contrôle.....	34
II.3.2.2	Station de production et handling .....	35
II.3.2.3	Station caméra.....	36
II.3.2.4	Station reboot et assemblage.....	37
II.3.2.5	Station stockage .....	37
II.3.2.6	Station livraison .....	38
II.4	Station de production et manutention.....	39
II.4.1	Composants principaux .....	40
II.4.2	Les différents capteurs : .....	42
II.4.3	Les actionneurs et le pré actionnaires : .....	43
II.5	Conclusion.....	45
<b>Chapitre III: Application des méthodes de la sûreté de fonctionnements sur la station « production and handling » du système MPS500 .....</b>		<b>46</b>
III.1	Introduction .....	47
III.2	Application de la méthode AMDEC .....	47
III.2.1	Analyse fonctionnelle de la station production and handling .....	47

III.2.1.1	Décomposition fonctionnelle du robot cartésien .....	47
III.2.1.2	Décomposition fonctionnelle de la table d'indexation .....	49
III.2.1.3	Décomposition fonctionnelle du dispositif de contrôle .....	50
III.2.1.4	Décomposition fonctionnelle de perceuse .....	51
III.2.2	Etablissement des tableaux AMDEC .....	51
III.2.3	Hierarchisation des modes de défaillances.....	65
III.2.4	Synthèses de l'étude et proposition des actions corrective .....	65
III.3	Application de la méthode arbre de défaillance .....	67
III.3.1	Identification des évènements principaux .....	67
III.3.2	Construction de l'arbre.....	69
III.3.2.1	Etablissement du premier niveau .....	69
III.3.2.2	Identification des causes des trois évènements principaux.....	70
III.3.2.3	Réduction de l'arbre.....	74
III.4	Conclusion de l'application de la méthode .....	77
III.5	Conclusion.....	77
	Conclusion générale .....	79
	Résumé .....	84

# Liste des tableaux

<b>Tableaux</b>	<b>Page</b>
<b>Chapitre I : Généralité de la sûreté de fonctionnement</b>	
Tableau I.1: Symboles des événements utilisés dans les arbres de défaillances .....	12
Tableau I. 2: Symboles des portes dans les arbres de défaillances .....	13
<b>Chapitre II : Système MPS500 présentation et description</b>	
Tableau II. 1: Les capteurs de sous station d'usinage .....	42
Tableau II. 2: Les capteurs de sous station Handling .....	43
Tableau II. 3: Actionneurs et les prés actionnaires de sous station Handling .....	44
Tableau II. 4: Actionneurs et les prés actionnaires de sous station handling .....	44
<b>Chapitre III : Application des méthodes de la sûreté de fonctionnements sur la station « production and handling » du système MPS500</b>	
Tableau III. 1: Niveaux de critère de cotation .....	52
Tableau III. 2: Tableau AMDEC du composant « Robot Cartésien » .....	54
Tableau III. 3: Tableau AMDEC du composant « Table d'indexation » .....	55
Tableau III. 4: Tableau AMDEC du composant « Dispositif de contrôle » .....	56
Tableau III. 5: Tableau AMDEC du composant « Perceuse » .....	56
Tableau III. 6: Tableau AMDEC du composant « moteur de perceuse » .....	57
Tableau III. 7: Tableau AMDEC du composant « moteur de la table » .....	58
Tableau III. 8: Tableau AMDEC « les capteurs » .....	59
Tableau III. 9: Tableau AMDEC du composant « Distributeur pneumatique » .....	63
Tableau III. 10: Tableau AMDEC du composant « distributeur électrique » .....	64
Tableau III. 11 : Classement et priorisation par criticité pour le traitement des défaillances ..	65
Tableau III. 12: Les codes identifiés pour chaque événement .....	74



# Liste des figures

<b>Figures</b>	<b>Page</b>
<b>Chapitre I : Généralité de la sûreté de fonctionnement</b>	
Figure I.1:Principaux objectif de la maintenance.....	4
Figure I.2Schéma récapitulatif de types de maintenance .....	5
Figure I.3: La démarche AMDEC .....	9
Figure I.4:Exemple d'un arbre des défaillances .....	12
Figure I.5: Démarche pour l'élaboration d'un arbre des défaillances .....	15
Figure I. 6: Exemple d'un arbre de défaillance .....	16
Figure I.7: Un modèle de chaine de Markov .....	17
Figure I. 8: Exemple chaine de Markov pour un système d'un seul composent.....	18
Figure I.9: Chaine de Markov d'un seul composant .....	19
Figure I. 10: Exemple d'un Réseau de Petri.....	21
Figure I.11:Exemple de RdP avec marquage .....	22
Figure I.13: Graphes de marquage .....	23
Figure I . 12: Franchissement de transition .....	23
Figure I.14: Réseau de Petri d'un système à un seul composant .....	24
<b>ChapitreII : Système MPS500 présentation et description</b>	
Figure II.1: Structure d'un système de production.....	27
Figure II.2: Structure d'un système automatisé de production .....	28
Figure II.3: Pupitre commande dans un système MPS 500 .....	29
Figure II. 4: Capteur électromagnétique .....	32
Figure II. 5: Système MPS500 .....	34
Figure II. 6: Station de distribution et contrôle .....	35
Figure II. 7: Station de production et manutention .....	36
Figure II. 8: Station caméra.....	36
Figure II. 9: Station robot et assemblage.....	37
Figure II. 10: Station de stockage.....	38
Figure II. 11: Station de livraison.....	38
Figure II. 12: Table d'indexation .....	40
Figure II. 13: Perceuse .....	41
Figure II. 14: Dispositif de contrôle .....	41
<b>ChapitreIII : Application des méthodes de la sûreté de fonctionnements sur la station « production and handling » du système MPS500</b>	
Figure III. 1:Décomposition fonctionnelle du robot cartésien .....	48
Figure III. 2:Décomposition fonctionnelle de la table d'indexation .....	49
Figure III. 3: Décomposition fonctionnelle du dispositif de contrôle .....	50
Figure III. 4: Décomposition fonctionnelle de perceuse .....	51
Figure III. 5: Partie de l'arbre de défaillance pour l'évènement « pièce non usinée ».....	70

Figure III. 6 : Partie de l'arbre de défaillance pour l'évènement « robot ne déplace pas les pièces ».....	72
Figure III. 7: Arbre de défaillance la table ne fonctionne pas.....	73
Figure III. 8: Arbre de défaillance de la perceuse ne fonctionne pas.....	73
Figure III. 9: L'arbre réduit.....	75

## Abréviations :

ADD	Arbre de défaillance
AFNOR	Association Française de Normalisation
AMDEC	Analyse des Modes de Défaillances, leurs Effets et leur Criticité
API	Automate programmable industriel
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
FMEA	Failure Modes, their Effects Analysis
FMS	Flexible Manufacturing System
MELT	Manufacturing Engineering Laboratory of Tlemcen
MPS	Modular Production System
MTBF	Mean Time Between Failures
MTTR	Mean Time To Repair
MUT	Mean Up Time
NF EN	Norme Française Européenne
NF	Norme Française
RAM	Random Access Memory
RdP	Réseau de Petri
ROM	Random Only Memory
RTD	Résistance Temperature Detector
SAP	Système Automatisé de Production
Sdf	Sureté de fonctionnement



## INTRODUCTION GENERAL

Les systèmes de production automatisés sont des systèmes qui utilisent des machines et des technologies automatisés pour effectuer des tâches de production sans intervention humaine directe, ils sont largement utilisés dans nombreux secteurs d'automobile, de l'électronique, de la production alimentaire, la fabrication des produits pharmaceutiques. Ces systèmes sont conçus pour amender la productivité, réduire les couts, et augmenté la qualité des produits en optimisant les processus de production.

Les industries ont recours à des systèmes de production pour convertir, en produits finis ou en services, les matières premières, les composants et/ou les informations. La conception et l'optimisation des systèmes de production doivent prendre en compte la sûreté de fonctionnement pour minimiser les risques de défaillance ou d'accident pouvant entraîner des coûts importants en termes de perte de production, de réparation, de sécurité des travailleurs, d'impact sur l'environnement et de réputation de l'entreprise.

Pour assurer la sureté de fonctionnement, les entreprises industrielles peuvent mettre en place des méthodes d'analyse des risques et de gestion de la qualité, des instructions de maintenance planifiées et des tests de fiabilité sur les équipements.

Notre étude vise à appliquer différentes méthodes de la sûreté de fonctionnement, telles que l'AMDEC, l'Arbre de Défaillance, la Chaîne de Markov et le Réseau de Pétri, sur le système de production MPS500 du laboratoire MELT de l'université Abou Baker Belkaid Tlemcen. L'objectif principal de cette étude est d'analyser les dysfonctionnements de la station de production et de manutention de ce système.

Ce mémoire est structuré comme suit :

Dans le 1<sup>er</sup> chapitre on va parler sur la maintenance et son objectif ainsi ses types ensuite, on va définir les termes relatifs à la sûreté de fonctionnement, puis on va présenter les différentes méthodes de la sûreté de fonctionnement (AMDEC, Chaîne Markov, Arbre de défaillance, Réseau de pétri) en détaillant leurs objectifs et leurs étapes.

Dans le 2<sup>ème</sup> chapitre de notre mémoire, on va fournir une présentation générale des systèmes automatisés de production. On va aborder les principes et les concepts essentiels de ces systèmes. Ensuite, on va concentrer sur le système modulaire MPS500 et le décrire d'une manière détaillée, en examinant le fonctionnement de chaque station et sous-station. On va accorder une attention particulière à la station de production et de

manutention, en analysant ses caractéristiques spécifiques, ainsi que les équipements, capteurs et actionneurs qui y sont impliqués.

Le troisième et le dernier chapitre est l'application des méthodes de la sûreté de fonctionnement, nous allons tout d'abord commencer par la méthode AMDEC en montrant les tableaux AMDEC qui contiennent les modes de défaillance, les causes et les effets de chaque composant après nous allons proposer des plans d'actions de maintenance corrective et/ou préventive , ensuite nous allons appliquer la méthode l'arbre de défaillance comme outil de diagnostic des défauts de la station production et manutention.

Finalement, nous terminerons ce travail par une conclusion générale en résumant l'étude de l'analyse de dysfonctionnement de la station production and handling du système MPS500 par les méthodes de la sûreté de fonctionnement.

# **Chapitre I**

## **Généralité sur la sûreté de fonctionnement**

## I.1 Introduction

Les industriels s'intéressent de plus en plus à la sûreté de fonctionnement qui est devenue un facteur majeur. Les entreprises sont à la recherche des techniques et des méthodes pour évaluer les risques, surpasser les défaillances et minimiser les conséquences lorsqu'elles se produisent par une politique de maintenance et surmonter les concurrents en assurant la rapidité de production et un coût inférieur de production. Parmi ces méthodes de la SdF : l'arbre de défaillance, méthode AMDEC, chaîne de Markov et réseau Petri.

Dans ce chapitre nous allons, tous d'abord, présenter quelques définitions relatives à la maintenance industrielle, ensuite nous allons donner une présentation générale sur la sûreté de fonctionnement. Nous présenterons sa définition et ses différentes méthodes.

## I.2 Généralités

### I.2.1 Définition de la maintenance

Selon l'AFNOR (FD X 60-000), « la maintenance est un ensemble des opérations nécessitant un bien est maintenu ou remis dans un état déterminé ou dans l'aptitude à rendre un service donné. Dans cette définition, le mot maintenance a une notion de prévention pour un système en fonctionnement, tandis que la maintenance inclut la notion de Correction. » [1]

#### I.2.1.1 Objectifs de la maintenance

La figure ci-dessous représente les objectifs généraux de la maintenance selon la politique de l'entreprise. Il s'agit des aspects : humain, financier et technique.

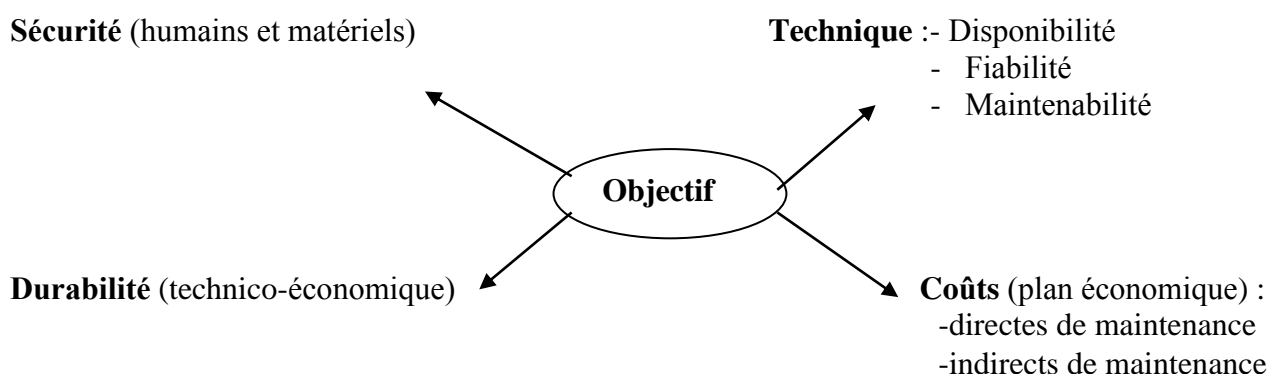


Figure I.1:Principaux objectif de la maintenance [2]



Exemple d'objectifs :

- La disponibilité et la durée de vie du bien.
- L'optimisation des coûts de maintenance.
- La qualité de produit.
- Préserver l'environnement.
- Assurer la sécurité des êtres humains et des biens.
- Etc.

### I.2.1.2 Types de maintenance

Il existe deux types principaux de la maintenance : la maintenance préventive où les actions de maintenance sont préparées avant que le système subisse une panne, et la maintenance corrective qui se fait après qu'une panne arrive au système (actions de réparation). Le schéma de la figure I.2, représente ces deux types de maintenance. [3]

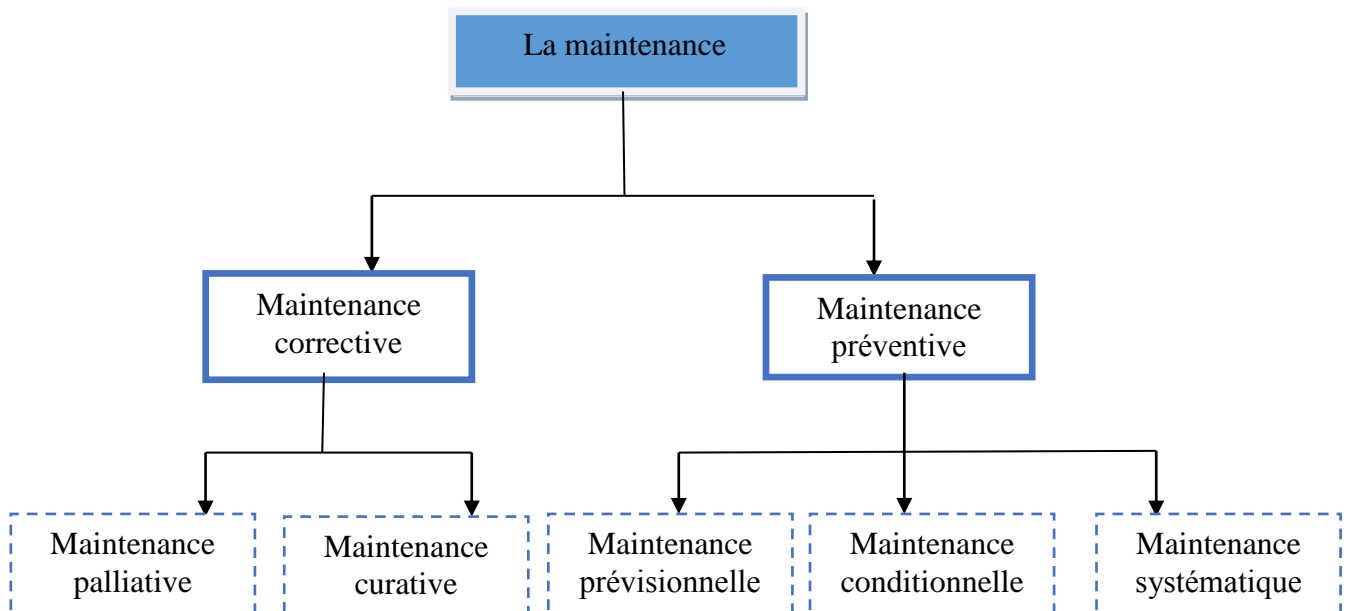


Figure I.2 :Schéma récapitulatif de types de maintenance

Selon cette figure, on peut remarquer que la maintenance corrective est divisée en deux types :

- 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.

- Maintenance corrective curative :

Englobe les actions de maintenance corrective visant à ramener un bien dans un état spécifié ou à lui permettre d'assurer une fonction requise.

La maintenance préventive est divisée en trois types :

- Maintenance systématique :

La maintenance systématique est réalisée selon un calendrier préétabli en fonction du temps écoulé ou du nombre d'unités d'utilisation (par exemple, le nombre d'heures ou le nombre de pièces fabriquées).

- Maintenance conditionnelle :

C'est une forme de maintenance préventive qui est déclenchée par un événement prédéterminé, révélateur de la détérioration d'un bien.

- Maintenance prévisionnelle :

Selon la norme NF EN 13306 X60-319, « la maintenance prévisionnelle est définie comme étant une forme de maintenance qui est réalisée en prévision d'une dégradation du bien, basée sur une analyse répétée, des caractéristiques connues et une évaluation des paramètres significatifs de la dégradation ». [3]

## **I.2.2 Analyse fonctionnelle**

Selon la norme NF X50-150, « l'analyse fonctionnelle est une méthode qui comprend la recherche, l'ordonnement, caractérisation, hiérarchisation et/ou l'amélioration des fonctions. » [4]

Autrement dit, « La démarche qui décrit complètement les fonctions et leurs relations, qui sont systématiquement caractérisées, classées et évaluées. » (NF X50-100).

Il existe trois catégories de fonctions :

- Fonction principale : (fonctions d'usage) c'est des services rendus par le système (ou produit) l'objectif technique pour répondre au besoin de l'utilisateur. C'est la raison pour laquelle le produit a été créé.
- Fonction contrainte : est une fonction de service qui restreint la liberté du concepteur.
- Fonction complémentaire : qui facilite, améliore, ou complète le service rendu et qui n'est pas demandé par l'utilisateur. Il s'agit par exemple des demandes de client d'améliorer son produit.

## **I.2.3 La défaillance**

Selon la norme AFNOR X60-010, « une défaillance se produit lorsque la capacité d'un ensemble à remplir ses fonctions requises, conformément aux performances spécifiées, est altérée ou cesse complètement ».

En raison de leurs manifestations, de leurs impacts et de leurs résultats, les défaillances ont été classifiées à plusieurs reprises. On peut identifier différents niveaux de pannes, allant des plus mineures aux plus critiques, voire catastrophiques, qu'elles soient partielles ou totales. [5]

## I.2.4 Modes de défaillance

Le mode de défaillance correspond à la manière dont un produit, un composant, un ensemble, un processus ou une organisation montre des signes de défaillance ou se dévie des spécifications. Voici quelques exemples concrets pour illustrer cette définition : déformation, fuite, court-circuit, absence d'arrêt, et ainsi de suite.[6]

**La cause de la défaillance :** correspond à une anomalie susceptible de provoquer la défaillance.

**L'effet de la défaillance :** désigne les conséquences subies par l'utilisateur.

## I.2.5 Sûreté de fonctionnement

La sûreté de fonctionnement est également connue sous le nom de la science des défaillances. Elle comprend la connaissance, l'évaluation, la prédiction, la mesure et le contrôle des défaillances.

La sûreté de fonctionnement, est un domaine transversal qui requiert une compréhension approfondie du système, y compris les conditions d'utilisation, les risques externes, la conception fonctionnelle et matérielle, la structure et la fatigue des matériaux [7].Elle se compose essentiellement de quatre mesures :

- La fiabilité : aptitude d'un composant (ou un système) à ne pas avoir une défaillance dans un intervalle de temps donné.
- La maintenabilité : aptitude à être remis en service après la panne.
- La disponibilité : la disponibilité d'un système correspond à son aptitude à fonctionner sans interruption pendant une période donnée.
- La sécurité : elle garantit que ceux-ci ne représentent aucun danger pour les personnes, les biens ou l'environnement.

## **I.3 Méthodes de la sureté de fonctionnement**

### **I.3.1 La méthode AMDEC**

#### **I.3.1.1 Définition**

L'AMDEC, qui signifie Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leurs Criticités, est une méthode d'analyse qualitative et quantitative. Elle permet d'identifier les défaillances potentielles d'un produit, d'un procédé ou d'un processus, afin de mettre en place des actions correctives ou préventives. Cette méthode est l'équivalent français de la FMEA, qui signifie « Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis ». Elle est utilisée pour améliorer la qualité et la fiabilité des produits, des procédés et des processus en identifiant les risques de défaillance et en prenant des mesures pour les réduire.

L'AMDEC repose sur un ensemble de quatre questions fondamentales qui restent communes à toutes les variantes de cette méthode [8] :

- Des modes de défaillances potentielles : Cette question se concentre sur l'identification des différentes manières dont le système peut présenter des défaillances ou ne pas fonctionner correctement. Cela répond à la question fondamentale : "Qu'est-ce qui pourrait aller mal ?"
- Des effets possibles, réponse à la question : Cette question vise à évaluer les conséquences ou les effets des modes de défaillance identifiés. Il s'agit de déterminer les impacts potentiels sur la performance, la sécurité ou d'autres aspects du système. Cela répond à la question : "Quels pourraient être les effets entraînés par ce mode de défaillance potentielle ?"
- Des causes possibles, réponse à la question : Cette question se concentre sur l'identification des causes sous-jacentes ou des facteurs qui pourraient entraîner les modes de défaillance identifiés. Cela répond 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 : Cette question concerne les méthodes ou les moyens permettant de détecter la présence ou l'occurrence des modes de défaillance. Il s'agit de mettre en place des mécanismes de surveillance ou des outils de détection pour identifier rapidement les défaillances. Cela répond à la question : "Comment faire pour voir si cela se produit ?"

#### **I.3.1.2 Les types d'AMDEC**

Il existe trois principaux types d'AMDEC [9] :

- AMDEC Produit : appelle aussi de projet AMDEC. Est une méthode d'analyse de la conception d'un produit afin d'améliorer sa qualité et sa fiabilité.

- AMDEC Processus : est une analyse spécifique axée sur les modes de défaillance liés au processus de fabrication.
- AMDEC Moyens : est une méthode spécifique d'analyse des défaillances liées aux machines. Elle consiste à examiner en détail les modes de défaillance potentiels des machines, à évaluer les effets de ces défaillances sur les performances de la machine et à déterminer leur criticité.

Dans notre travail nous nous sommes intéressés par dernier type de l'AMDEC dont nous allons l'appliquer sur un système de production réel.

### I.3.1.3 Démarche de la méthode AMDEC [10]

L'analyse AMDEC est un processus qui contient plusieurs étapes très importantes, la figure suivante montre ces différentes étapes selon leur ordre logique :

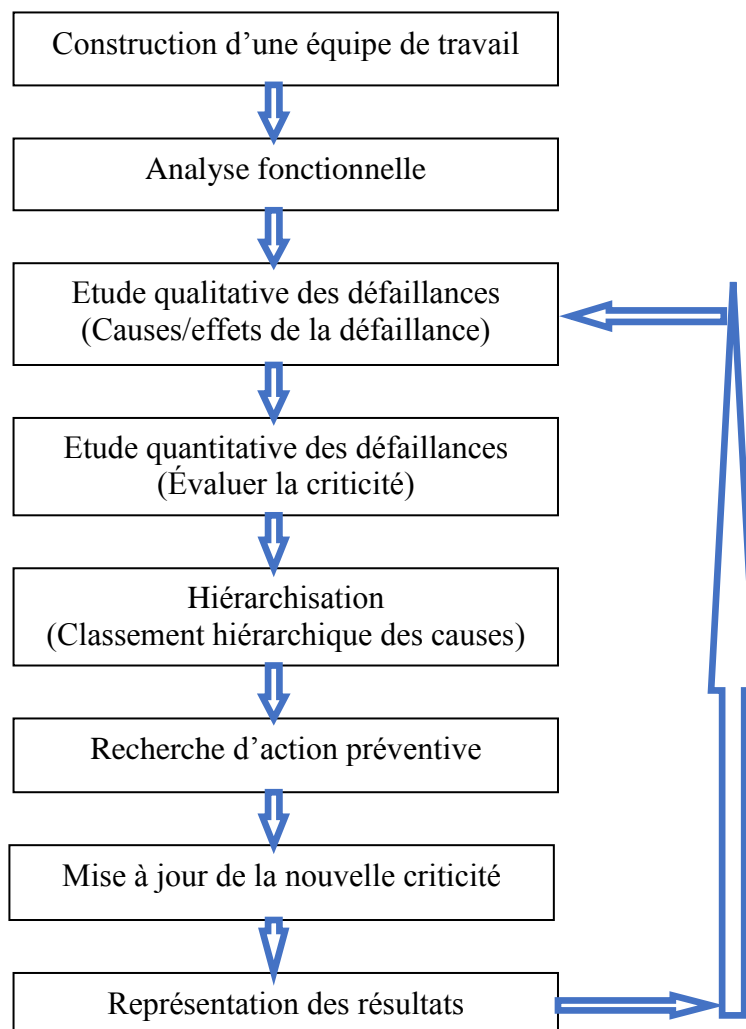


Figure I.3:La démarche AMDEC

### **Etape 1** : Constitution du groupe de travail

Cette première étape consiste à construire une équipe de travail multidisciplinaire qui aura la mission de réaliser l'étude pour assurer le bon fonctionnement de ce processus.

### **Etape 2** : Analyse fonctionnelle

L'objectif de l'analyse fonctionnelle est de déterminer d'une manière exhaustive les principales fonctions d'un produit, les fonctions contraintes et les fonctions élémentaires.

Pour une analyse fonctionnelle correcte il y a trois étapes :

- Définir les besoins à satisfaire
- Définir les fonctions qui correspondent au besoin
- Etablir l'arbre fonctionnel

### **Etape 3** : Etude qualitative des défaillances [6]

L'équipe AMDEC commence par l'identification des défaillances pour chaque élément du système afin de déterminer les différents modes de défaillance. Après, l'analyse fonctionnelle détermine également les effets potentiels associés à chaque modes de défaillances ; ainsi que les causes probables à ces de défaillances.

### **Etape 4** : Etude quantitative des défaillances

L'objectif de cette étape quantitative est d'assigner à chaque éventuelle défaillance un indice de criticité. Pour ce faire, la criticité est déterminée en combinant trois facteurs.

- Le premier facteur pris en compte est la gravité (G) de la défaillance, c'est-à-dire les conséquences qu'elle peut avoir sur l'utilisateur, le système et/ou l'environnement.
- Le deuxième facteur est la fréquence d'apparition de la défaillance, également appelée occurrence (F). Il s'agit de déterminer à quelle fréquence cette défaillance pourrait se produire dans le temps.
- Le troisième facteur pris en compte est la probabilité de non-détection (D). Il s'agit d'évaluer le risque qu'une défaillance se produise sans être détectée, malgré les contrôles et les mesures de prévention en place.
- Le résultat de la combinaison de ces trois facteurs est un indice de criticité, souvent noté C ou IPR (Indice de Priorité de Risque). Cet indice de criticité est obtenu en multipliant la gravité (G), l'occurrence (O) et la probabilité de non-détection (D), soit :  
 $C = G * F * D$ .

### **Etape 5** : Hiérarchisation

Après le calcul de criticités, les classer par un ordre décroissant, ces criticités doivent être traités par cet ordre. Les actions préventives à mettre en place elles-aussi proposées ensuite selon le même ordre obtenu.

### **Etape 6** : Recherche des actions préventive/corrective

Après la sélection de la criticité le plus élevé on doit choisir des actions pour diminuer la ou les cotations les plus élevé en termes de gravité, non détection ou de probabilité d'occupation.

### **Etape 7** : Suivi des actions prises et la réévaluation de criticité

Après avoir pris des actions préventives ou correctives pour réduire les risques identifiés, il est important de recalculer les indices de criticité pour évaluer l'impact et l'efficacité de ces actions. Le nouvel indice de criticité doit être inférieur à sa valeur précédente, ce qui indique que les actions prises ont réduit les risques et amélioré la sécurité du système ou de l'environnement. Si le nouvel indice de criticité est toujours aussi élevé, cela signifie que les actions prises ne sont pas.

### **Etape 8** : Représentation des résultats

Après la dernière estimation établie toutes les informations précédentes doivent être mentionnées dans un tableau AMDEC.

## **I.3.2 Arbre de défaillance**

### **I.3.2.1 Définition**

L'analyse par arbre de défaillances, ou ADD, est une méthode couramment utilisée en ingénierie pour évaluer la sécurité et la fiabilité des systèmes statiques. Elle consiste à représenter graphiquement les défaillances potentielles des composants d'un système sous forme d'un arbre, qui permet de visualiser la transmission des défaillances et leurs conséquences sur le système. L'objectif de l'ADD est d'identifier les événements susceptibles de causer une défaillance du système, appelée événement redouté, et d'évaluer l'efficacité des mesures préventives pour éviter ces événements. Les événements représentés sur l'arbre sont considérés comme indépendants les uns des autres. [11]

### **I.3.2.2 Description des évènements**

- a) Évènement redouté : L'évènement redouté est un événement unique au sommet de l'arbre des défaillances. Il s'agit d'un événement indésirable pour lequel nous examinons toutes les causes qui peuvent le provoquer.
- b) Évènements intermédiaires : Les événements intermédiaires sont des événements similaires à l'évènement redouté, mais ils se distinguent par leur rôle en tant que causes pour d'autres événements. En d'autres termes, ce sont les événements intermédiaires combinés qui conduisent à l'évènement redouté.

- c) Evènements élémentaires : Les évènements élémentaires présents dans un arbre de défaillances sont les défaillances des composants qui composent le système étudié. Ils représentent des évènements spécifiques se situant au niveau le plus détaillé de l'analyse du système.

La figure I.4 représente un exemple d'un arbre de défaillance où les trois types d'évènements sont bien présentés.

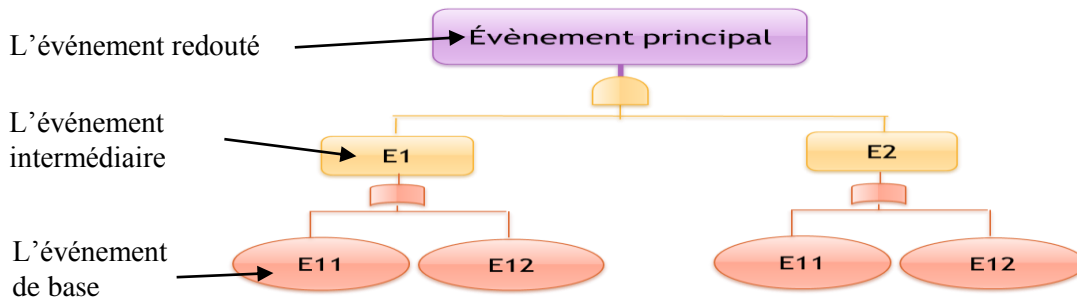
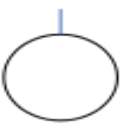
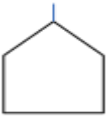
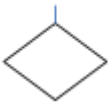


Figure I.4: Exemple d'un arbre des défaillances

### I.3.2.3 Symboles de l'arbre de défaillance


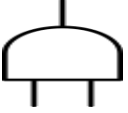
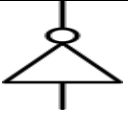
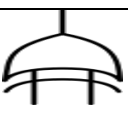
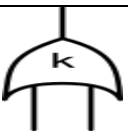
Afin d'établir l'arbre de défaillances d'un évènement redouté on utilise plusieurs symboles. Les deux tableaux suivants présentent la plupart de ces symboles.

Tableau I.1: Symboles des évènements utilisés dans les arbres de défaillances

Symbole	Nom	Description
	Évènement de Base	L'évènement du plus bas niveau correspond à celui pour lequel la probabilité d'apparition ou les informations de fiabilité sont disponibles.
	Évènement maison	Cet évènement doit se produire de manière certaine lors de la production ou de la maintenance. Il est considéré comme un évènement non-probabilisé, où l'on doit choisir de le fixer à une valeur de 1 ou de 0 avant de traiter l'arbre. La flexibilité de ce type d'évènement permet d'avoir différentes variantes d'un arbre sur un seul schéma, en modifiant la logique de l'arbre en fonction de la valeur choisie par l'utilisateur.
	Évènement non développé	Le développement de cet évènement n'est pas complet que ce soit en raison de ses conséquences négligeables ou du manque d'informations.



**Tableau I. 2: Symboles des portes dans les arbres de défaillances**

Symbole	Nom	Description	Nombre d'entrées
	OU (OR)	L'événement de sortie se produit dès lors qu'au moins l'un des événements d'entrée se réalise.	>1
	ET (AND)	L'événement de sortie se produit uniquement lorsque tous les événements d'entrée se réalisent simultanément.	>1
	NON (NOT)	L'événement de sortie se manifeste lorsque l'événement d'entrée ne se produit pas. La condition logique de la sortie est l'inverse de celle de l'entrée.	=1
	OU Exclusif (XOR)	L'événement de sortie se produit lorsque seulement un événement d'entrée se produit.	>1
	VOTE MAJORITAIRE	L'événement de sortie se produit lorsque au moins k événements d'entrée se produisent ( $k < n$ ).	>1

### I.3.2.4 Démarche de l'arbre de défaillance

#### a) Construction de l'arbre de défaillance

Pour construire l'arbre de défaillance basé sur l'étude des événements menant à un événement redouté, il est nécessaire de suivre les étapes suivantes dans l'ordre, en partant de l'événement redouté et en progressant vers les événements élémentaires :

- Définir l'événement redouté dont on recherchera les causes.
- Représenter graphiquement les relations de cause à effet par des portes logiques (ET, OU) dans une structure arborescente qui permettent de spécifier le type de combinaison entre les événements intermédiaires qui conduisent à l'événement analysé.
- Etablir l'arbre.

Pour appliquer cette méthode il est nécessaire de :

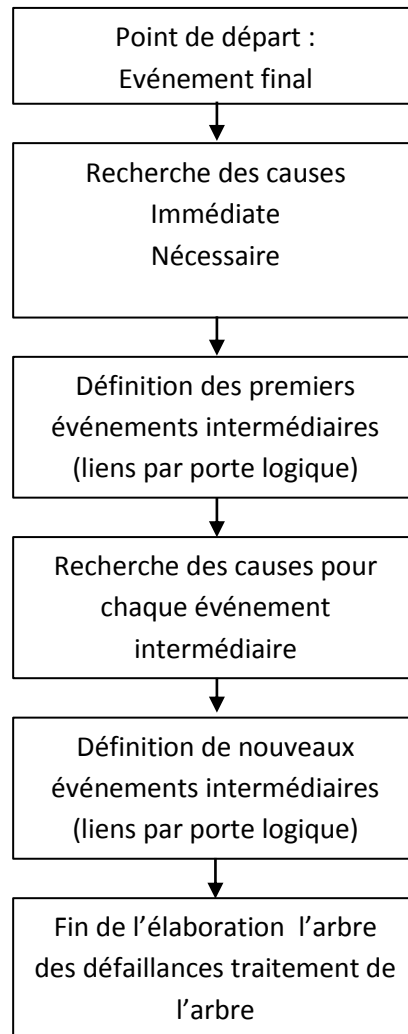
- Vérifier que le système a un fonctionnement cohérent.
- Connaître la décomposition fonctionnelle du système.

- Connaître la mission du système et son environnement pour déterminer le ou les événements redoutés qu'il soit nécessaire d'étudier.
- Connaître les modes de défaillance des composants. [12]

**b) Règles de construction**

Afin de construire un arbre de défaillance qui décrit d'une manière précise les liens entre les causes et les effets des défaillances, il est important de respecter certaines règles [12]:

1. Expliciter les faits et noter comment et quand ils se produisent en prenant en compte :
  - a) l'événement redouté.
  - b) les événements intermédiaires.
2. Effectuer un classement des événements selon les catégories suivantes :
  - a) Les événements élémentaires qui représentent la défaillance d'un composant.
  - b) Les événements intermédiaires résultant de la défaillance d'un composant.
  - c) Les événements intermédiaires indépendants du composant mais provenant du système.
3. Identifier les "causes immédiates" de chaque événement intermédiaire afin de ne pas oublier une branche dans l'arbre de défaillance.
4. éviter les connexions directes entre les portes, ce qui signifie qu'il est préférable d'ajouter des événements intermédiaires pour décrire les relations causales entre les événements plutôt que de connecter directement les portes.
5. Supprimer les incohérences comme par exemple : un événement qui est à la fois cause et conséquence d'un autre événement.



**Figure I.5: Démarche pour l'élaboration d'un arbre des défaillances**

### c) Les coupes minimales

Une coupe minimale se compose du nombre minimal d'événements requis pour déclencher un événement indésirable ou redouté. On parle parfois de « chemin critique ». Dans l'exemple en dessous la figure 6, l'occurrence simultanée des événements A, B et C conduit effectivement à l'événement final effectuée à partir des règles de l'algèbre de BOOLE en considérant que :

- À chaque événement de base correspond une variable booléenne.
- L'événement de sortie d'une porte « ET » est associé au produit des variables booléennes correspondant aux événements d'entrée.
- L'événement de sortie d'une porte « OU » est déterminé par la somme des variables booléennes qui représentent les événements d'entrée.
- L'évènement redouté sera représenté par une expression boolienne.

La figure suivante montre un exemple simple d'un arbre de défaillance et sa version réduite.

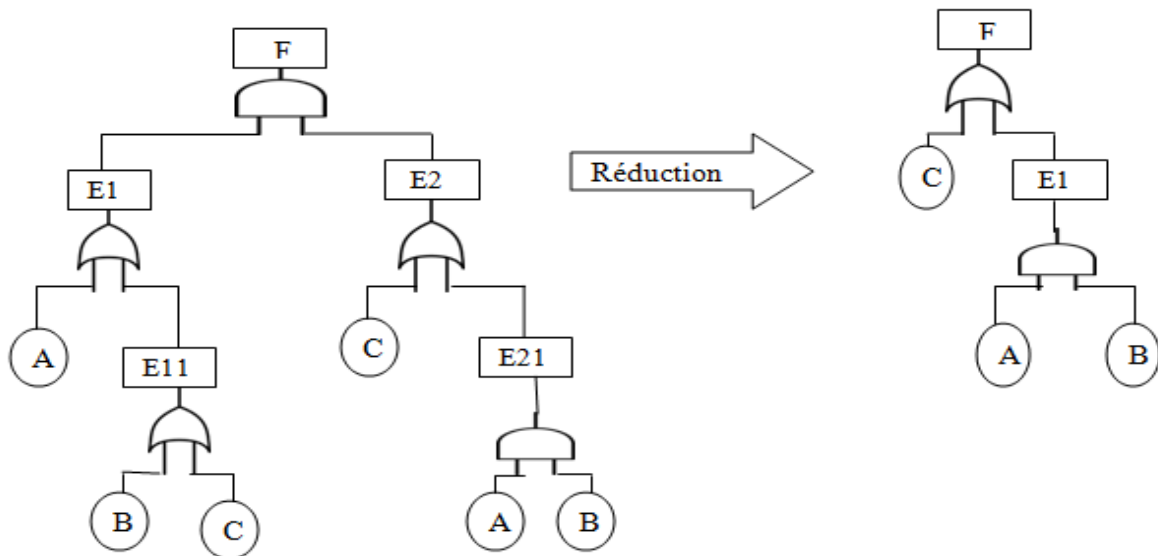


Figure I. 6:Exemple d'un arbre de défaillance

Pour trouver les coupes minimales de cet arbre on doit trouver l'équation simplifiée qui relie l'évènement redouté et les évènements de base. L'équation s'écrit comme suit :

$$\begin{aligned}
 F &= (A+B+C) \cdot [C+(A \cdot B)] \\
 &= A \cdot C + B \cdot C + A \cdot B + A \cdot B + C \cdot A \cdot B \\
 F &= C + A \cdot B
 \end{aligned}$$

Donc, les coupes minimales sont :

- Une coupe minimale **d'ordre 1** : C
- Une coupe minimale **d'ordre 2** : (A.B)

#### d) Analyse quantitative

Analyse quantitative permettant de calculer la probabilité de panne du système modélisé en fonction des probabilités des pannes de ses composants lorsque celles-ci sont constantes.

Calcul de probabilité de l'exemple précédent :

$$\begin{aligned}
 P(F) &= P(C+A \cdot B) \\
 &= P(C) + P(A) \cdot P(B) - P(A) \cdot P(B) \cdot P(C) \implies \text{théorème de Poincaré} \\
 &= P(C) + P(A) \cdot P(B)
 \end{aligned}$$

### I.3.3 Chaîne de Markov

#### I.3.3.1 Définition chaîne de Markov

L'approche consiste à représenter le fonctionnement d'un système par un ensemble de des états. Ces états représentent la combinaison des états de ses composants qui peuvent être des états de fonctionnement ou de panne. Un support graphique (le graphe des états) permet de visualiser les différents états du système qui sont représenté par des cercles et relier entre eux par des arcs orientés nommés transitions (indiquant une panne ou une réparation). [13]

La figure suivante présente une chaîne de Markov d'un système qui est constitué d'un seul composant.

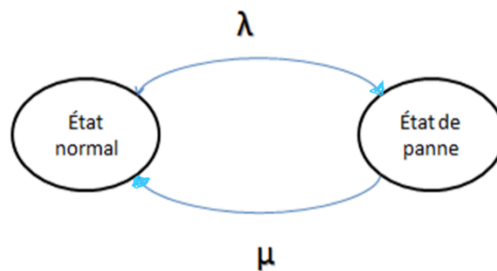


Figure I.7: Un modèle de chaîne de Markov

#### I.3.3.2 Démarche chaîne de Markov [6]

Afin d'établir la chaîne de Markov d'un système on considère toujours que le système composé de  $n$  composants et a un nombre fini d'états de fonctionnement et de panne. De plus, le système doit être réparable et chaque composant est réparé après une fois que la panne est observée. Les états du système sont alors :

- Des états de fonctionnement représentent les situations où un système fonctionne correctement, soit lorsque tous ses composants sont opérationnels, soit lorsque certains composants sont défectueux mais que le système reste tout de même fonctionnel.
- Des états de pannes qui représentent l'incapacité du système d'assurer sa fonction requise. Dans ces états ils existent généralement suffisamment de composants dans l'état de panne.

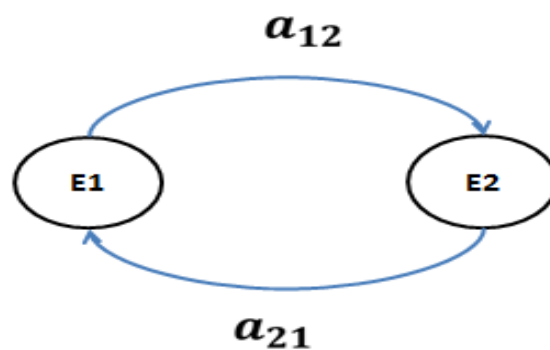
Pour construire le graphe de Markov on doit suivre 3 étapes :

- La première étape : consiste à identifier tous les états possibles. En sûreté de fonctionnement il est considéré généralement que pour chaque composant de système deux états sont possibles (fonctionnement et défaillance). De ce fait pour un système qui constitué de n composants, on peut avoir  $2^n$  états possibles.
- La deuxième étape : consiste à recenser toutes les transitions possibles entre les différents états et à identifier toutes les causes qui les provoquent. Ces causes peuvent être attribuées aux dysfonctionnements des composants ou aux opérations de réparation effectuées sur ces composants.
- La troisième étape : établissement de graphes.

### I.3.3.3 Représentation d'un graphe de Markov

Les étapes de représentation :

- Recensements de tous les états de système  $E_i$ .
- Définitions des transitions entre les états et leur cause.
- Etablissement de graphes.
- Classements des états en états fonctionnement ou états de panne de système.



$a_{ij}$  :taux de transition

$E_i$  :état de système

Figure I. 8:Exemple chaîne de Markov pour un système d'un seul composant

Dans la figure précédente le système est présenté par deux états qui sont reliés par les transitions  $a_{12}$  et  $a_{21}$  le premier représente le taux de défaillance du système et le deuxième représente son taux de réparation.

### I.3.3.4 Calcul de probabilités

En sûreté de fonctionnement et afin d'exploiter le graphe de Markov préétabli et déterminer la fiabilité et la disponibilité ou autre, nous avons besoin de comprendre la notion de probabilité.

1. Probabilité de passer d'un état vers un autre état :

La probabilité de transmission de l'état  $i$  vers l'état  $j$  entre l'instant  $t$  et  $t+dt$  égale à  $a_{ij} * dt$  Dont  $a_{ij}$  est le taux de transition

2. Probabilité à exister dans un état :

$$P_i(t+dt) = P_i(t) * P_{ii}(t+dt) + P_j(t) * P_{ji}(t+dt) + \dots$$

Ci-après un exemple démontre comment calculer les probabilités à travers la chaîne de Markov d'un seul composant (figure I.9) :

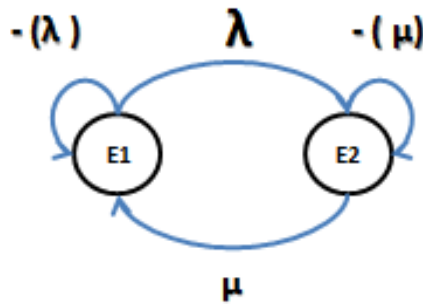


Figure I.9: Chaîne de Markov d'un seul composant

La probabilité d'exister dans l'état E1 est :  $P_1(t+dt) = P_1(t) * P_{11}(t+dt) + P_2(t) * P_{21}(t+dt)$  Alors :

$$\frac{dP(t)}{dt} = \begin{bmatrix} -\lambda & \lambda \\ \mu & -\mu \end{bmatrix} P(t)$$

$\begin{bmatrix} P_1(t) \\ P_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_1(0) \\ P_2(0) \end{bmatrix} e^{At}$  Dont :  $A = \begin{bmatrix} -\lambda & \lambda \\ \mu & -\mu \end{bmatrix}$  est la matrice de transition.

### I.3.3.5 Calcul de MUT, MTTR et MTBF

#### 1. Calcul de MUT :

Le MUT est la durée moyenne d'occupation de l'ensemble des états de fonctionnement c'est-à-dire  $MUT = \sum_{i=1}^l di$

Dont les états  $E_1, E_2, E_3 \dots E_l$  sont des états de fonctionnement de système .

#### 2. Calcul de MTTR :

Le MTTR est la durée moyenne d'occupation de l'ensemble des états de panne. C'est-à-dire  $MTTR = \sum_{i=l+1}^n di$

Dont les états  $E_{l+1}, \dots, E_n$  sont des états de panne de système .

#### 3. Calcul de MTBF :

Le temps de fonctionnement entre deux défaillances est :  $MTBF = MTTR + MUT$ .



## I.3.4 Réseau de Petri

### I.3.4.1 Définition

Le Réseau de Petri (RdP) est un outil de modélisation graphique et mathématique qui s'applique à un grand nombre de domaines. RdP est un langage de modélisation exprimé sous forme d'un graphe biparti orienté, il permet de modéliser le comportement dynamique d'un système réparable en présence de pannes.

Le réseau de Petri est un modèle graphique composé de places, de transitions, d'arcs d'entrée et de sortie, qui représentent respectivement des états, des événements, des conditions de déclenchement et des relations de causalité entre les éléments du système.

Les réseaux de petri sont utilisés dans les domaines de la conception et de l'analyse des systèmes critiques tels que les centrales nucléaires, les systèmes de transport, les réseaux de télécommunications, les systèmes de contrôle de processus industriels, les systèmes d'information et les systèmes de sécurité. La figure I.10 donne un exemple de graphe RdP constitué de cinq places et six transitions.

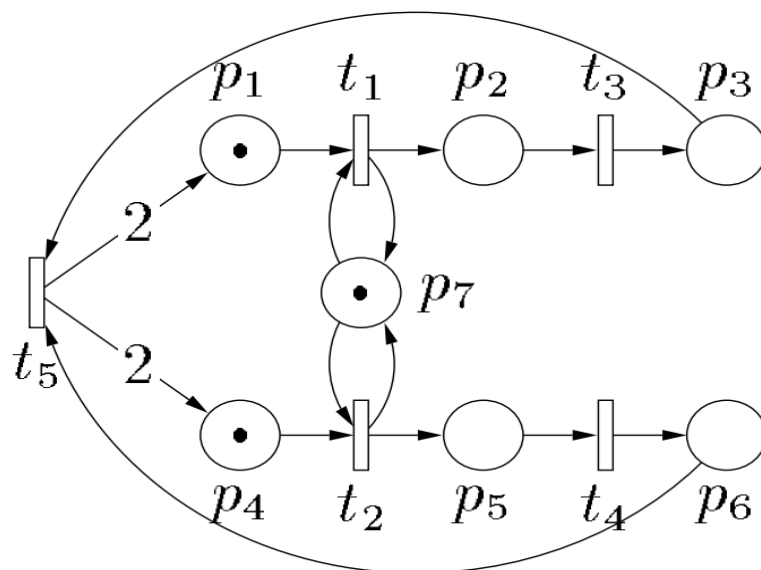


Figure I. 10: Exemple d'un Réseau de Petri [14]

### I.3.4.2 Concepts de base de l'RdP [13][15]

Un réseau de Petri (RdP) est composé d'un ensemble des places (représentées par des cercles) et des transitions (représentées par des barres). Chaque place contient un nombre entier de jetons pour modéliser la dynamique du système. Les places sont reliées l'une aux autres par des flèches à l'intermédiaire des transitions c'est-à-dire que dans un RdP on ne relie jamais de places à places, ou de transitions à transitions directement.

#### a) Les places

Le graphe de réseau de Petri est formé d'un ensemble fini de places  $P = \{P1, P2, P3, \dots\}$ . Les places, symbolisées par des cercles dans un réseau de Petri, sont généralement utilisées pour représenter les différents états du système.[13]

#### b) Les transitions

Dans un réseau de Petri, les transitions sont représentées par des traits ou des rectangles. Elles représentent des événements, des conditions de déclenchement et des relations de causalité entre les éléments du système.

#### c) Marquage des places

Le marquage désigne le nombre des jetons (points noirs) dans une place P, ce nombre sera entiers positifs ou nul. Le marquage c'est une vectrice colonne de dimension «  $n$  » dont  $n$  est le nombre de place du réseau.

La figure I.11 présente un exemple de RdP avec un marquage initial  $M_0$  qui donne la position initiale des jetons dans les places. Selon cet exemple le marquage initial est donc  $M_0 = (1, 0, 1, 0, 0, 2, 0)$ .

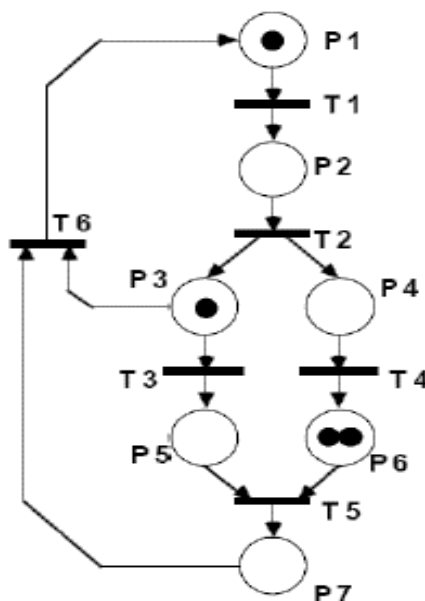


Figure I.11:Exemple de RdP avec marquage [16]

d) Franchissement de transition

Les jetons circulent dans les places selon certaines règles et après l'activation de transition. Cette circulation symbolise l'évolution dynamique du système.

Le franchissement est donc l'activation d'une transition qui entraîne le déplacement de jetons d'une ou plusieurs places vers une ou plusieurs autres places. Ce franchissement permet de passer d'un marquage à un autre.

L'exemple de la figure suivante démontre le marquage avant et après le franchissement de la transition T1.

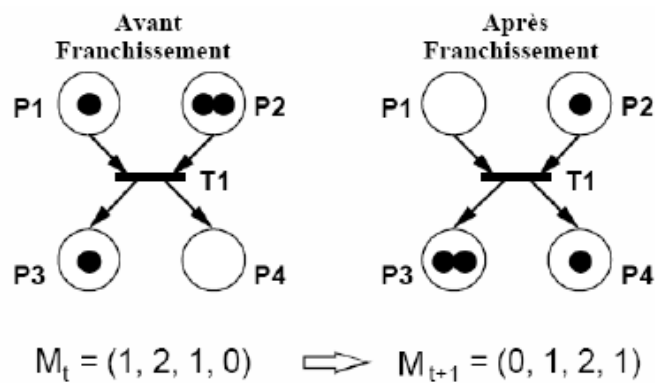


Figure I.12: Franchissement de transition [16]

e) Graphes de marquage [16]

L'évolution temporelle d'un Réseau de Petri (RdP) peut être décrite par un graphe de marquage qui représente l'ensemble des marquages accessibles. Ce graphe comporte des arcs qui correspondent aux franchissements des transitions, permettant de passer d'un marquage à un autre. Un marquage initial M0 est utilisé comme point de départ pour construire ce graphe.

L'exemple montré dans la figure suivante présente les marquages possibles (figure I.13.c) défini par le graphe de marquage (figure I.13.b) d'un réseau de Petri (figure I.13.a).

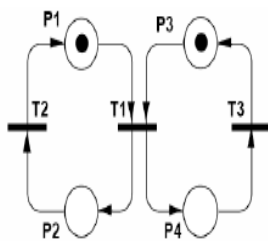


Figure 13. a

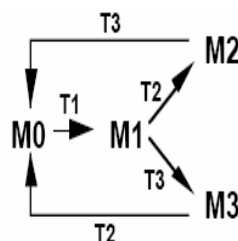


Figure 13. b

avec  $M_0 : (1,0,1,0)$   
 $M_1 : (0,1,0,1)$   
 $M_2 : (1,0,0,1)$   
 $M_3 : (0,1,1,0)$

Figure 13. c

Figure I.13: Graphes de marquage [16]

### I.3.4.3 Démarche de Réseau de Petri

Dans le domaine de la sûreté de fonctionnement, la méthode des réseaux de Petri est couramment utilisée comme outil de modélisation pour représenter les processus de défaillance, les scénarios d'incident et les stratégies de récupération. Elle permet d'analyser les quatre concepts de la Sdf ; la fiabilité, la disponibilité, la sécurité et la maintenabilité des systèmes. Cette analyse s'effectue en identifiant les causes potentielles de défaillance, les faiblesses et les moyens de prévention ou de correction.

Plusieurs types du réseau de Petri ont été développés adoptés pour modéliser le fonctionnement réel des systèmes industriels. Pour la sûreté de fonctionnement le réseau RdP utilisé est le réseau stochastique. Un réseau de Petri stochastique (ou fiabiliste) est un réseau de Petri étendu tel qu'on associe à chaque transition une durée de franchissement aléatoire ou déterministe (nulle ou non).

De ce fait, les transitions représentent généralement le taux de défaillances, le taux de réparation ou les événements déclenchant de chaque état (panne ou bon fonctionnement). L'exemple suivant montre un exemple de RdP d'un système d'un seul composant avec trois états possibles (marche, attente de réparateur, et réparation).

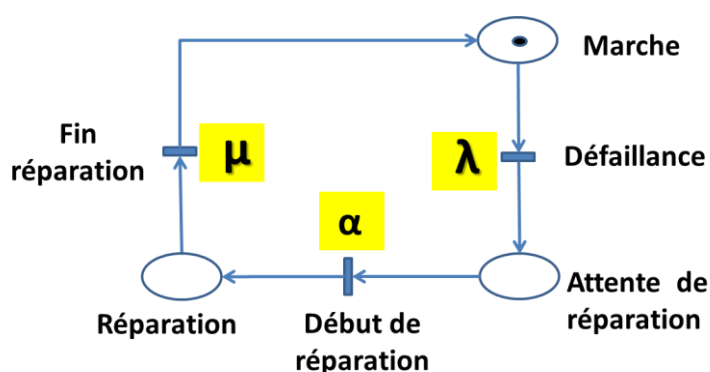


Figure I.14: Réseau de Petri d'un système à un seul composant

L'application de RdP en sûreté de fonctionnement est une démarche qui comprend plusieurs étapes:

1. Définition du système : Il s'agit de définir le système à étudier, ses fonctions, ses composants, ses interfaces, ses contraintes et ses caractéristiques en termes des objectifs,...
2. Identification des événements et des états : Il s'agit d'identifier les événements qui peuvent être apparus dans le système, les états possibles dans lesquels le système peut se trouver et les relations entre les événements et les états.

3. Modélisation du système : En utilisant les informations collectées dans l'étape précédente, on établit le réseau de Petri qui modélise le comportement du système. Afin de prendre en compte toutes les interactions et les dépendances entre les fonctions du système et ses composants, cette modélisation doit être suffisamment détaillée.
4. Simulation du système : Après la création du modèle, ce dernier doit être simulé en faisant varier les paramètres d'entrée et en observant les conséquences sur les états du système. Cette étape permet de détecter les points faibles, les défaillances potentielles et d'optimiser les stratégies de prévention et de récupération.
5. Analyse des résultats : cette étape consiste à analyser les résultats de la simulation afin de déterminer la fiabilité, la disponibilité, la sécurité et la maintenabilité du système. Cette analyse s'effectue à travers l'évaluation des probabilités de défaillance, des temps de réparation, des coûts de maintenance, etc.
6. Amélioration du système : Cette dernière étape consiste à proposer des améliorations au système en utilisant les résultats de l'analyse. Ces propositions concernent la modification des composants, la réduction des dépendances, l'ajout de fonctions de surveillance ou la mise en place de stratégies de redondance.

#### **I.4 Conclusion**

A la fin, nous pouvons dire que les méthodes de la sûreté de fonctionnement sont très importantes pour garantir la fiabilité et la sécurité des systèmes. Elles permettent de déterminer les éventuelles défaillances d'un système, de les évaluer et de mettre en place des mesures pour les prévenir ou les corriger.

## **ChapitreII**

### **Systeme MPS500Présentation et description**

## II.1 Introduction

Pour appliquer n'importe quelle méthode sur un système il faut tout d'abord comprendre le bon fonctionnement de ceci. Cette étape consiste à décortiquer le système en sous-systèmes et en sous-sous-systèmes jusqu'au le niveau plus détaillé.

Ce chapitre est une passerelle entre les aspects théoriques qu'on a vu dans le premier chapitre et les aspects pratiques que nous verrons dans le troisième chapitre .on va donc aborder les systèmes de production de manière générale. Ensuite, on va expliquer le fonctionnement du système MPS 500 du laboratoire MELT (Manufacturing Engineering Laboratory of Tlemcen). Notre attention sera portée sur la description des différentes stations et de leurs composants, tout en détaillant la station de « production and handling ».

## II.2 Système de production

### II.2.1 Définition

Un système de production peut être défini comme un ensemble de ressources qui permettent la conversion des matières premières en produits finis. Ces ressources se divisent principalement en quatre catégories : les équipements (machines, outils, moyens de transport, etc.), les ressources humaines qui assurent le bon déroulement du processus de transformation, les produits à différents stades de fabrication (matières premières, produits semi-finis, produits finis) et les stocks. [17]

Le système de production est un système qui transforme des entrées (inputs) en sorties (outputs) à travers une série d'opérations bien déterminées. Les entrées peuvent être des matières premières, des informations ou de l'énergie, tandis que les sorties peuvent être des produits finis, des services, de l'énergie ou des informations. La figure suivante donne le schéma général du système de production.

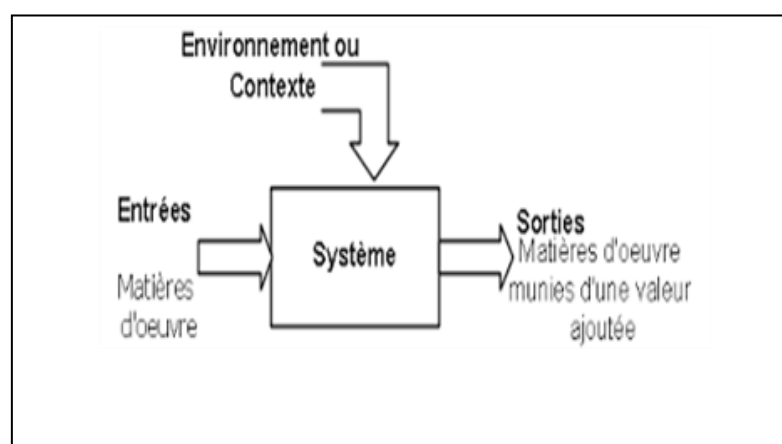


Figure II. 1: Structure d'un système de production [18]

Un système de production automatisé est un système de production qui utilise des technologies de l'automatisation pour exécuter des tâches sans intervention humaine directe. Ces technologies peuvent inclure des capteurs, des actionneurs, des systèmes de contrôle, des machines programmables, des robots et des logiciels.

## II.2.2 Parties principales d'un système de production

Un système automatique de production est composé principalement d'un ensemble des équipements qui sont organisés afin d'accomplir plusieurs missions au sein d'un processus industriel (ou processus physique) conformément à des objectifs économiques et techniques [19]. Ces équipements sont liés les uns aux autres de façon à former une entité cohérente qui peut effectuer des tâches de production spécifiques sans intervention humaine.

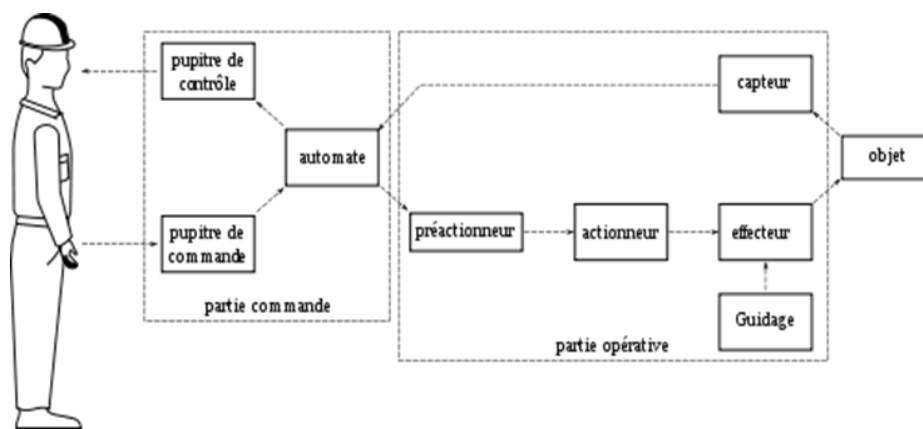


Figure II. 2: Structure d'un système automatisé de production

Dans un système automatisé on distingue deux parties principales ; la partie opérative et la partie commande. [6]

### II.2.2.1 Partie commande

La partie commande est la partie du système qui supervise et contrôle la partie opérative. Son rôle est de prendre des décisions en temps réel, de diriger les processus de production, de coordonner entre les différents éléments et d'assurer la sécurité et l'efficacité du système.

La partie commande assure la liaison entre l'opérateur et la partie opérative. Elle reçoit les instructions de l'opérateur et envoie des commandes à la partie opérative et l'inverse, tout en assurant la réception des rapports de la partie opérative et leur transmission à l'opérateur. Ces échanges d'informations sont gérés par le programme de la partie commande.

Afin d'assurer la supervision et le contrôle des opérations de production, la partie commande d'un système automatisé est composée de différents éléments qui interagissent de façon homogène. Voici les principaux composants de la partie commande :



## A. Pupitre de commande

Le pupitre de commande est une interface de dialogue qui permet à l'opérateur de surveiller la progression des paramètres du système. Ce composant important garantit la communication entre l'utilisateur et le système à travers les différents boutons de commande qui permettent le démarrage, la réinitialisation et l'arrêt du système.

La figure suivante présente un exemple d'un pupitre de commande utilisé dans le système de production MPS500 de l'entreprise FESTO. Le pupitre montré dans la figure contient trois boutons ; Start (en vert), Reset (en gris) et Stop (en rouge) qui permettent respectivement de démarrer, de réinitialiser et d'arrêter la station.

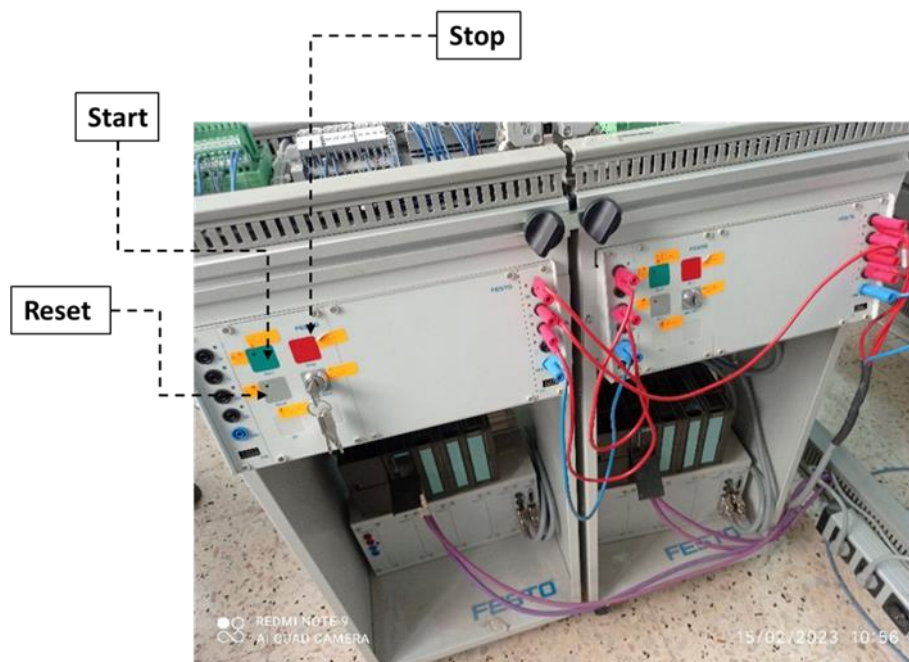


Figure II. 3: Pupitre commande dans un système MPS 500

## B. Logiciel de programmation

Dans la partie commande d'un système automatisé de production, le logiciel de programmation est très important pour le fonctionnement du système. C'est un outil informatique doté des fonctionnalités nécessaires qui sert à piloter la partie opérative. Il permet à l'opérateur de saisir les commandes et les paramètres nécessaires pour contrôler le processus de production. A l'aide de ce programme, ces commandes sont traduites en instructions qui sont envoyées ensuite à la partie opérative du système. [20]

## C. L'Automate Programmable Industriel

L'Automate Programmable Industriel (API) est un dispositif électronique programmable conçu spécifiquement pour les environnements industriels. Son rôle principal est d'automatiser les processus en contrôlant les pré-actionneurs et les actionneurs à l'aide de données logiques, analogiques ou numériques. [21]

Les API sont composés d'un boîtier électronique contenant un processeur, de la mémoire des entrées et des sorties. Ils sont programmables à l'aide de logiciels spécialisés qui permettent aux utilisateurs de créer des programmes personnalisés pour contrôler les processus industriels.

Quatre parties principales caractérisent les API :

**a. Une mémoire**

Les Automates Programmables Industriels (API) utilisent leur mémoire pour stocker le système d'exploitation des programmes (EEPROM) et des données nécessaires à la commande des processus industriels. Les API sont dotées de deux types de mémoire : la mémoire vive (RAM) et la mémoire morte (ROM). [21]

**b. Un processeur**

Le processeur des Automates Programmables Industriels (API) est l'unité centrale de traitement qui permet d'exécuter les programmes qui contrôlent les processus industriels. Cette partie assume plusieurs responsabilités, notamment la gestion des entrées et des sorties, l'exécution des instructions et la coordination des différents éléments de l'API. Elle est chargée de structurer les relations entre la zone mémoire et les interfaces d'E/S, ainsi que de gérer les instructions du programme.

**c. Des interfaces d'Entrées/Sorties**

Les interfaces d'Entrées/Sorties (E/S) des Automates Programmables Industriels (API) sont des modules qui permettent à l'API de communiquer avec le monde extérieur. Elles permettent au système de communiquer avec le monde extérieur, de recevoir des signaux de capteurs et de contrôler des actionneurs pour automatiser les processus industriels.

- Interface d'entrée : elle assure la réception des informations provenant du S.A.P ou du pupitre, ce qui peut inclure des opérations de filtrage pour éliminer le bruit tout en effectuant des opérations de mise en forme et d'isolation électrique.
- Interface de sortie : elle est responsable sur la conversion des signaux adaptés aux prés actionnaires tout en garantissant un isolement électrique entre les différentes parties du système automatisé. [21]

**d. Une alimentation**

L'alimentation des Automates Programmables Industriels (API) est un élément crucial du système, car elle fournit l'énergie nécessaire pour faire fonctionner l'ensemble de l'API et des modules d'E/S.

Les API nécessitent généralement une alimentation électrique continue et stable pour fonctionner correctement. L'alimentation électrique est souvent fournie par un bloc d'alimentation intégré à l'API, qui peut être connecté à une source d'alimentation externe telle qu'une prise électrique ou une batterie.

### **II.2.2.2 Partie opérative**

La partie opérative est une composante d'un système automatisé qui comprend les éléments physiques tels que les capteurs, les actionneurs, les moteurs et les machines. Elle représente la partie visible et concrète du système, qui interagit avec l'environnement pour effectuer les tâches souhaitées.

Cette partie est composée des éléments suivants :

#### **A. Pré-actionneurs [22]**

Les pré-actionneurs jouent un rôle crucial dans la chaîne d'action d'un système automatisé. Ils agissent en tant qu'interfaces entre la partie commande et la partie opérative. Leur fonction principale est de distribuer l'énergie de puissance aux actionneurs conformément aux instructions émises par la partie commande

Il existe différents types de pré-actionneurs en fonction de l'énergie utilisés :

- a- Pré actionneurs Electrique :** sont généralement soit un relais soit un contacteur, ils permettent de distribuer l'énergie électrique de puissance à l'actionnaire électrique
- b- Pré actionneurs Pneumatique :** la fonction principale d'un distributeur pneumatique est la distribution de l'air sous pression aux orifices des actionneurs pneumatique. le pré actionneur pneumatique est un distributeur associé à un vérin pneumatique
- c- Pré actionneurs hydraulique :** il permet d'orienter le fluide hydraulique vers l'actionneur et de permettre son retour vers le réservoir.

Dans le système MPS500 il existe que des pré actionneurs électriques et des pré actionneurs pneumatique.

#### **B. Actionneurs**

Un actionneur est en effet un dispositif ou un objet qui convertit l'énergie qu'il reçoit en une action spécifique. Il est utilisé dans de nombreux systèmes pour produire un mouvement, un changement physique ou une réponse désirée. Dans la définition de l'automatisme, Effectivement, l'actionneur fait partie de la partie opérative d'un système automatisé. [23]

Types d'actionneurs :

- a- les moteurs : asynchrones, pas à pas, courant continue
- b- les moteurs linéaires
- c- les vérins pneumatiques
- d- les pompes
- e- les vannes

### C. Capteurs

Un capteur, appartenant à la partie opérative d'un système, a la capacité de détecter un phénomène physique dans son environnement, que ce soit de manière contact ou sans contact. Il a pour fonction de détecter des informations provenant de diverses sources et de les convertir en une autre forme, généralement une tension électrique. Cette tension électrique peut ensuite être interprétée par la partie commande du système automatisé.

La figure suivante présente un capteur électromagnétique destiné à la détection de position d'un vérin.

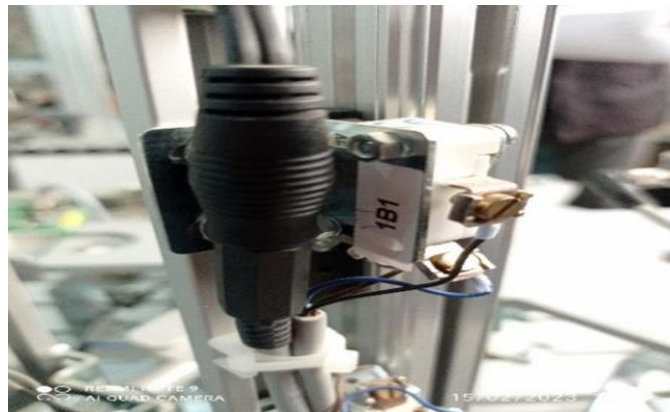


Figure II. 4: Capteur électromagnétique

Il existe plusieurs types des capteurs :

- a- **Capteurs mécaniques** : Ils mesurent des grandeurs physiques telles que la pression, la force, le déplacement, la vitesse, etc. Les exemples incluent les capteurs de pression, les capteurs de force, les capteurs de déplacement linéaire, les capteurs de vitesse angulaire, etc.
- b- **Capteurs optiques** : Ils utilisent des propriétés optiques pour détecter des grandeurs physiques. Les exemples incluent les capteurs de lumière, les capteurs de couleur, les capteurs de proximité à infrarouge, les capteurs de détection de mouvement, etc.

- c- Capteurs électromagnétiques** : Ils exploitent les principes de l'électromagnétisme pour mesurer des grandeurs physiques. Les exemples incluent les capteurs de champ magnétique, les capteurs de courant, les capteurs de tension, les capteurs de débit électromagnétique, etc.
- d- Capteurs de température** : Ils mesurent la température ambiante ou d'un objet. Les exemples incluent les thermocouples, les sondes à résistance de platine (RTD), les thermistances, etc.
- e- Capteurs de gaz** : Ils détectent la présence et la concentration de gaz spécifiques dans l'air ou dans un environnement donné. Les exemples incluent les capteurs de monoxyde de carbone, les capteurs de dioxyde de carbone, les capteurs de gaz combustibles, etc.
- f- Capteurs de pression** : Ils mesurent la pression d'un fluide ou d'un gaz. Les exemples incluent les capteurs de pression absolue, les capteurs de pression différentielle, les capteurs de pression atmosphérique, etc.
- g- Capteurs de débit** : Ils mesurent le débit d'un liquide ou d'un gaz. Les exemples incluent les débitmètres à turbine, les débitmètres à ultrasons, les débitmètres à effet vortex, etc.

## II.3 Système de production MPS500

### II.3.1 Description du système MPS\_FMS 500

Le système MPS 500 (Modular Production system) est un système automatisé de production développé par FESTO installé au niveau de laboratoire de recherche MELT de l'université Abou Baker Belkaid Tlemcen.

Ce système représente une chaîne de production flexible, où le chiffre 500 indique la configuration actuelle du Convoyeur dans son environnement. Cette plateforme offre la possibilité d'analyser, de comprendre et de maîtriser l'intersection des domaines mécanique, pneumatique, ingénierie électrique et technologie de communication. Ces aspects sont d'une grande importance pour assurer une gestion efficace des systèmes industriels.

Le système FESTO MPS 500 est un système multi-configuration extensible composé de six stations individuelles, la première station c'est la station de distribution qui représente comme un dispositif d'alimentation, Le corps du vérin est amené à la station de la distribution transmet les pièces à la station de contrôle, Après contrôle, la station d'usinage réalise un usinage symbolique en simulant une opération de perçage. La station de manipulation se charge alors du transport au poste suivant, Le système vidéo vérifie la qualité de la pièce qui sera destiné la station d'assemblage robotisé à l'aide d'un robot industriel automatisé. Les pièces sont entreposées dans la station magasin de grande hauteur, avant de passer à l'expédition. La station de manipulation transfère les produits du convoyeur à la station de tri, où ils sont triés et mis à disposition pour expédition.[24]



**Figure II. 5: Système MPS500**

### **II.3.2 Composants du système MPS500**

Le système MPS 500 se compose de plusieurs stations individuelles qui peuvent être interconnectées pour former un réseau de production. Chaque station exerce une fonction distincte et déterminée au sein du processus de production, par exemple, une station de tri, une station de montage, une station de contrôle de qualité, etc.

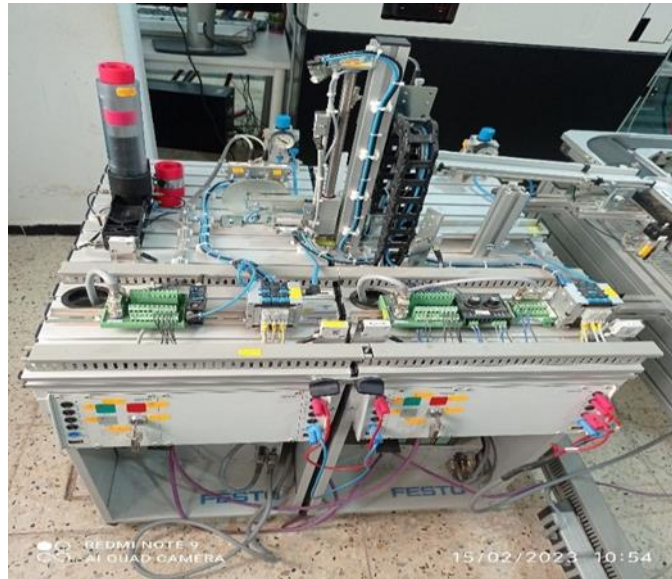
Chaque station est équipée de composants pneumatiques et électriques, tels que des actionneurs, des capteurs, des valves, des contrôleurs et des interfaces de communication. Ces composants sont utilisés pour créer des systèmes automatisés où les matières premières sont transformées en produits finis à travers un flux de production. [25]

#### **II.3.2.1 Station distribution et contrôle**

C'est la première station du système MPS 500 son rôle est de vérifier et de distribuer les pièces vers la station d'usinage. Cette station est divisée en deux sous stations station de contrôle et station de distribution.

##### **a- Sous station de distribution**

Le flux de travail commence à partir de cette étape, le magasin d'outils éjecte les pièces une par une vers un magasin. Jusqu'à 8 pièces peuvent être stockées dans n'importe quel ordre dans le Tubes du magasin. Le vérin à double effet éjecte la pièce du bas du changeur d'outils jusqu'à la butée Mécanique. Détecter la présence d'une pièce dans le tube du magasin d'outils en raster. Le vérin oscillant est chargé de contrôler le déplacement du bras pivotant du module de transport, permettant ainsi le transfert de la pièce vers la station suivante.



**Figure II. 6: Station de distribution et contrôle**

#### **b- Sous station de contrôle**

La station de contrôle joue un rôle essentiel dans le processus de production. Elle est responsable de l'inspection des caractéristiques des pièces destinées à être usinées, de l'élimination des pièces défectueuses si nécessaire, et de l'acheminement des pièces conformes vers la station du système de transport. Les pièces sont approvisionnées à partir de la station de distribution vers le système. Si aucune station de distribution n'est présente, les pièces à usiner peuvent être déposées sur des porte-pièces. Il est impératif de veiller à ce qu'aucun porte-pièces ne soit retiré du système pour assurer son bon fonctionnement. [26]

### **II.3.2.2 Station de production et handling [27]**

#### **a. Sous station production**

Dans la station de production, les pièces sont contrôlées et usinées sur un plateau à indexation utilisant exclusivement des actionneurs électriques. Le mouvement du plateau à indexation est assuré par un moteur à courant continu, tandis que le positionnement précis est réalisé grâce à un circuit à relais et détecté par un capteur inductif. Un électro-aimant de levage, équipé d'un détecteur inductif, vérifie l'insertion correcte des pièces. Pendant le processus de perçage, la pièce est maintenue en place par un autre électro-aimant de levage.

## b. Sous station Handling

Cette sous-station est équipée d'un système de manipulation flexible à deux axes. Les pièces insérées dans le réceptacle sont détectées à l'aide d'une barrière photoélectrique. La manipulation des pièces est effectuée par un manipulateur équipé d'une pince pneumatique. Cette pince est munie d'un capteur optique permettant de distinguer les pièces "noires" des pièces "non noires". Selon cette distinction, les pièces sont dirigées vers des glissières spécifiques. Si la station est combinée avec d'autres stations, il est également possible de définir d'autres critères de tri pour le processus de manipulations des pièces.

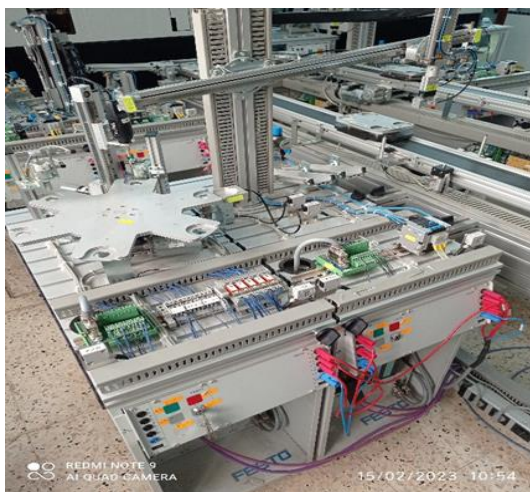


Figure II. 7: Station de production et manutention

### II.3.2.3 Station caméra

Avant l'assemblage des pièces usinées avec les autres composants du produit final, une caméra est utilisée pour vérifier la qualité de ces pièces. Cette étape, connue sous le nom de poste d'assurance qualité ou point de contrôle de la conformité, est essentielle pour garantir la conformité du produit final. Elle permet d'obtenir des informations et des données clés qui assurent l'alignement du produit final et sa conformité aux normes de qualité requises.



Figure II. 8: Station caméra



### II.3.2.4 Station reboot et assemblage

#### a- Station robot :

La station robotisée est capable de différencier les pièces qui sont introduites sur sa rampe (noir, non noir) et les transportant avec précision vers la retenue de montage. Le dispositif de retenue de montage comporte également un capteur, suivant l'orientation de la pièce. Les pièces sont classées par le robot depuis la prise d'assemblage et envoyées vers différents entrepôts ou vers le poste suivant, permettant l'assemblage des pièces. La station d'assemblage travaille avec ce processus pour mener à bien l'assemblage.

#### b- Station d'assemblage :

Grâce à un robot manipulateur complexe aux mouvements de translation et de rotation, le poste d'assemblage assemble les différents composants qui forment le produit final. Son nom donne déjà un indice sur son utilisation principale.



Figure II. 9: Station robot et assemblage

### II.3.2.5 Station stockage

La station de stockage a pour fonction de distinguer la couleur des pièces et de les placer à six niveaux sur deux profondeurs, permettant un stockage maximal de 48 pièces. Pour ce faire, une combinaison de détecteurs identifie la couleur du produit sur la glissière de réception des pièces, puis le dépose à l'un des six niveaux de stockage. Un manipulateur cartésien, positionné à l'aide de moteurs pas à pas et de fonctions robotiques, est utilisé à cet effet.

La pièce est prélevée de son support initial par une pince pneumatique actionnée par un moteur pas à pas, qui la dépose ensuite au niveau de stockage souhaité en utilisant un axe à vis. Une programmation appropriée permet de positionner le dispositif de stockage au début

(déstockage), à la fin (stockage) ou sur la ligne de production (stockage temporaire). De plus, le côté des produits sortants est également équipé d'une glissière. [26]



Figure II. 10: Station de stockage

### II.3.2.6 Station livraison

Dans cette station, le tri des pièces s'effectue à l'aide de trois glissières qui sont positionnées au début de la bande et détectées par un capteur à réflexion. Des capteurs situés en aval des barrages détectent les propriétés des pièces telles que leur couleur (noire, rouge, métallique). Le tri des pièces et leur acheminement vers les glissières correspondantes sont réalisés grâce à des séparateurs actionnés par des vérins à faible course, utilisant un mécanisme d'inversion. Pour contrôler le niveau de remplissage des glissières, une barrière photoélectrique est mise en place. [28]

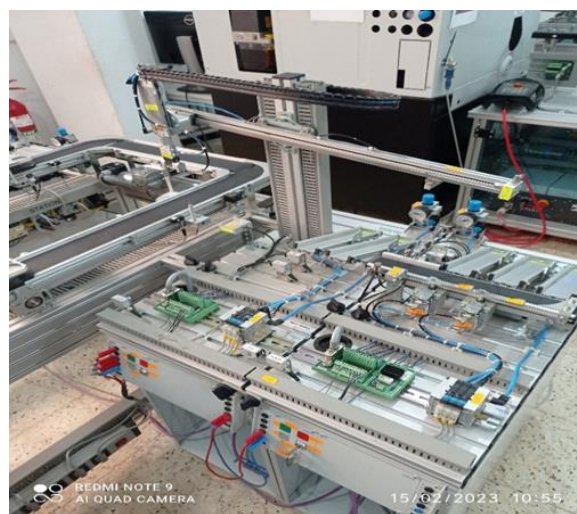


Figure II. 11: Station de livraison

## II.4 Station de production et manutention

La sous-station de production est équipée d'un dispositif de manutention à deux axes flexibles. Lorsqu'une pièce est insérée dans la pince, sa présence est détectée par un capteur optique de proximité (3B1). Un vérin pneumatique (3M1) maintient les pinces ouvertes.

Ce poste de travail peut être considéré comme un robot cartésien, se déplaçant selon les axes YY' (vertical) et XX' (horizontal). Le déplacement dans l'axe YY' est limité par deux capteurs électromagnétiques qui agissent comme des fins de course (2B1) et (2B2). Un vérin pneumatique (2M1) est utilisé pour effectuer le mouvement vertical, permettant à la pince de sortir et se déplacer le long de l'axe XX' pour atteindre les stations amont et aval respectivement, grâce à deux moteurs (1M1) et (1M2).

Ce fonctionnement est rendu possible grâce à trois capteurs électromagnétiques de fin de course (1B1), (1B2), et (1B3). Ils jouent un rôle crucial dans la limitation des déplacements du dispositif de manutention et dans le contrôle de sa position.

La sous-station de manutention est représentée par un plateau d'indexation qui transfère les pièces pour deux tâches : le contrôle et le perçage. Ce plateau dispose de six emplacements pour empiler les pièces et est contrôlé par un moteur M2 qui assure la rotation du plateau.

Une table rotative est équipée de trois capteurs capacitifs de position : Part-Av, B1 et B2. Ces capteurs indiquent respectivement la présence de la pièce à la position de départ, à la position M5 (électro-aimant) et à la position M3 (perceuse).

Dans cette station, il y a un actionneur M4 qui représente un électro-aimant. Il travaille simultanément avec la perceuse et son rôle est de fixer la pièce en dessous de la perceuse pour assurer son bon fonctionnement.

Il y a également une machine M1 qui effectue le mouvement vertical de la perceuse, limitée par des capteurs de fin de course en haut et en bas de type électromécanique, identifiés respectivement comme 1B1 et 1B2. Ces capteurs permettent de limiter la course de la perceuse dans les directions verticales.

## II.4.1 Composants principaux

### a- Table d'indexation

La table d'indexation, illustrée dans la figure II.12, joue un rôle crucial dans la préparation des pièces pour le contrôle et le traitement au sein des stations de production. Elle a une capacité d'accueil pouvant aller jusqu'à 6 pièces simultanément, mais dans cette configuration spécifique, seules 2 pièces peuvent être présentes consécutivement. Le mouvement de rotation de la table est assuré par un moteur qui s'active dès que la pièce est reçue du robot cartésien.

Lorsqu'une pièce est positionnée sur la table, elle est transférée au poste de contrôle situé à l'emplacement 5 (ce qui nécessite une rotation de 240°). À cet endroit, un contrôle qualité du perçage de la pièce est effectué. Ensuite, le moteur tourne à nouveau (rotation de 60°) et la pièce est acheminée vers le 6ème emplacement de la table d'indexation, où elle est soumise à un processus d'usinage (perçage).

Grâce au robot cartésien, la pièce usinée est ramenée dans le premier emplacement de la table, puis sur la palette pour la suite du processus.



Figure II. 12: Table d'indexation

### b- Perceuse

Le perçage, montré dans la figure II.13, débute dès qu'une pièce a été contrôlée et se trouve dans le 6ème emplacement de la table d'indexation. La perceuse descend et se prépare à effectuer le perçage en positionnant l'outil adéquat. Ensuite, le moteur est activé pour réaliser le perçage. Une fois l'opération d'usinage terminée, la perceuse retourne à sa position initiale.



**Figure II. 13: Perceuse**

### **c- Dispositif de contrôle**

Avant de procéder à l'opération de perçage, la pièce est soumise à un contrôle de vérification par le dispositif dédié. Lorsqu'une pièce est détectée dans le 5ème emplacement de la table d'indexation, le dispositif se déplace vers le bas pour commencer le contrôle. Une fois que la partie chargée du contrôle atteint la perforation, le dispositif effectue une vérification rapide de celle-ci. Une fois cette étape achevée, le dispositif retourne à sa position initiale.

Lorsque le contrôle est réussi (ce qui est détecté par le capteur codé B4), la pièce est déplacée vers la prochaine position sur la table. Cependant, si le contrôle n'est pas satisfaisant, la pièce est déplacée vers la prochaine position sur la table, cependant, si le contrôle n'est pas satisfaisant, la pièce est dirigé vers un tampon de rebus.



**Figure II. 14: Dispositif de contrôle**

## II.4.2 Les différents capteurs :

Dans ce tableau on va présenter les différents capteurs existents dans la sous station d'usinage avec leurs codes et leurs utilités

**Tableau II. 1: Les capteurs de sous station d'usinage**

Codes	Types	Utilités
<b>Part_AV</b>	Optique	Détecte la présence de la pièce dans c 3
<b>B2</b>	Capacitif	Détecte la présence de la pièce au niveau du point d'usinage
<b>B1</b>	Capacitif	Détecte la présence de la pièce dans la partie test
<b>1B1</b>	Electromagnétique	Détecte la position de la pièce dans la partie gauche (sous station production)
<b>1B2</b>	Electromagnétique	Détecte la position de la pièce (partie droite)
<b>B3</b>	Inductif	Détecte la position de la table
<b>B4</b>	Inductif	Contrôle des orifices de perçage en ordre
<b>IP_FI</b>	Electromagnétique	contact entre les deux sous station
<b>S1</b>	Electromagnétique	Bouton pour le démarrage la station (touche START)
<b>S2</b>	Electromagnétique	Bouton pour l'arrêt la station (touche STOP)
<b>S3</b>	Electromagnétique	Clé automatique/manuel
<b>S4</b>	Electromagnétique	Bouton mise en référence/RESET

Ce tableau indique les différents capteurs existant dans la sous station Handling et leurs utilités :

**Tableau II. 2: Les capteurs de sous station Handling**

Codes	Types	Utilités
<b>Part_AV</b>	Optique	Détecte la présence de la pièce dans c 3
<b>1B1</b>	Electromagnétique	Manipulation à la station en amont
<b>1B2</b>	Electromagnétique	Manipulation à la station aval
<b>1B3</b>	Electromagnétique	Détecte la position pièce au niveau de stock
<b>2B1</b>	Fin d course	Détecte la position basse de la pince
<b>2B2</b>	Fin de course	Détecte la position haute de la pince
<b>3B1</b>	Electrique	Détecte la pièce au niveau de la pince
<b>IP_FI</b>	Optique à proximité	Liaison entre les deux sous stations
<b>S1</b>	Electromagnétique	Bouton START
<b>S2</b>	Electromagnétique	Bouton stop (contact à ouverture)
<b>S3</b>	Electromagnétique	Sélecteur automatique manuel
<b>S4</b>	Electromagnétique	Bouton mise en référence reset
<b>FRH</b>	Capteur/ actionnaire	Filtre régulateur réglé la pression Bouton mise en référence reset
<b>_20B3</b>	Optique	Détecte la présence de la palette

### **II.4.3 Les actionneurs et le pré actionnaires :**

Ce tableau indique l'ensemble des actionneurs et les prés actionnaires existant dans la sous station production avec leurs codes ainsi que leurs utilités :

**Tableau II. 3: Actionneurs et les prés actionnaires de sous station Handling**

Codes	Types	Utilités
<b>M3</b>	Electrique	Perceuse, moteur activé
<b>M2</b>	Electrique	Plateau à indexation, moteur activé
<b>M1</b>	Electrique	Montée/descente de la perceuse
<b>M4</b>	Electrique	Serrer la pièce à usiner
<b>M5</b>	Electrique	Contrôler la pièce à usiner
<b>IP_N_FO</b>	Electrique	Station occupée
<b>P3</b>	Electromagnétique	Voyant pièce défectueuse
<b>P1</b>	Electromagnétique	Voyant START allumé
<b>P2</b>	Electromagnétique	Voyant position de repos (Reset)
<b>PA1</b>	Pneumatique	Distribuer l'énergie
<b>PA2</b>	Électrique	Distribuer l'énergie
<b>PA3</b>	Électrique	Distribuer l'énergie
<b>PA4</b>	Électrique	Distribuer l'énergie
<b>C1&amp;C2</b>	Effecteur	Stock
<b>K1.....K2</b>	Contacteur	Distribuer l'énergie vers l'actionnaire

Ce tableau indique les différents actionnaires et prés actionnaires existents dans la sous station Handling ainsi que leurs utilités :

**Tableau II. 4: Actionneurs et les prés actionnaires de sous station handling**

Codes	Types	Utilités
<b>P1</b>	Electrique	voyant START allumé
<b>P2</b>	Electrique	voyant position de repos (Reset)
<b>1M1</b>	Pneumatique	Manipulation vers la station en amont
<b>1M2</b>	Pneumatique	manipulation vers la station en aval



<b>2M1</b>	Pneumatique	Sortir la pince
<b>3M1</b>	Pneumatique	ouvrir pince
<b>PA4</b>	Électrique	Distribuer l'énergie

## **II.5 Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons commencé par une description générale d'un système automatisé de production. Ensuite, nous avons présenté en détail le système MPS 500 et ses différentes stations dans la première partie. La deuxième partie est consacrée à une description détaillée de la station sur laquelle nous allons travailler, à savoir la station de production et de manutention. Nous avons décrit en détail les composants principaux de cette station, ainsi que les capteurs et actionneurs de chaque sous-station, en fournissant leur désignation et leur utilité.

**ChapitreIII:**  
**Application des méthodes de la sûreté de fonctionnements**  
**sur la station « production and handling » du système**  
**MPS500**

### **III.1 Introduction**

Dans ce chapitre, on va concentrer sur l'application des méthodes de la sûreté de fonctionnement sur le système MPS 500 du laboratoire MELT (Tlemcen). Le MPS 500 est un système critique utilisé pour effectuer des expériences de pointe dans le domaine de la recherche en sciences des matériaux. Sa fiabilité et sa disponibilité sont des aspects cruciaux pour garantir la précision et la validité des résultats obtenus.

En effet, nous avons appliqué deux méthodes de la sûreté de fonctionnement sur le système MPS 500, la méthode AMDEC et Arbre de défaillance, afin d'identifier les défaillances potentielles et d'évaluer l'impact de ces défaillances sur les performances du système.

### **III.2 Application de la méthode AMDEC**

Dans le cadre de ce chapitre, nous appliquons la méthode AMDEC sur la station de production and handling du système MPS 500. En réalisant une analyse détaillée des modes de défaillance potentiels, de leurs effets sur la production et de leur criticité, nous cherchons à identifier les points faibles de la station de production et à proposer des actions correctives pour améliorer sa sûreté de fonctionnement. L'application de la méthode AMDEC nous permettra de mettre en évidence les risques associés aux défaillances, de prioriser les actions à entreprendre et de renforcer la fiabilité de la station de production du système MPS 500.

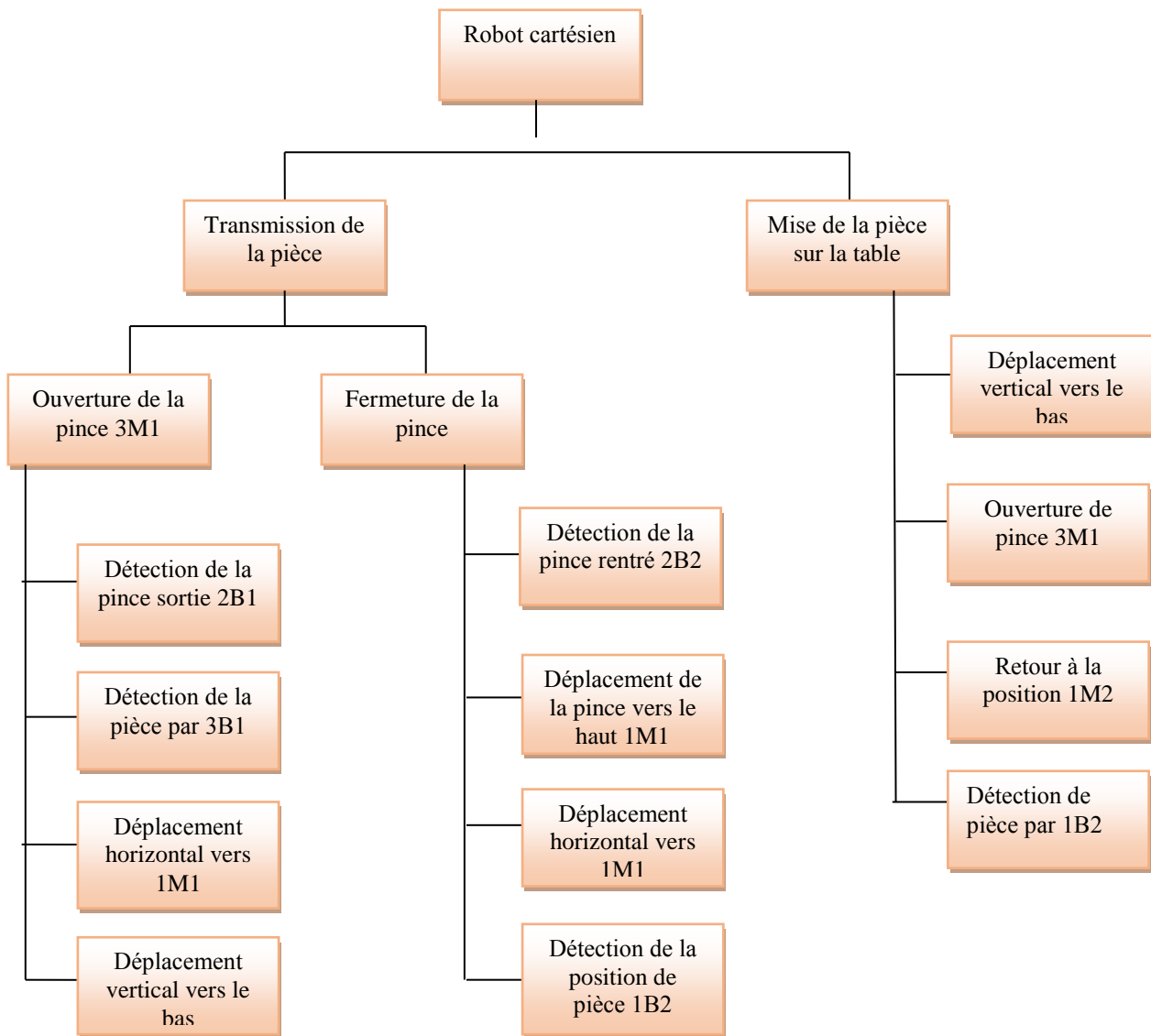
#### **III.2.1 Analyse fonctionnelle de la station production and handling**

L'analyse fonctionnelle de la station production and handling est une étape importante dans l'évaluation de la sûreté de fonctionnement du système MPS 500. Elle permet de comprendre en détail les différentes fonctions de cette station et d'identifier les interactions entre ses composants. Cette analyse nous aide à établir une base solide pour l'application de la méthode AMDEC.

En identifiant les fonctions principales de chaque composant et en décrivant les interactions entre eux, nous pouvons avoir une vision globale du fonctionnement de la station production and handling. Cette analyse nous permettra également d'anticiper les modes de défaillance potentiels associés à chaque fonction.

##### **III.2.1.1 Décomposition fonctionnelle du robot cartésien**

La décomposition fonctionnelle du robot cartésien nous permet de mieux comprendre les différentes tâches qu'il accomplit dans la station de production and handling. Chacune de ces fonctions peut ensuite être analysée en termes de modes de défaillance potentiels, d'effets et de criticité.



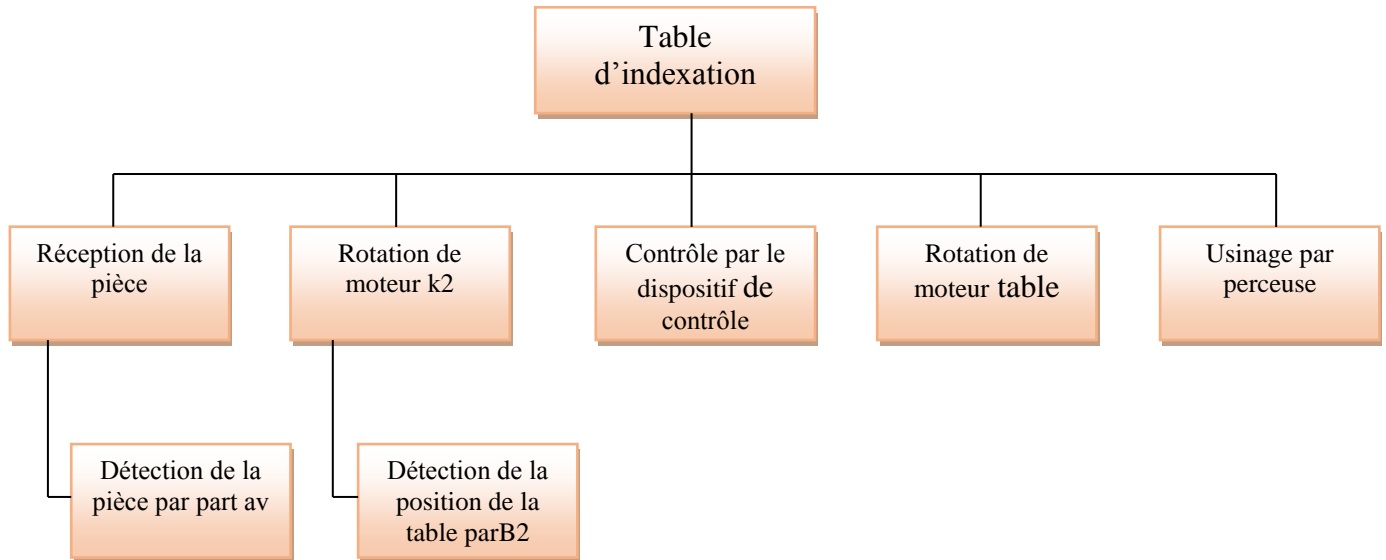
**Figure III. 1: Décomposition fonctionnelle du robot cartésien**

D'après la décomposition montrée par la figure III.1 démontre que le robot à deux fonctions principales ; transport et transfert des pièces et le positionnement des pièces sur la table d'indexation.

Quant à la fonction de transport et de transfert du robot cartésien est nécessaire pour déplacer les objets du convoyeur à la station de production. La précision et la vitesse du déplacement sont des aspects importants à considérer pour optimiser l'efficacité globale du processus.

Quant à la fonction de positionnement précis est essentielle pour garantir que le robot cartésien puisse atteindre avec précision les coordonnées cibles requises. Cela permet d'assurer l'exactitude et la fiabilité des opérations effectuées par le robot.

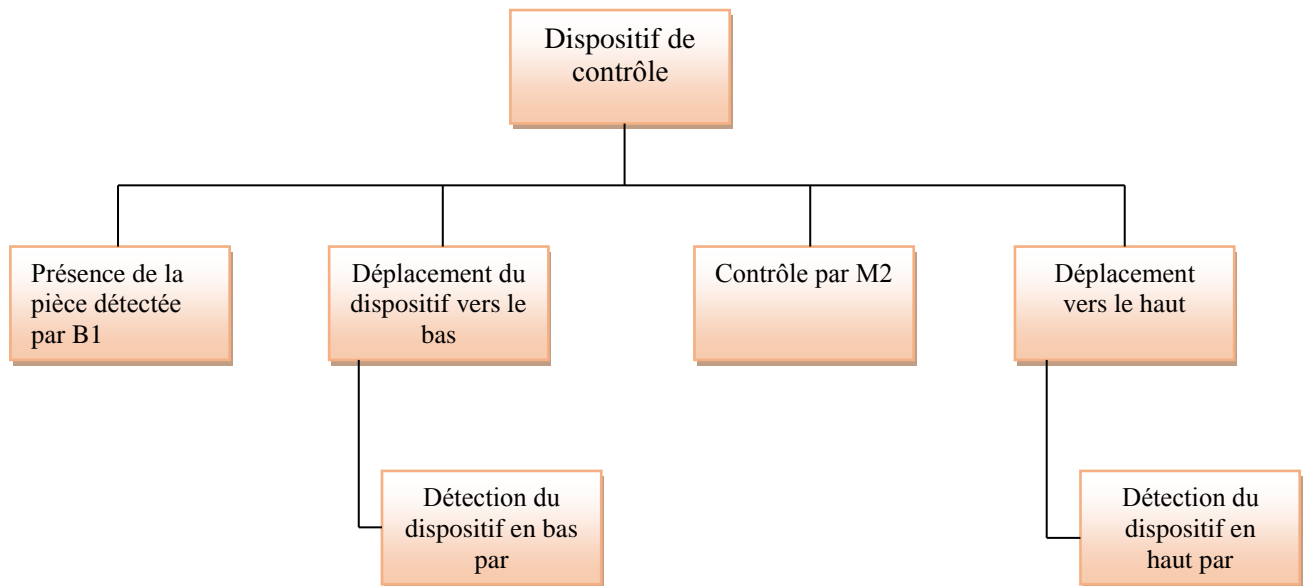
### III.2.1.2 Décomposition fonctionnelle de la table d'indexation



**Figure III. 2: Décomposition fonctionnelle de la table d'indexation**

D'après la décomposition fonctionnelle montrée dans la figure III. 3 le rôle de la table d'indexation commence juste après la réception d'une pièce par le robot cartésien. Cette table tourne grâce à un moteur qui assure le mouvement de rotation une fois une pièce réservée un slot dans la table, elle est transmise vers la sous station de production pour faire le contrôle puis le moteur tourne une autre fois pour faire l'usinage de la pièce.

### III.2.1.3 Décomposition fonctionnelle du dispositif de contrôle



**Figure III. 4:**Décomposition fonctionnelle du dispositif de contrôle

Le dispositif de contrôle fait le contrôle de la perforation de la pièce avant l'opération perçage. Une fois une pièce est détectée dans la table d'indexation, le dispositif se dirige vers le bas pour commencer le contrôle. Quand la partie faisant le contrôle arrive au sein de la perforation, le dispositif fait un contrôle rapide de la perforation. Une fois cette opération est terminée, le dispositif retourne vers sa position initiale. La pièce passe vers le slot suivante.

### III.2.1.4 Décomposition fonctionnelle de perceuse

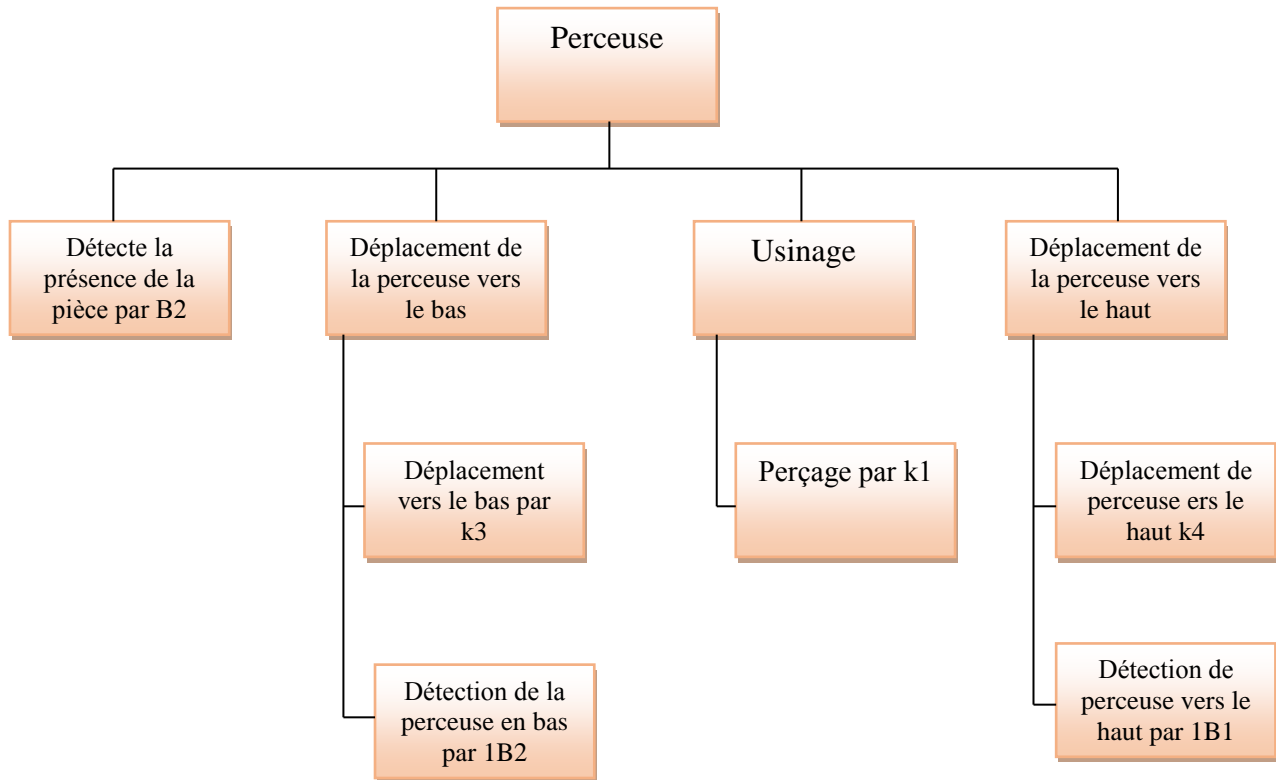


Figure III. 5: Décomposition fonctionnelle de perceuse

La perceuse ne peut pas commencer son travail de perçage jusqu'à ce qu'une pièce est contrôlé. La perceuse se dirige vers le bas et prépare l'outil. Le moteur est actionné afin de faire le perçage, une fois l'usinage est terminée, la perceuse retourne vers son état initiale.

### III.2.2 Etablissement des tableaux AMDEC

La mise en place des tableaux AMDEC est une étape importante dans l'application de la méthode AMDEC à la station de production du système MPS 500. Ces tableaux permettent de recueillir, d'évaluer et de classer les modes de défaillance potentiels, leurs effets et leur criticité afin de déterminer les actions préventives et correctives appropriées.

Dans ces tableaux on identifie les points suivants :

- **Mode de défaillance** (ou événement) : on répertorie les modes de défaillance potentiels qui peuvent se produire dans la station de production and Hundling.

- Cause(s) de défaillance : on identifie les causes possibles du mode de défaillance. Il peut s'agir de défaillances matérielles, de dérèglements, d'erreurs humaines, de défauts de conception, etc.
- Effet(s) de défaillance : Ici, on analyse les effets ou les conséquences de chaque mode de défaillance sur la station de production. Il peut s'agir d'une interruption de la production, de la détérioration des composants, de la dégradation de la qualité des produits, etc.
- Gravité (G), Fréquence d'occurrence (F) et Détection (D) : Pour ces trois critères, on attribue une cote de gravité pour évaluer l'impact potentiel de chaque mode de défaillance. On estime la fréquence à laquelle chaque mode de défaillance peut se produire. On évalue la capacité de détection précoce de chaque mode de défaillance.
- Cote de criticité (C) : Cette colonne est calculée en multipliant les cotes de gravité (G), de fréquence d'occurrence (F) et de détection (D). Cela permet d'obtenir une cote de criticité globale pour chaque mode de défaillance, ce qui permet de prioriser les actions préventives et correctives. Afin de classer les risques les uns par rapport aux autres selon une échelle commune, la notion de criticité a été inventée.

Une fois que les tableaux AMDEC sont remplis, l'étude est concentrée sur les modes de défaillance ayant les cotes de criticité les plus élevées et la définition des mesures préventives et correctives appropriées pour les atténuer. L'AMDEC permet de se poser les bonnes questions très en amont et donc de prendre dès le début les bonnes décisions de conception.

Le choix des critères de cotation dans l'application de la méthode AMDEC est essentiel pour évaluer de manière précise les modes de défaillance d'un système. Ce choix est basé sur l'utilisation d'une échelle de cotation qui consiste à attribuer une valeur numérique à chaque critère. Chaque indice est souvent noté de 1 à 4.

Dans notre étude, nous avons choisi 4 niveaux de cotation pour chaque critère, comme illustré dans la figure suivante. Ce choix est basé sur des études déjà établies et la consultation d'un expert.

**Tableau III. 1: Niveaux de critère de cotation**

<b>Note F</b>	<b>Fréquence</b>	<b>Note G</b>	<b>Gravité</b>	<b>Note D</b>	<b>Possibilité de détection</b>
1	Presque jamais	1	Mineure	1	facile à détecter
2	Quelque fois après une production continue	2	Moyenne	2	Relativement facile à détecter, mais requiert la présence d'un opérateur
3	Fréquente	3	Majeur	3	difficile à détecter même avec la présence humaine
4	Très fréquente	4	Catastrophique	4	Indétectable



La fréquence est un critère qu'on a trouvé un peu difficile à valoriser puisqu'il a une relation directe avec le nombre d'occurrences de pannes, et ceci demande une expertise élevée et une très haute connaissance sur le système étudié. C'est pour ça que les valeurs utilisées dans cette analyse sont en fait des probabilités. Le choix d'une valeur est expliqué dans le tableau précédent.

Les pannes et défaillances qui sont très faciles à détecter ont reçu une valeur minimale de 1 sur 4 en termes de détectabilité. Ces problèmes peuvent être identifiés facilement grâce à des indicateurs installés dans le système (comme des voyants) ou par des moyens manuels (par exemple, l'opérateur peut entendre un son ou remarquer le problème sans difficulté). Les valeurs 2 et 3 sont généralement attribuées aux problèmes qui sont relativement difficiles à détecter, nécessitant éventuellement un système de contre-mesure ou étant difficiles à repérer même en présence d'opérateurs humains. La valeur maximale de 4 est utilisée lorsque le problème est considéré comme difficile à détecter.

La gravité a été évaluée sur une échelle de 1 à 4, la valeur minimale de 1 est assignée aux problèmes qui ont un impact négligeable sur la productivité, la qualité, la santé des opérateurs ou leur bien-être. Pour les problèmes de valeur 2, ils ont un impact mesurable sur la productivité ou la qualité, mais ne sont pas considérés comme des défauts majeurs. Les problèmes de valeur 3 sont associés à des non-conformités des pièces produites, entraînant des arrêts de production ou une baisse significative de productivité. Enfin, la valeur maximale de 4 est réservée aux situations où des effets catastrophiques sont observés, impactant les pièces, les équipements, les opérateurs et les ressources financières.

En utilisant cette grille d'évaluation, on a pu créer les tableaux **AMDEC** de l'ensemble des composants du système. Il est noté que les informations étalées dans les tableaux sont obtenues par des observations en temps réel sur la station production et manutention. Cette étude de fonctionnement a été réalisée en plusieurs séances.

Le tableau AMDEC suivant concerne le premier composant de la station production et manutention qui est le robot cartésien :

Tableau III. 2: Tableau AMDEC du composant «Robot Cartésien »

Composants	Fonctions	Modes de défaillance	Causes de défaillance	Effet de défaillance	Criticité				Code	Actions Correctives
					F	G	D	C		
Robot cartésien	Déplacements des pièces	Déplacement avec vitesse faible	Poussière au niveau des tubes	retard de production (arrêts possibles)	2	2	2	8	A1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérification totale de l'état du robot avant le démarrage</li> <li>• Nettoyage mensuel</li> </ul>
			Fuite d'air	Retard de la production	1	2	2	4	A2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérification totale de l'état du robot avant le démarrage</li> <li>• Changement des tubes en cas de détérioration grave</li> </ul>
		Déplacement avec grande vitesse	problème au niveau de l'axe (absence de frottement)	Destruction des pièces	2	4	2	16	A3	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ajouter un détecteur de vitesse</li> <li>➤ Ajouter des capteurs fins de course</li> </ul>
		Coincement lors de la translation	Problème au niveau des tubes pneumatiques	-arrêt de la production	2	4	1	8	A4	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vérification de l'état des tubes pneumatiques</li> </ul>
		Inclinaisons de la pince	Détérioration des vis lors d'utilisation	La pince ne peut pas tenir la pièce	2	2	1	4	A5	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vérifier le positionnement de la pince car il peut qu'elle soit affectée après plusieurs utilisations</li> </ul>

Dans le tableau « AMDEC du robot cartésien », chaque composant ou fonction critique du robot est répertorié. Pour chaque élément, les défaillances potentielles sont identifiées, accompagnées d'une estimation de leur probabilité d'occurrence, de leur gravité et de leur détection.

La criticité de chaque mode de défaillance, a été calculée et ensuite codée par un code spécifique. Les résultats de l'analyse effectuée sur le robot montrent bien clairs que la plus grande valeur de criticité est définie pour les deux modes de défaillances « déplacement avec grande vitesse et faible vitesse ». Ceci démontre le degré d'influence de ces deux modes sur le fonctionnement du système.

Le tableau suivant représente l'AMDEC de la table d'indexation :

**Tableau III. 3:Tableau AMDEC du composant « Table d'indexation »**

Composant	Fonction	Modes de défaillances	Causes de défaillances	Effet de défaillance	Criticité				Code	Action correctives
					F	G	D	C		
Table d'indexation	Déplacement des pièces (en rotation)	Mauvais positionnement de la table lors de rotations	Mauvaise Installation	Vitesse de production réduite	1	3	2	6	B1	➤ Vérifier l'installation et l'état des différents équipements régulièrement
			Capteur défaillant	Production de mauvaise qualité (rebus)	2	2	2	8	B2	➤ Changement de capteur
		Pas de rotation	Coincement mécanique	Arrêt de production	2	4	2	16	B3	➤ Vérifier l'installation et l'état des différents équipements régulièrement

Le tableau suivant concerne l'AMDEC du dispositif de contrôle :

**Tableau III. 4: Tableau AMDEC du composant «Dispositif de contrôle »**

Composant	Fonction	Mode de défaillance	Causes de défaillance	Effet de défaillance	Criticité				Code	Actions correctifs
					F	G	D	C		
Dispositif de contrôle	Contrôle la pièce avant de passer aux perceuses pour l'usinage	Mauvais Contrôle	Défaillance interne	Rebus et déformation	2	4	3	24	C1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Test avant l'utilisation</li> <li>• Changement du dispositif complètement</li> </ul>
		Pas de contrôle (Le dispositif ne descend pas)	Coincement mécanique	Retard de production	2	3	1	6	C2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nettoyage régulière</li> </ul>

Le tableau suivant concerne l'AMDEC du dispositif de contrôle :

**Tableau III. 5:Tableau AMDEC du composant « Perceuse »**

Composant	Fonction	Mode de défaillance	Causes de défaillance	Effet de défaillance	Criticité				Code	Actions correctifs
					F	G	D	C		
Perceuse	Usinage sous forme de perçage sur la pièce	Mauvais usinage	Défaillance de l'outil	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La déformation des pièces</li> <li>• rebus</li> </ul>	3	3	2	18	D1	➤ Remplacer par un nouvel outil
		L'outil descend mais pas d'usinage	Défaillance interne	Arrêt de la production	2	4	2	16	D2	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vérification avant utilisation</li> <li>➤ Changement du perceuse</li> </ul>
		L'outil ne descend pas	Coincement mécanique	Retard de la production	2	3	1	6	D3	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vérification avant utilisation</li> <li>➤ Nettoyage régulière</li> </ul>

Dans la station Production et Handling, Il existe plusieurs moteurs qui ont presque la même fonction, les mêmes modes de défaillances, mais les effets de défaillances sont distincts pour chaque composent. De ce fait nous avons p. Le tableau suivant représente l'AMDEC du moteur de perceuse :

**Tableau III. 6: Tableau AMDEC du composant « moteur de perceuse »**

Composant	Fonction	Mode de défaillance	Causes de défaillance	Effets de défaillance	Criticité				Code	Action proposé
					F	G	D	C		
<b>Moteur de perceuse</b>	Convertir l'énergie électrique en énergie mécanique en assurant la rotation de l'outil	Pas de rotation	Pas d'alimentation	Pas de rotation de l'outil	1	4	3	12	E1	➤ Vérification des câblages
			Défaillance interne	Pas de rotation de l'outil	2	4	3	24	E2	➤ Remplacer par un nouveau moteur
		Arrêt imprévu	Défaillance interne	-Arrêt de l'outil -Retard de la production	2	4	3	24	E3	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vérification le programme de commande</li> <li>➤ Maintenance corrective du moteur</li> <li>➤ Remplacer par un nouveau moteur</li> </ul>
		Rotation faible ou avec une grande vitesse	Défaillance interne	-Retard de la production -pièces défectueuse - la défaillance de l'outil	2	4	3	24	E4	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vérifier la source d'énergie</li> <li>➤ Vérification le programme de commande</li> </ul>
			Mauvais câblage	Moins de fabrication	2	4	2	16	E5	➤ Vérification des câblages périodiquement

En analysant le tableau III.6, il est clairement observé que les modes de défaillance présentent des niveaux de criticité extrêmement élevés (4/4). Cette constatation met en évidence l'importance cruciale de ces modes et leur influence significative sur le fonctionnement de la station. Les valeurs de criticité élevées sont directement attribuables aux niveaux élevés de gravité associés à ces modes de défaillance. Ces niveaux élevés de gravité sont provoqués par l'arrêt du moteur, qui entraîne également l'arrêt de la production. Il en résulte des conséquences catastrophiques tant du point de vue de la production des pièces que sur le plan financier.

Le tableau suivant représente l'AMDEC du moteur de la table :

**Tableau III. 7:Tableau AMDEC du composant « moteur de la table »**

Composant	Fonction	Mode de défaillance	Causes de défaillance	Effets de défaillance	Criticité				Code	Actions correctifs
					F	G	D	C		
<b>Moteur de la table</b>	Convertir l'énergie électrique en énergie mécanique - Assurer la rotation de la table	Pas de rotation	Pas d'alimentation	Pas de rotation de la table (arrêt de la table)	1	4	3	12	F1	➤ Vérification des câblages
			Défaillance interne	Pas de rotation de la table	2	4	3	24	F2	➤ Test avant utilisation ➤ Remplacer par un nouveau moteur
		Rotation faible ou avec une grande vitesse	Mauvaise distribution de l'énergie	Impact sur les équipements	2	4	3	24	F3	➤ Vérification des câblages
		Rotation inversée	Mauvais câblage	Moins de fabrication	2	4	2	16	F4	➤ Vérification des câblages périodiquement

Le tableau AMDEC suivant concerne les capteurs du système on va donner le code G pour chaque mode de défaillance :

**Tableau III. 8:Tableau AMDEC « les capteurs »**

Composant	Fonction	Modes de défaillance	Causes	effets	Criticité				Codes	Actions proposées
					F	D	G	C		
Part_AV	Détection de la présence de la pièce dans c 3	Information erroné	Mauvaise installation du capteur	Accumulation des pièces dans le point c 3	2	2	2	8	G1	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vérification de l'installation des capteurs</li> <li>➤ Changement totale du capteur</li> </ul>
		Pas d'information	-Défaillance interne des capteurs	Retard de la production	2	2	3	12	G2	
B2	Détection de la présence de la pièce au niveau d'usinage	Information erroné	Un autre objet se trouve devant le capteur	Aucun effet sur le système	2	2	1	4	G3	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vérifier la source d'énergie</li> <li>➤ Changement totale du capteur</li> </ul>
		Pas d'information	-Défaillance internes	Aucun effet sur le système	2	2	1	4	G4	
B1	Détection de la présence de la pièce dans la partie test	Information erroné	Un obstacle se trouve devant le capteur	Pièces mal testé	2	2	2	8	G5	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vérifier la source d'énergie</li> <li>➤ Changement totale du capteur</li> </ul>
		Pas d'information	-défaillance interne	Production réduite rebus	2	3	2	12	G6	
1B1 (Handling)	Détection de la position de la pince dans la station de production	Information erroné	-mauvais câblage	Risque de détérioration du robot	2	2	4	16	G7	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vérification du câblage des capteurs</li> <li>➤ Changement totale du capteur</li> </ul>
		Pas d'information	-défaillance interne	Arrêt de la production	2	2	3	12	G8	

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

1B2 (Handling)	Détection de la présence de la pince dans la station de manutention	Information erronée	Mauvaise installation	Risque de détérioration du robot ainsi que d'autres composants de la station	2	2	4	16	G9	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vérification de l'installation des capteurs</li> <li>➤ Changement total du capteur</li> </ul>
		Pas d'information	-défaillance interne	Pas de production	2	2	2	8	G10	
B3	Détection de la position de la table d'indexation	Information erronée	Mauvaise installation	Rotation dans le sens inverse	2	2	3	12	G11	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vérification de l'installation des capteurs</li> <li>➤ Vérifier la source d'énergie</li> <li>➤ Changement total du capteur</li> </ul>
		Pas d'information	-défaillance interne du capteur	Pas de rotation	2	2	3	12	G12	
B4	Contrôle des ouvertures de perçage	Information erronée	Un obstacle se trouve devant le capteur	Pas de contrôle	2	2	2	8	G13	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vérifier la source d'énergie</li> <li>➤ Changement total du capteur</li> </ul>
		Pas d'information	-défaillance interne du capteur	- mauvaise production - rebuts possibles	2	2	3	12	G14	
1B1 (production)	Détection de la position de la perceuse en haut	Information erronée	Mauvais câblage	- outil bloqué Arrêt de la production	2	3	3	18	G15	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vérifier le câblage du capteur</li> <li>➤ Vérifier la source d'énergie</li> <li>➤ Changement total du capteur</li> </ul>
		Pas d'information	-Capteur défaillant	-Pas d'usure -arrêt possible de la production	2	3	3	18	G16	



1B2 (production)	Détece la position de la perceuse en bas	Information erroné	-Mauvais installation	Pièce non conformes	2	3	2	12	G17	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vérification de l'installation des capteurs</li> <li>➤ Vérifier la source d'énergie</li> <li>➤ Changement totale du capteur</li> </ul>
		Pas d'information	-capteur défaillant	Baisse de productivité	2	3	2	12	G18	
1B3	Détece la position de la pince au niveau du stock	Information erroné	-Un autre objet se trouve devant le capteur	Aucun effet	2	1	1	2	G19	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vérifier la source d'énergie</li> <li>➤ Changement totale du capteur</li> </ul>
		Pas d'information	-défaillance interne du capteur	Pas d'effet sur le système	2	1	1	2	G20	
2B1	Détece la position basse de la pince	Information erroné	-défaillance interne du capteur	-Blocage de l'outil -Pas de translation des pièces	2	2	3	12	G21	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vérifier l'état des câbles du capteur</li> <li>➤ Changement totale du capteur</li> </ul>
		Pas d'information	-défaillance interne du capteur	Arrêt de la production	2	2	3	12	G22	
2B2	Détece la position haute de la pince	Information erroné	Mauvais câblage	-Pas de translation des pièces	2	3	3	18	G23	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vérifier l'état des câbles du capteur</li> <li>➤ Changement totale du capteur</li> </ul>
		Pas d'information	-défaillance interne du capteur	Arrêt de la production	2	2	3	12	G24	

3B1	Détecte la pièce au niveau de la pince	Information erroné	-défaillance interne du capteur	-Blocage des pièces au niveau de la pince -Baisse de productivité	2	2	2	8	G25	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vérification de l'installation des capteurs</li> <li>➤ Changement totale du capteur</li> </ul>
		Pas d'information	-Défaillance interne du capteur -pas d'alimentation	Pas de production	2	2	3	12	G26	
_20B3	Détecte la présence de la palette	Information erroné	Un obstacle se trouve devant le capteur	-Blocage de la palette au niveau de convoyeur -accumulation des pièces	2	1	3	6	G27	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vérifier la source d'énergie</li> <li>➤ Changement totale du capteur</li> </ul>
		Pas d'information	-défaillance interne du capteur	Arrêt de la production	2	2	3	12	G28	

Le tableau suivant représente l'AMDEC du Distributeur pneumatique :

**Tableau III. 9:Tableau AMDEC du composant « Distributeur pneumatique »**

Composant	Fonction	Mode de défaillance	Causes de défaillance	Effets de défaillance	Criticité				Code	Action proposé
					F	G	D	C		
Distributeur pneumatique	-Fournit de l'énergie pneumatique aux différents actionneurs pneumatiques	Pas d'énergie	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Défaillance interne du distributeur</li> <li>➤ Problème de communication entre les chambres</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Arrêt de la station</li> <li>➤ Le vérin sort sans commande</li> </ul>	1	3	2	6	H1	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vérifier la source d'air</li> <li>➤ Vérifier le conditionnement d'air</li> <li>➤ Changer les joints</li> </ul>
		Perturbation d'énergie	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fuite de l'air comprimé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Production réduite</li> </ul>	1	3	3	9	H2	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vérifier l'état des tubes pneumatique</li> </ul>

En observant ce tableau, nous constatons qu'il y a une seule différence parmi ces trois valeurs en termes de non détection. Cela est dû à la difficulté de détecter les perturbations d'énergie, ce qui explique pourquoi nous avons attribué respectivement les valeurs 2 et 3 aux modes de défaillance "pas d'énergie" et "perturbation d'énergie". Les valeurs de détection diffèrent car il est facile de vérifier s'il y a ou non de l'énergie à la sortie du distributeur. En revanche, le mode "perturbation d'énergie" est plus ou moins difficile à détecter.

Le tableau suivant représente l'AMDEC du Distributeur électrique :

**Tableau III. 10:Tableau AMDEC du composant « distributeur électrique »**

Composant	Fonction	Mode de défaillance	Causes de défaillance	Effets de défaillance	Criticité				Code	Action proposé
					F	G	D	C		
Distributeur électrique	-Il fournit l'énergie électrique aux différents actionneurs électriques de la station	Pas d'énergie	Défaillance interne	Arrêt de la production	1	3	1	3	I1	➤ Vérifier la sortie d'énergie électrique
		Perturbation d'énergie	Contacteur par fois fermé	-Production des pièces non conforme  -Arrêt possible.  -l'échauffement du moteur et les câbles	2	3	2	12	I2	➤ Vérifié l'état du contacteur

### III.2.3 Hiérarchisation des modes de défaillances (classement par criticité)

La hiérarchisation permet de classer les modes de défaillance par ordre d'importance. Les classements effectués par l'ordre décroissant selon le niveau de criticité. Dans cette classification quatre catégories sont distingués. Le tableau suivant représente l'échelle de criticité et la politique de maintenance générique pour chaque intervalle de criticité :

Tableau III. 11 : Classement et priorisation par criticité pour le traitement des défaillances

Niveau de criticité	Priorité	Codes des éléments dans les tableaux AMDEC
$1 \leq C < 12$	<b>Criticité négligeable</b> : toutes les défaillances ayant ces valeurs de criticité on peut les négliger	A1, A2, A4, A5, B1, B2, C2, D3 G1, G2, H1, H2, I1, I2, J1, J2, K1
$12 \leq C < 16$	<b>Criticité moyenne</b> : dans ce cas on peut faire une amélioration des performances de l'élément avec une maintenance préventive	E1, F1, K2
$16 \leq C < 20$	<b>Criticité importante</b> : dans ce cas les actions de maintenance doivent appliquer en urgence	A1, A3, B3, D1, D2, E5, F4
Plus que 20	<b>Criticité majeure</b> : les modes de défaillance sont très dangereuses (cas interdit)	C1, E2, E3, E4, F2, F3

### III.2.4 Synthèses de l'étude et proposition des actions correctives

L'analyse détaillée effectuée sur le fonctionnement du système a mis en évidence plusieurs points critiques et des améliorations nécessaires pour garantir son bon fonctionnement et optimiser sa performance. Un ensemble des actions correctives sont proposées pour chaque niveau de criticité.

Pour le niveau négligeable, les actions proposées sont :

- Surveillance régulière : Effectuer des vérifications périodiques pour s'assurer que le composant fonctionne correctement. Cela peut inclure des contrôles visuels, des mesures de performance ou des tests de fonctionnement.
- Maintenance préventive : Mettre en place des activités de maintenance planifiée pour prévenir les défaillances potentielles. Cela peut impliquer le remplacement régulier de pièces d'usure, la lubrification des équipements, le nettoyage ou d'autres actions préventives spécifiques.

Le niveau moyen et important, cela indique qu'une défaillance associée à ces deux modes peut avoir un impact modéré sur le système ou le processus, mais n'entraînera pas de conséquences majeures en termes de sécurité, de qualité ou de performance. Pour ce niveau de criticité, les actions correctives potentielles à envisager :

- Réduction de la fréquence de défaillance : Identifier les causes sous-jacentes de la défaillance et mettre en place des mesures pour réduire la fréquence à laquelle elle se produit. Cela peut impliquer des actions telles que la maintenance préventive, le remplacement régulier des pièces usées ou la mise en place de contrôles de qualité plus stricts.
- Amélioration des procédures de détection : Renforcer les mécanismes de détection des défaillances afin de réduire le temps nécessaire pour identifier et réagir à une défaillance. Cela peut inclure l'installation de capteurs supplémentaires, la mise en place de systèmes de surveillance continue, ou l'amélioration des procédures de test et d'inspection.
- Mise en place de plans d'intervention : Élaborer des plans d'intervention pour faire face aux défaillances lorsqu'elles se produisent. Ces plans peuvent inclure des procédures spécifiques pour minimiser les perturbations, réparer rapidement la défaillance et rétablir le système ou le processus dans des délais acceptables.

Le niveau interdit signifie qu'il n'est pas acceptable d'avoir une défaillance associée à ce mode. Dans de tels cas, les actions correctives doivent être mises en œuvre pour éliminer complètement la possibilité de cette défaillance. Les actions à considérer pour le niveau interdit :

- Modification du design : Apporter les modifications nécessaires au design afin d'éliminer ces causes et de réduire le risque de défaillance.
- Renforcement des contrôles et des procédures : Mettre en place des contrôles supplémentaires, des procédures de sécurité renforcées ou des dispositifs de protection pour éviter complètement le mode de défaillance interdit. Cela peut inclure l'ajout de capteurs de sécurité, de dispositifs d'arrêt d'urgence ou d'autres mesures de prévention appropriées.
- Révision des spécifications : Examiner les spécifications du composant pour s'assurer qu'ils sont conformes aux normes de sécurité et de performance les plus strictes. Mettre à jour les spécifications si nécessaire pour éliminer toute possibilité de défaillance interdite.
- Tests et vérifications approfondis : Effectuer des tests rigoureux et des vérifications approfondies pour s'assurer que le composant est exempt de tout risque de défaillance interdite. Cela peut impliquer des tests fonctionnels, des analyses de fiabilité, des simulations ou d'autres méthodes appropriées pour valider la sécurité et la robustesse du système.

Dans notre étude nous n'avons pas appliqué toute les étape de la méthode AMDEC, nous avons arrêté à la recherche des action proposé parce qu'elle besoin d'essayer ces action proposé sur la station pour mise à jour de la nouvelle criticité.

### III.3 Application de la méthode arbre de défaillance

La méthode de l'Arbre de défaillance est un outil d'analyse systématique qui permet d'identifier les causes potentielles de défaillance dans un système complexe. Elle est largement utilisée dans divers domaines industriels pour évaluer les risques et améliorer la fiabilité des systèmes.

Dans le cadre de ce projet, nous avons choisi d'appliquer la méthode de l'Arbre de défaillance à la station de production du système MPS 500. Cette station joue un rôle crucial dans le processus global de production, et toute défaillance peut avoir un impact significatif sur la performance et la rentabilité du système.

L'objectif de cette analyse par la méthode Arbre de défaillance est de fournir une compréhension approfondie des différents scénarios de défaillance qui pourraient affecter la station de production du système MPS 500. En utilisant cette méthode, nous pourrions identifier les événements de base qui peuvent conduire à une défaillance du système, et construire un arbre de défaillance pour représenter ces relations causales de manière systématique.

Dans la suite de cette étude, nous allons décrire les différentes étapes de l'application de la méthode Arbre de défaillance, en commençant par l'identification des événements de base (principaux) et la construction de l'arbre de défaillance. Nous procéderons ensuite à l'analyse de l'impact des défaillances potentielles sur le système MPS 500.

#### III.3.1 Identification des événements principaux

L'étape d'identification des événements principaux est essentielle dans l'analyse de la station de production du système MPS 500. Elle permet de cibler les événements clés qui pourraient avoir un impact significatif sur le fonctionnement de la station et la performance globale du système.

Cette étape a pour objectif d'identifier les événements susceptibles de causer des défaillances ou des perturbations majeures dans la station de production. Cela inclut les événements qui pourraient entraîner par exemple :

- Arrêt de la production : Cet événement peut se produire en raison d'une panne d'équipement majeure, d'une interruption de l'alimentation électrique ou de problèmes liés aux matières premières.
- Défaillance du système de contrôle : Si le système de contrôle (les capteurs, API, ...) de la station de production rencontre des problèmes, cela peut entraîner des erreurs de mesure, une mauvaise synchronisation des opérations ou même une panne complète du système.
- Perte de qualité du produit : Des défaillances dans les processus de production, comme un mauvais réglage des paramètres, une contamination ou une erreur dans les opérations, peuvent entraîner une perte de qualité du produit final.

- Surcharge ou sous-charge des équipements : Si les équipements de la station de production sont soumis à des charges excessives ou insuffisantes, cela peut entraîner une usure prématurée, des pannes fréquentes ou une production inefficace.

Lors de notre analyse AMDEC de la station de production du système MPS 500, un événement critique a été identifié « **Pas d'usinage de pièce** » ou « pièces non usinés ». Cet événement fait référence à la situation où aucun usinage de pièce ne se produit, ce qui entraîne un arrêt complet de la production.

L'usinage des pièces est une étape essentielle dans le processus de production du MPS 500, et son absence peut avoir des conséquences graves sur la capacité de la station à fournir des produits finis conformes et à maintenir le rythme de production attendu.

L'identification de cet événement majeur est basée sur une évaluation approfondie des défaillances potentielles, des causes sous-jacentes et des conséquences associées. Plusieurs facteurs peuvent contribuer à l'événement "Pas d'usinage de pièce", tels que des problèmes mécaniques, des pannes des composants, des erreurs de programmation, des ruptures d'approvisionnement en matières premières ou d'autres problèmes opérationnels.

Les conséquences de cet événement peuvent être significatives, notamment une interruption de la production, une baisse de la productivité, des retards dans les livraisons vers les autres stations du système MPS 500. Il est donc crucial de comprendre les causes potentielles et de mettre en place des mesures préventives pour minimiser les risques associés à cet événement.

Dans la suite de notre analyse, nous examinerons en détail les différentes causes possibles du "Pas d'usinage de pièce", afin de définir les actions correctives et préventives à mettre en œuvre. L'objectif est de garantir une fiabilité accrue de la station de production, d'optimiser la disponibilité des composants et de réduire les risques de défaillance liés à cet événement critique.

En identifiant et en traitant spécifiquement l'événement "Pas d'usinage de pièce" dans notre analyse AMDEC, nous visons à renforcer la performance globale de la station de production du système MPS 500, en assurant une production continue et de haute qualité des pièces usinées.



### **III.3.2 Construction de l'arbre**

Après avoir identifié l'événement critique "Pas d'usinage de pièce" lors de notre analyse AMDEC de la station de production du système MPS 500, nous passons maintenant à l'étape de construction de l'arbre de défaillance pour cet événement.

L'arbre de défaillance est un outil graphique qui représente les relations de cause à effet entre les défaillances potentielles et l'événement indésirable. Dans ce cas, l'arbre de défaillance nous aidera à comprendre les différentes causes qui pourraient conduire à l'absence d'usinage de pièce dans la station de production.

La construction de l'arbre de défaillance implique l'identification des différentes défaillances potentielles qui peuvent contribuer à l'événement "Pas d'usinage de pièce". Celles-ci peuvent inclure par exemple des défaillances mécaniques, électriques, logicielles, des erreurs humaines, des problèmes d'approvisionnement en matières premières, des défaillances des systèmes auxiliaires, etc.

Chaque défaillance identifiée est représentée par un nœud de l'arbre, et les relations de cause à effet entre ces défaillances sont établies à l'aide de portes logiques telles que l'ET (Et) et le OU (Ou).

En construisant l'arbre de défaillance, nous visualisons clairement les différentes voies potentielles qui peuvent aboutir à l'événement indésirable. Cela nous permet d'identifier les facteurs critiques et de prioriser les actions correctives pour minimiser les risques de non-usinage des pièces.

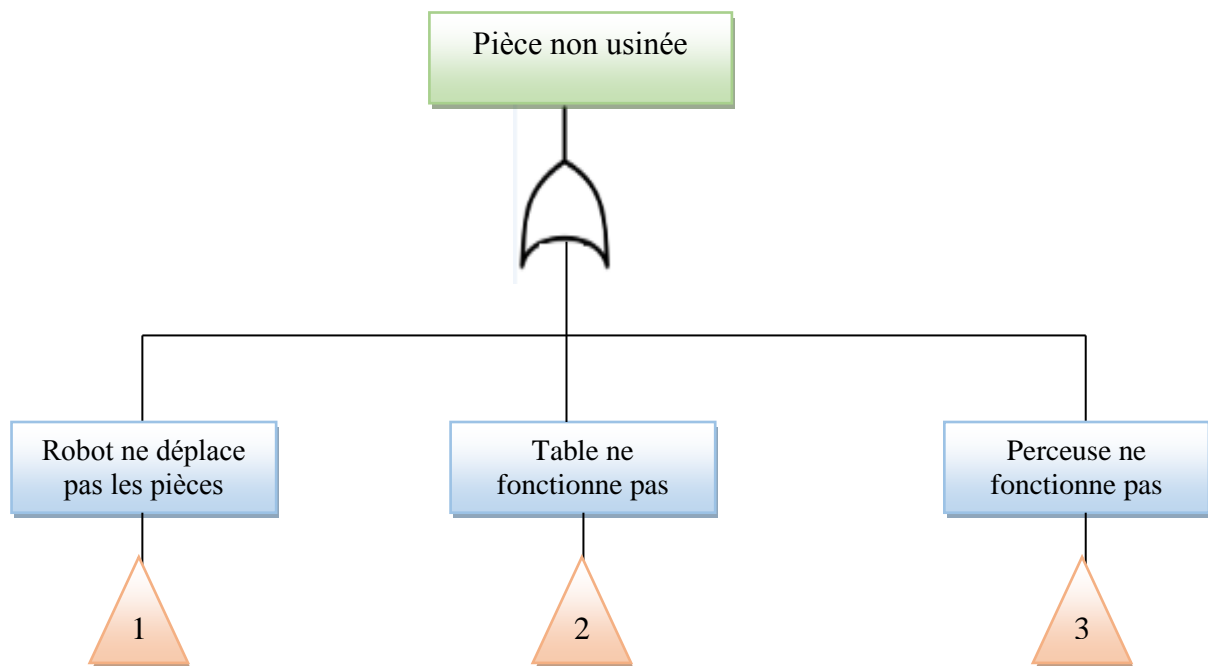
Dans la suite de cette analyse, nous détaillerons la construction de l'arbre de défaillance pour l'événement "Pas d'usinage de pièce", en identifiant les défaillances spécifiques, leurs relations causales et les mesures préventives recommandées. Cette étape nous permettra de mieux comprendre les scénarios de défaillance et de mettre en place des solutions efficaces pour assurer un usinage continu et fiable des pièces dans la station de production du système MPS 500.

#### **III.3.2.1 Etablissement du premier niveau (les causes immédiates de l'évènement principale)**

Dans notre analyse de l'événement "Pas d'usinage de pièce" dans la station de production du système MPS 500, nous avons identifié trois événements intermédiaires qui sont les causes principales de cet événement indésirable. Ces événements intermédiaires sont les suivants : "le robot ne déplace pas les pièces", "la table d'indexation ne fonctionne pas" et "la perceuse ne fonctionne pas".

Ces événements intermédiaires sont liés par une porte logique OU, ce qui signifie que si l'un de ces événements se produit, cela peut contribuer à l'événement "Pas d'usinage de pièce". En d'autres termes, si le robot ne déplace pas les pièces ou si la table d'indexation ne fonctionne pas ou si la perceuse ne fonctionne pas, cela peut entraîner l'absence d'usinage des pièces dans la station de production.

En identifiant ces événements intermédiaires spécifiques, nous pouvons maintenant poursuivre la construction de l'arbre de défaillance en ajoutant ces nœuds et en établissant leurs liens avec l'événement "Pas d'usinage de pièce"(La figure suivante) :



**Figure III. 6: Partie de l'arbre de défaillance pour l'évènement « pièce non usinée »**

### **III.3.2.2 Identification des causes des trois évènements principaux**

Après avoir identifié les événements intermédiaires liés à l'événement "Pas d'usinage de pièce" dans la station de production du système MPS 500, à savoir "le robot ne déplace pas les pièces", "la table d'indexation ne fonctionne pas" et "la perceuse ne fonctionne pas", nous passons maintenant à l'étape suivante : l'identification des causes pour chacun de ces événements.

a) L'évènement "Le robot ne déplace pas les pièces" :

L'événement intermédiaire "Le robot ne déplace pas les pièces" est l'une des causes principales identifiées lors de notre analyse de l'événement "Pas d'usinage de pièce" dans la station de production du système MPS 500. Ce problème potentiel peut avoir un impact

significatif sur le processus de production, entraînant un arrêt complet de l'usinage des pièces. Dans cette partie de l'arbre de défaillance, nous examinerons en détail les différentes causes possibles qui peuvent empêcher le robot de déplacer les pièces.

Pour cet évènement les causes sont généralement des problèmes mécaniques ou des problèmes électriques. La figure III.6 présente l'ensemble des causes provoquant cet évènement.

Dans cette partie de l'arbre nous pouvons constater que l'évènement indésirable « le robot ne déplace pas les pièces » est généré par trois évènements intermédiaire reliée par une porte logique OU.

b) L'évènement "La table d'indexation ne fonctionne pas" :

La table d'indexation joue un rôle crucial dans le processus d'usinage, permettant le positionnement précis des pièces pour les opérations de perçage. Lorsque cet élément essentiel ne fonctionne pas correctement, cela peut entraîner un dysfonctionnement général de la station de production et entraîner l'absence d'usinage des pièces. Dans cette partie de l'arbre de défaillance, nous examinerons attentivement les différentes causes potentielles qui peuvent conduire à l'échec de la table d'indexation

La figure III.7 présente l'ensemble des causes provoquant cet évènement.

c) L'évènement "La perceuse ne fonctionne pas" :

L'évènement intermédiaire "La perceuse ne fonctionne pas" est l'un des facteurs critiques identifiés lors de notre analyse de l'évènement "Pas d'usinage de pièce" dans la station de production du système MPS 500. La perceuse joue un rôle central dans le processus d'usinage, et lorsque cet élément clé ne fonctionne pas correctement, cela provoque des interruptions totales du processus de production. Dans cette partie de l'arbre de défaillance, nous nous pencherons sur les différentes causes potentielles qui peuvent entraîner le dysfonctionnement de la perceuse. La figure III.8 présente l'ensemble des causes provoquant cet évènement.



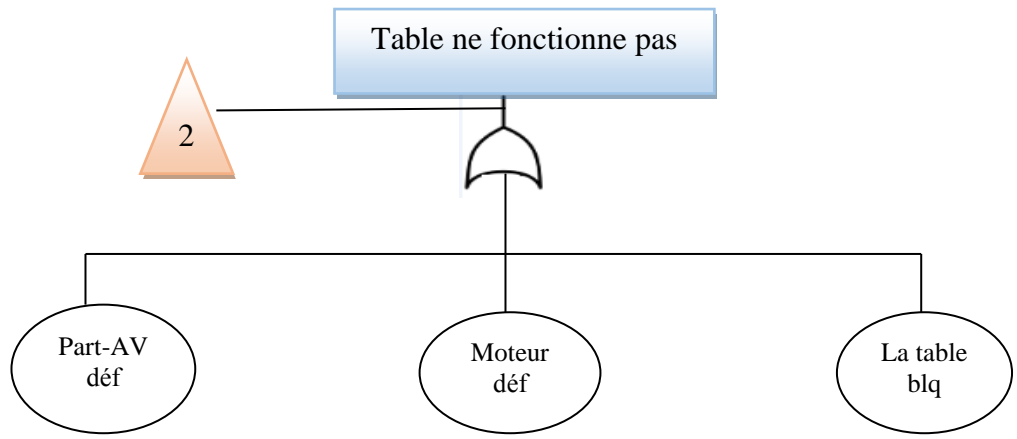


Figure III. 8: Arbre de défaillance la table ne fonctionne pas

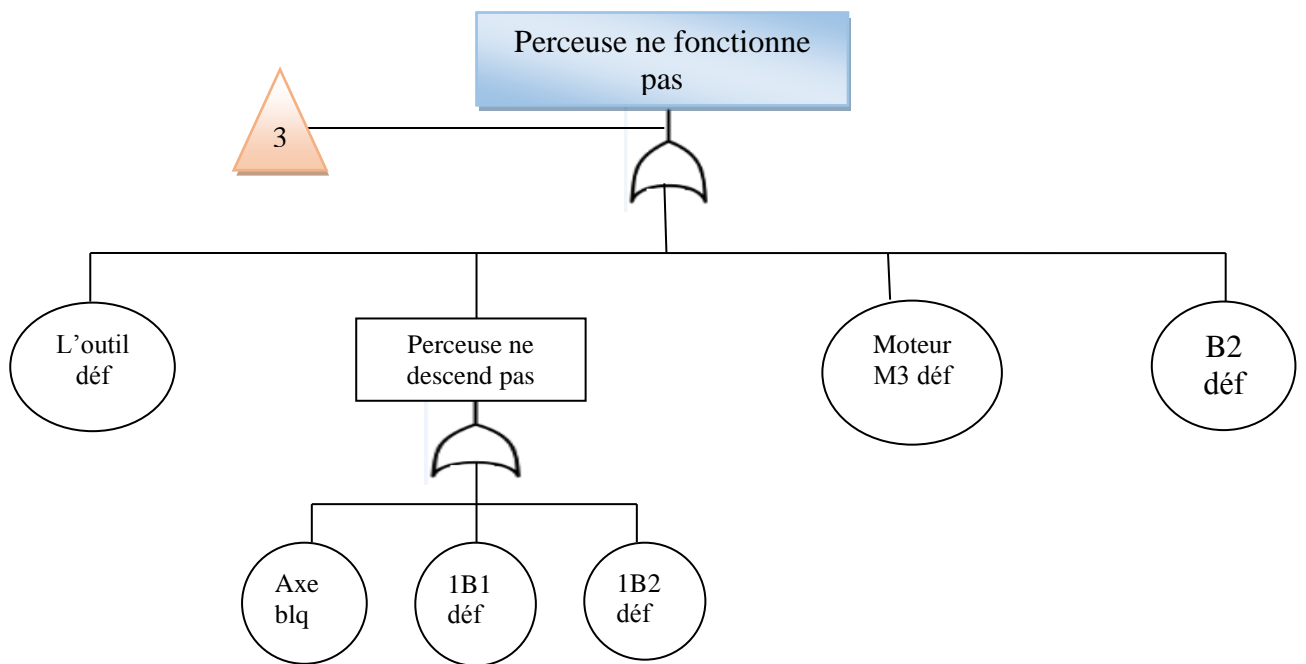


Figure III. 9: Arbre de défaillance de la perceuse ne fonctionne pas

### III.3.2.3 Réduction de l'arbre

Après avoir construit l'arbre de défaillance en identifiant les événements principaux, les événements intermédiaires et leurs causes potentielles, l'étape suivante consiste à réduire l'arbre de défaillance. La réduction de l'arbre a pour objectif de simplifier la structure de l'arbre en regroupant les événements similaires ou redondants, ce qui facilite l'analyse et la prise de décision.

Lors de la réduction de l'arbre, nous cherchons à identifier les événements ou les causes qui peuvent être traités de manière similaire ou qui ont des mesures préventives et correctives communes. Par exemple, si plusieurs événements intermédiaires ont des causes similaires ou nécessitent les mêmes actions correctives, ils peuvent être regroupés en un seul événement pour simplifier l'arbre.

La réduction de l'arbre permet également de se concentrer sur les événements et les causes les plus critiques et significatifs, en éliminant les branches ou les nœuds moins pertinents. Cela permet d'optimiser les ressources et les efforts de prévention en se concentrant sur les facteurs qui ont le plus grand impact sur la fiabilité et le bon fonctionnement du système.

**Tableau III. 12: Les codes identifiés pour chaque événement**

Événement	Code
Pièce non usinée	E
Robot ne déplace pas les pièces	E1
La table ne fonctionne pas	E2
La perceuse ne fonctionne pas	E3
Pas déplacement horizontale l'axe XX'	E11
Pas déplacement verticale l'axe YY'	E12
La pince 3M1 ne fonctionne pas	E13
Perceuse ne descend pas	E31
Ne descend pas	S1
Ne monte pas	S2
Ne se ferme pas	S3
Ne s'ouvre pas	S4
Axe blq XX'	A
1B2 déf	B
Axe déf YY'	C
2B1 déf	D
2B2 déf	F
3B1 déf	G
3M1 blq	H
L'outil déf	I
Axe blq perceuse	J
1B1 déf	K
1B2 déf	L
Moteur M3 déf	M
B2 déf	N

ParT-AV déf	O
Moteur déf	P
Table blq	Q

Afin de faciliter la tâche de réduction de l'arbre de défaillance, il est courant d'attribuer un code spécifique à chaque événement élémentaire. Ces codes permettent d'identifier de manière unique chaque événement et de simplifier la manipulation et l'analyse de l'arbre. Le tableau suivant présente les codes utilisés dans notre étude.

Les codes identifiés pour chaque événement intermédiaire ont été utilisés pour établir l'équation booléenne correspondante, permettant ainsi de déterminer les coupes minimales pour simplifier l'expression logique de l'événement principal.

- L'équation booléenne de l'événement redouté « E » est la suivante :

$$E = E1 + E2 + E3$$

$$E = (E11 + E12 + E13) + (O + P + Q) + (E31 + I + M + N)$$

$$E = (A + B + S1 + S2 + S3 + S4) + (O + P + Q) + (J + K + L + I + M + N)$$

$$E = (A + B + C + D + C + F + G + H + H + F + D) + (O + P + Q) + (J + K + L + I + M + N)$$

$$E = A + B + C + D + F + G + H + D + O + P + Q + J + K + L + M + N$$

- L'équation de l'événement redouté après des réductions devienne :

$$E = A + B + C + D + F + G + H + D + O + P + Q + J + K + L + M + N$$

- Les coupes minimales sont alors des coupes minimales d'ordre 1 :

A, B, C, D, F, G, H, D, O, P, Q, J, K, L, M et N.

À partir ces coupes minimales on peut faire l'arbre réduite qui est dans la figure suivante :

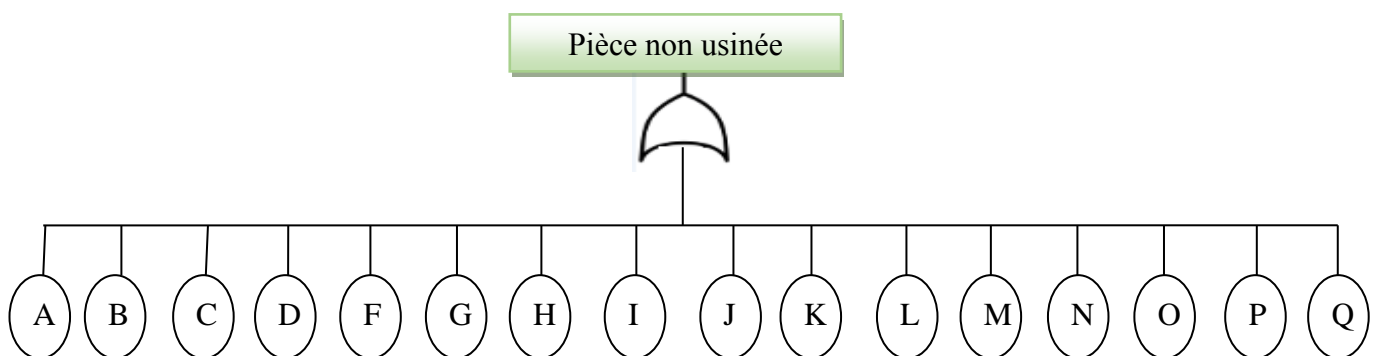


Figure III. 10: L'arbre réduit

À la suite de l'établissement de l'arbre réduit et de l'identification des événements et causes liés au robot, aux capteurs, à la table d'indexation et à la perceuse, et afin d'améliorer la

fiabilité et les performances de la station de production du système MPS 500, nous proposons les actions correctives suivantes :

a) Actions proposées pour le robot :

- Effectuer une maintenance régulière du robot, y compris le nettoyage, le remplacement des pièces d'usure selon les recommandations du fabricant.
- Vérifier et calibrer les capteurs du robot pour s'assurer de leur précision et de leur bon fonctionnement.
- Mettre en place un programme de formation pour l'ingénieur chargé de l'opération et de la maintenance du robot, afin de maximiser son utilisation et d'éviter les erreurs d'utilisation.

b) Actions proposées pour les capteurs :

- Réaliser une vérification régulière des capteurs pour s'assurer de leur bon fonctionnement et de leur précision.
- Mettre en place un plan de maintenance préventive pour les capteurs, en incluant le nettoyage, le calibrage et le remplacement périodique des capteurs défectueux ou usés.
- Installer des capteurs de secours ou de redondance pour minimiser les risques de défaillance et assurer la continuité de la surveillance ou du contrôle.

c) Actions proposées pour la table d'indexation :

- Effectuer une maintenance préventive régulière de la table d'indexation, y compris le nettoyage et l'inspection des mécanismes.
- Vérifier et ajuster les paramètres de contrôle de la table d'indexation pour éviter les collisions, les blocages ou les dysfonctionnements.
- Remplacer la table d'indexation si nécessaire (selon les recommandations du fabricant).

d) Moteur :

- Mettre en place un programme de maintenance préventive pour les moteurs, incluant le nettoyage, la lubrification et l'inspection régulière.
- Vérifier et entretenir les connexions électriques du moteur pour éviter les faux contacts ou les dysfonctionnements électriques.
- Surveiller les paramètres de fonctionnement du moteur, tels que la température, la tension et le courant, pour détecter les signes de surchauffe ou de défaillance imminente.

e) Perceuse :

- Réaliser une maintenance régulière de la perceuse, y compris le nettoyage, la lubrification et le remplacement des composants défaillants.
- Vérifier et ajuster les paramètres de perçage, tels que la vitesse de rotation et la pression, pour assurer des performances optimales.



- Effectuer des contrôles de qualité sur les pièces usinées pour détecter les éventuelles déviations ou erreurs de perçage.

### **III.4 Conclusion de l'application de la méthode Arbre de défaillance**

En conclusion de notre analyse basée sur l'arbre de défaillance de la station de production du système MPS 500, nous avons identifié les événements principaux, les événements intermédiaires et les causes potentielles associées à l'événement "Pas d'usinage de pièce". Grâce à cette analyse, nous avons pu comprendre les différents éléments du système qui contribuent à cet événement indésirable.

Nous avons utilisé des codes spécifiques pour chaque événement élémentaire, ce qui nous a permis d'établir une équation booléenne pour l'événement principal. Cette équation nous a fourni une représentation logique de l'événement et des relations entre les événements intermédiaires.

De plus, nous avons identifié les coupes minimales, qui sont des combinaisons de termes de l'équation booléenne qui peuvent être regroupées pour simplifier l'expression et faciliter la compréhension de l'événement principal.

Cette analyse par arbre de défaillance nous a permis de visualiser et de comprendre les causes potentielles de l'événement "Pas d'usinage de pièce" dans la station de production du système MPS 500. Elle constitue une base solide sur laquelle nous pouvons prendre des mesures préventives et correctives pour améliorer la fiabilité et l'efficacité de la station de production.

Il est essentiel de mettre en œuvre les recommandations issues de cette analyse pour réduire les risques de défaillance et garantir un fonctionnement optimal de la station de production. En continuant à surveiller et à analyser les performances du système, nous pourrions améliorer sa fiabilité et sa productivité, contribuant ainsi à une production plus efficace et de meilleure qualité.

### **III.5 Conclusion**

En fin de l'application des méthodes AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) et Arbre de Défaillances sur la station de production du système MPS 500, nous avons pu identifier et évaluer les principaux risques de défaillance associés à cette installation.

Grâce à l'AMDEC, nous avons pu analyser de manière systématique les différents éléments de la station de production, en identifiant les modes de défaillance potentiels, leurs causes et leurs conséquences. Cela nous a permis de mettre en évidence les événements critiques qui pourraient entraîner des dysfonctionnements ou des arrêts de production. L'AMDEC nous a également permis de hiérarchiser les risques en fonction de leur gravité et de leur fréquence, Dans le but de concentrer nos efforts sur les aspects les plus critiques.

En utilisant la méthode de l'Arbre de Défaillances, nous avons pu visualiser les relations de cause à effet entre les différents événements et défaillances identifiés. Cela nous a aidés à comprendre les scénarios de défaillance potentiels et à identifier les événements et les causes les plus critiques.

L'application de l'AMDEC et de l'Arbre de Défaillances a permis de mettre en évidence les vulnérabilités et les points faibles de la station de production du système MPS 500. Les recommandations et les actions proposées à la suite de cette analyse visent à réduire les risques de défaillance, à améliorer la fiabilité de l'installation et à garantir une production plus efficace et de meilleure qualité.

En poursuivant la mise en œuvre des mesures préventives et correctives identifiées, ainsi qu'en assurant un suivi régulier de la performance de la station de production, il sera possible d'optimiser son fonctionnement, de minimiser les arrêts de production et d'atteindre des niveaux élevés de productivité et de satisfaction des clients.

## Conclusion générale

L'analyse des dysfonctionnements des systèmes de production en utilisant les méthodes de la sûreté de fonctionnement constitue un pilier essentiel de la gestion de la fiabilité et de la performance industrielle. En intégrant ces approches dans les processus de conception, de maintenance et de prise de décision, les entreprises peuvent améliorer leur efficacité opérationnelle, réduire les coûts liés aux défaillances et renforcer la confiance des clients et des parties prenantes. Il est donc important de continuer à développer et à appliquer ces méthodes pour garantir des systèmes de production sûrs, fiables et performants.

Dans ce cadre, nous avons réalisé une étude approfondie de la station de production du système MPS 500 en utilisant deux méthodes ; l'arbre de défaillance et de la méthode AMDEC. Cette étude nous a permis d'identifier les risques de défaillance potentiels, d'évaluer leur impact et de proposer des actions correctives pour améliorer la fiabilité et la performance de la station.

Grâce à l'application de l'arbre de défaillance, nous avons pu visualiser les scénarios de défaillance possibles et identifier les événements et les causes critiques. Cela nous a fourni une compréhension approfondie des défaillances potentielles et des relations de cause à effet au sein de la station de production. En utilisant cette méthode, nous avons pu proposer des actions préventives et correctives spécifiques pour chaque événement critique, contribuant ainsi à minimiser les risques de défaillance et à assurer un fonctionnement plus fiable du système.

Grace à la méthode AMDEC nous avons pu mener une analyse structurée des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité. Nous avons identifié les défaillances les plus critiques et évalué leur impact sur la production et la qualité des pièces usinées. Cette méthode nous a également aidés à hiérarchiser les risques et à concentrer nos efforts sur les aspects les plus préoccupants, en proposant des mesures préventives et correctives appropriées.

Grâce à l'application de ces deux méthodes, nous avons pu proposer des actions correctives ciblées pour chaque élément critique de la station de production MPS 500, tels que le robot, les capteurs, la table d'indexation, le moteur et la perceuse. Ces actions comprennent des mesures de maintenance préventive, des ajustements de paramètres, des vérifications régulières et des formations du personnel. En les mettant en œuvre, nous visons à réduire les risques de défaillance, à améliorer la fiabilité du système et à garantir une production plus efficace et de meilleure qualité.

Cette étude approfondie de la station de production MPS 500, réalisée à travers l'application des méthodes de la sûreté de fonctionnement, nous a permis de comprendre les défaillances potentielles et d'élaborer des actions correctives appropriées. Ces recommandations

contribueront à renforcer la fiabilité, la performance et la sécurité du système, assurant ainsi une production plus efficace et répondant aux exigences de qualité. Il est essentiel de mettre en œuvre ces actions et de continuer à surveiller et à analyser les performances du système pour garantir une amélioration continue et une optimisation des processus de production.

Il est important de souligner que l'analyse des dysfonctionnements et l'application des méthodes de la sûreté de fonctionnement sont des processus continus qui doivent être régulièrement réévalués et mis à jour. En maintenant une surveillance constante, en effectuant des audits réguliers et en adaptant les mesures préventives aux changements, les entreprises peuvent garantir la sûreté et la fiabilité à long terme de leurs systèmes industriels.

## Référence :

- [1] :CHAHMI Rania, BOUSSAID Nessrine, DAHMANI Khadidja, BOUZIDI Fatiha& DELLAL Ghada (2021),« *Création d'une application mobile pour la gestion de la maintenance préventive au sein d'une entreprise* », mémoire pfc,Université Abou BekrBelkaid-Tlemcen.
- [2] : Messaoud Benzouai, « *Module de mécatronique* »,cours, Université de Batna 2.
- [3] :Kahouadji Housseeyn Amin (2021),«*Différentes formes de maintenance et niveaux*»,cours, Université Abou BekrBelkaid-Tlemcen.
- [4] :B.EL HADIM (2009), «*Module analyse fonctionnelle*»,cours.  
<https://fr.scribd.com/document/406804695/Module-1-Analyse-Fonctionnelle-prof#>
- [5] :Tarik AL ANI (2006), « *Introduction au diagnostic des défaillance* »,cours.  
[https://www.esiee.fr/~alanis/cours\\_diagnostic/diagnostic/diagnostic.pdf](https://www.esiee.fr/~alanis/cours_diagnostic/diagnostic/diagnostic.pdf)
- [6] :BELHOCINE Mehdi (2021), « *Etude et analyse de fonctionnement du système iCIM 3000 en utilisant les méthodes de la sureté de fonctionnement* », mémoire de pfe, Université Abou BekrBelkaid-Tlemcen.
- [7] :Claire Pagetti (2012), «*Module de sûreté de fonctionnement*»,cours.  
<https://www.onera.fr/sites/default/files/u490/cours.pdf>
- [8] :Livier Boutou& Gérard Landy, Bruno Saintvoirin. (2006). « *AMDEC Guide pratique* ». 2<sup>ème</sup> édition, AFNOR. France.
- [9] :REZIGUI Ilias&SAROUTE Med Taha (2022), « *Evaluation des risques au niveau de l'industrie : application de la méthode AMDEC (Entreprise Sonatrach Direction de Oued-Noumer Ghardaïa)* », mémoire de pfe, université de medea.
- [10] : joseph Kélada(1994), « *L'AMDEC* », cours, École des Hautes Études Commerciales. Annexe.
- [11] :Margaux DUROEULX (2020), «*Évaluation de la fiabilité des systèmes modélisés par arbres de défaillances grâce aux techniques de satisfiabilité* », thèse Doctorat, Université de Lorraine.
- [12] : BTS Maintenance des systèmes, « *STRATEGIE De MAINTENANCE* », cours  
<http://yansohmpro.legtux.org/Files/Other/ORGANISATION%20DE%20MAINT/Strategie%20de%20saint%20vue%20d%20ensemble.pdf>

- [13] :BOUBAKRI MOHAMED LAMINE & DJAIDJA OMAR ANAS(2017), « *Une approche d'amélioration du service maintenance basée sur les réseaux des files d'attente* », mémoire de pfe, Université Mohamed Boudiaf - M'sila.
- [14] : Rivière, N. (2003). « *Modélisation et analyse temporelle par réseaux de Petri et logique linéaire* », thèse de doctorat, INSA de Toulouse.
- [15] :Vincent Augusto (2012/2013), « *Réseau de Pétri* », cours, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne.
- [16] :Claude Kaiser(2001), « *Les Réseaux De Petri* », cours.
- [17] : Mourrai, I. (2006), « *Étude des systèmes de production automatisée soumis à des aléas* » thèses de doctorat, université de Metz, France.
- [18] :Tahar Askri, « *Automatismes Industriels* », cours, université Batna 2.
- [19] : Joffrey Clarhaut, (2009) « *Prise en compte des séquences de défaillances pour la conception de systèmes d'automatisation. Application au ferroutage. Automatique / Robotique* ». Thèse de doctorat, Université des Sciences et Technologie de Lille, Français.
- [20] :BOUSSEROUEL, M., & BENKADDOUR, S. E (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* », mémoire de Master, université Abou Baker Belkaid Tlemcen.
- [21]:Alain GONZAGA (2004), « *Les automates programmables industriels* », PDF téléchargé du [www. geea.Org](http://www.geea.org).
- [22] :HASSAM Ahmed(2022) « *Les pré actionnaires dans les systèmes automatisés de production (SAP)* » cours, université Abou Baker Belkaid ,Tlemcen
- [23] : HASSAM Ahmed(2022) « *introduction aux systèmes automatisés de production* » cours, université Abou Baker Belkaid, Tlemcen
- [24] :FESTO,« *Automatisation industrielle : Systèmes d'apprentissage et services pour la formation technique*, fiche technique

- [25] : Mohamed lamine BEYOUND (2018), « *Modélisation et Simulation d'un Système Industriel Automatisé Cas réel : le système MPS500 du laboratoire Productique MELT Université de Tlemcen*, mémoire master »université de Tlemcen.
- [26] :HARIDI, M. T., & MERDACI, S. (2018), « *Etude et Supervision d'un Système MPS via Logiciel Wincc Flexible. Cas réel : le système MPS500 du laboratoire Productique MELT Université de Tlemcen* », Mémoire Master, Université de Tlemcen.
- [27] : AMARA, Z., & DJELLOUL DAOUADJI, I.(2019), « *Emulation pour la supervision: étude approfondis du système MPS500 du Festo didactique* » , Mémoire Master, université de Tlemcen.
- [28] : BENYOUCEF, S., &Mebarka, N. O. U. R (2020), « *Commande et supervision d'une station de livraison du système MPS500 via émulateur CIROS* », Mémoire Master, Université de Tlemcen.

## Résumé

De nos jours la sûreté de fonctionnement est devenue un concept clé pour les entreprises industrielles car elle désigne la capacité d'un système à fonctionner de manière sûre et fiable dans toutes les conditions d'utilisations. Pour cela elles cherchent de mettre en place des mesures pour garantir la sûreté de fonctionnement de leurs équipements et leurs processus de production. Dans ce manuscrit nous avons appliqué deux méthodes de la sûreté de fonctionnement la méthode AMDEC et la méthode Arbre de défaillance, sur un système de production réel afin d'analyser son mode de dysfonctionnement. Le système étudié est les systèmes modulaire MPS500 situé au niveau de laboratoire MELT de Tlemcen. Notre étude de sûreté de fonctionnement nous a permis de proposer un ensemble des actions préventives et/ou correctives qui permettent non seulement de garder le bon fonctionnement de notre système de production mais aussi d'aider les ingénieurs et les techniciens de prendre les bonnes décisions.

**Mots clés :** Sûreté de fonctionnement, Système MPS500, AMDEC, Arbre de défaillance.

## ملخص

اليوم، أصبحت السلامة التشغيلية مفهومًا رئيسيًا للشركات الصناعية لأنها تعني قدرة النظام على العمل بأمان وموثوقية في ظل جميع ظروف التشغيل. وتحقيقًا لهذه الغاية، يسعون إلى وضع تدابير لضمان التشغيل الآمن لمعداتهم وعمليات إنتاجهم. في هذه المخطوطة طبقنا طريقتين لسلامة التشغيل، طريقة AMDEC وطريقة Fault Shaft، على نظام إنتاج حقيقي لتحليل طريقة عطلها. النظام الذي تمت دراسته هو النظام MPS500 الموجود على مستوى مختبر MELT Tlemcen سمحت لنا دراسة السلامة التشغيلية الخاصة بنا باقتراح مجموعة من الإجراءات الوقائية و/أو التصحيحية التي لا تحافظ على نظام الإنتاج لدينا يعمل بسلاسة فحسب، بل تساعد أيضًا المهندسين والتقنيين على اتخاذ قرارات جيدة. **الكلمات المفتاحية:** التشغيل الآمن، نظام MPS500، AMDEC، شجرة الاعطال.

## Abstract

Nowadays, dependability has become a key concept for industrial companies as it refers to the ability of a system to operate safely and reliably under all operating conditions. For this reason, they seek to implement measures to guarantee the reliability of their equipment and their production processes. In this manuscript, we have applied two methods of operational safety the FMECA method and the Fault Tree method, on a real production system in order to analyze its malfunctioning mode. The system studied is the modular system MPS500 located at the laboratory MELT Tlemcen. Our study of dependability has allowed us to propose a set of preventive and / or corrective actions that can not only keep the proper functioning of our production system but also help engineers and technicians to make the right decisions.

**Key words:** Dependability, MPS500 system, FMECA, Fault Tree.