

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES**



Faculté de Technologie  
Département Génie Mécanique



## **Mémoire de Master**

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER** en :

**Filière : ELECTROMECHANIQUE**

**Spécialité : MECATRONIQUE**

### **THEME**

**Etude AMDEC du tour TRAUB TNA 500  
Avec Analyse qualitative et quantitative des  
modes de défaillances et leurs effets.**

**Présenté par:**

- NEGGAD SOUHEIL
- ABIDALLAH HOUSSAM

**Promoteur:**

Mr.B. CHEBOUBA

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# Remerciement

Nous tenons à remercier dans un premier temps, le bon dieu le tout puissant pour le courage, la patience et la santé Qu'il nous a donné pour suivre nos études et pour accomplir ce travail.

Nous commencerons volontiers par rendre hommage à toutes celles et à tous ceux, sans exception, qui ont contribué de près ou de loin à favoriser ce travail.

Nous exprimons notre gratitude et tout notre respect à notre promoteur **Mr.CHEBOUBA**, de nous avoir suivies tout au long de notre travail.

Nous exprimons notre profonde reconnaissance, aux membres du jury pour l'effort qu'ils feront dans le but d'examiner ce travail.

Nous remercions tout le personnel de SNVI ; **Mr. IFRAN, Mr. BODINA**, et toute l'équipe de travail.

Enfin, Nous tenons expressément et chaleureusement à remercier nos parents pour leur soutien et leurs encouragements tout au long de nos études.

# Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents qui m'ont toujours soutenu tout au long de ma vie,  
qui m'ont orienté dans le bon chemin et qui ont tout fait pour que je  
réussisse, Que Dieu les bénisse et les garde.

A ma grand-mère et grand-père et mes sœurs qui sont mes points d'appuis  
dans la vie.

A toute ma famille (NEGGAD & LASNAMI).

A tous mes amis sans exception.

A toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation  
de ce travail.

A toute la promotion 2023 /2024.

**NEGGAD SOUHEIL**

# Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents qui m'ont toujours soutenu tout au long de ma vie,  
qui m'ont orienté dans le bon chemin et qui ont tout fait pour que je  
réussisse, Que Dieu les bénisse et les garde.

A toute ma famille (ABIDALLAH & BENMEZIAN).

A tous mes amis sans exception.

A toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation  
de ce travail.

A toute la promotion 2023 /2024.

**ABIDALLAH HOUSSAM**

# Résumé

## Résumé

La maintenance industrielle prend une importance croissante et se révèle être une fonction clé des entreprises de production moderne. Ce travail vise à décrire la machine TRAUB TNA 500 en utilisant l'analyse fonctionnelle, la méthode AMDEC, le diagramme d'Ishikawa, et à élaborer une stratégie pour la mise en place d'un plan de maintenance. Ce plan intégrera des actions préventives et correctives afin de réduire les risques opérationnels et les coûts, optimisant ainsi la performance de la machine et contribuant à une gestion efficace et compétitive en matière de fiabilité et de maintenance.

**Mots clés:** machine TRAUB TNA 500, Analyse fonctionnelle, AMDEC, Diagramme d'Ishikawa, Plan de maintenance, fiabilité, maintenance.

## Abstract

Industrial maintenance is becoming increasingly important and proves to be a key function of modern production companies. This work aims to describe the TRAUB TNA 500 machine using functional analysis, AMDEC method, Ishikawa diagram, and to develop a strategy for implementing a maintenance plan. This plan will integrate preventive and corrective actions to reduce operational risks and costs, thereby optimizing machine performance and contributing to effective and competitive management.

**Keywords:** TRAUB TNA 500 machine, Functional analysis, FMEA, Ishikawa diagram, Maintenance plan, reliability, maintenance.

## ملخص

الصيانة الصناعية تكتسب أهمية متزايدة وتثبت أنها وظيفة رئيسية في شركات الإنتاج الحديثة. يهدف هذا العمل إلى وصف آلة TRAUB TNA 500 باستخدام التحليل الوظيفي، وطريقة AMDEC، ورسم إيشيكوا، ووضع استراتيجية لإنشاء خطة صيانة. ستدمج هذه الخطة إجراءات وقائية وتصحيحية لتقليل المخاطر التشغيلية والتكاليف، وتحسين أداء الآلة والمساهمة في إدارة فعالة وتنافسية في مجالات الاعتمادية والصيانة.

**كلمات مفتاحية:** آلة TRAUB TNA 500، التحليل الوظيفي، AMDEC، مخطط إيشيكوا، خطة الصيانة، الوثوقية، الصيانة.

# SOMMAIRE

<b>Chapitre I : Présentation de l'entreprise GPIM EX SNVI :</b>	<b>10</b>
I.1 Introduction:	10
I.2 Présentation de GPIM ex S.N.V.I :	11
I.2.1 Quelques produits de GPIM CIR ROUIBA :	12
I.3 Filiale Fabrication Mécanique Rouïba FMR EX V.I.R :	14
I.4 LE TOUR Horizontal TRAUB TNA 500 :	15
I.4.1 Tour à commande numérique TRAUB TNA 500 :	15
I.4.2 Fiche technique :	16
I.4.3 Caractéristique de tour TRAUB TNA 500	17
I.4.4 Les qualités :	17
I.4.5 Structure de la machine :	18
I.5 Conclusion	24
<b>Chapitre II : Maintenance et sûreté de fonctionnement :</b>	<b>26</b>
II.1 Introduction:	26
II.2 Définition de la maintenance:	27
II.2.1 Les missions de la maintenance :	27
II.2.2 Les objectifs de la maintenance :	28
II.2.3 Les actions de la maintenance :	29
II.3 Les type de maintenance:	29
II.3.1 La Maintenance préventive :	29
II.3.2 La Maintenance corrective :	32
II.4 Définition et objectif du diagnostic et de la défaillance :	34
II.4.1 Diagnostic :	34
II.4.2 Définition :	34
II.4.3 Objectif du diagnostic :	34
II.4.4 La défaillance :	35
II.5 Sûreté de fonctionnement:	36
II.5.1 Introduction :	36
II.5.2 Qu'est-ce que la Sûreté de fonctionnement :	36
II.5.3 Principaux concepts de la sûreté de fonctionnement :	36
II.5.4 La fiabilité :	37

II.5.5	Maintenabilité :	41
II.5.6	Disponibilité :	42
II.5.7	La Sécurité :	42
II.6	Méthodes d'analyse de sûreté de fonctionnement :	43
II.6.1	Introduction :	43
II.6.2	Définition :	43
II.6.3	Méthodes d'analyse de sdf :	44
II.7	Entrave:	45
II.8	Les moyens:	46
II.9	Conclusions:	47
<b>Chapitre III : Outils d'analyse qualitative et quantitative des modes de défaillances. .49</b>		
III.1	Introduction:	49
III.2	Présentation de l'AMDEC:	50
III.2.1	L'histoire de l'AMDEC :	51
III.2.2	Principe AMDEC :	53
III.2.3	Le but de l'AMDEC :	53
III.2.4	Les principales caractéristiques de cette méthode sont les suivantes :	54
III.2.5	Avantages de l'AMDEC :	54
III.2.6	Les étapes d'application :	55
III.3	Les types d'A.M.D.E.C :	56
III.3.1	Procédé :	56
III.3.2	Moyens de production :	56
III.3.3	Sécurité :	56
III.3.4	Conception :	56
III.3.5	Produit :	56
III.3.6	Organisation :	56
III.4	La méthode AMDEC en huit étapes :	57
III.5	Les limites de l'AMDEC:	60
III.6	Présentation de tableau AMDEC :	61
III.7	Conclusion:	66
<b>Chapitre IV: Application la méthode AMDEC sur la machine TNA 500.....68</b>		
IV.1	Introduction:	68
IV.2	L'analyse fonctionnelle d'un tour TRAUB TNA 500 :	69

IV.3	Analyse externe : .....	70
IV.3.1	Diagramme bête à cornes : .....	70
IV.3.2	Figure de fonctions de services : .....	70
IV.3.3	Diagramme de pieuvre (diagramme d'interactions) : .....	73
IV.4	Analyse interne : .....	74
IV.4.1	Technique du système d'analyse fonctionnelle « FAST » : .....	74
IV.5	Choix de l'échelle de cotation : .....	75
IV.5.1	Échelle de gravité G: .....	75
IV.5.2	Échelle de fréquence F: .....	75
IV.5.3	Échelle de non détection D: .....	76
IV.6	Application de la méthode AMDEC : .....	78
IV.7	Résultats de l'étude AMDEC : .....	85
IV.8	Diagrammes d'Ishikawa: .....	88
IV.9	Actions correctives et préventives proposées et Recommandations : .....	89
IV.9.1	Actions correctives et préventives proposées : .....	89
IV.9.2	Recommandations : .....	89
IV.10	Stratégie de mise en place d'un plan de maintenance : .....	91
IV.10.1	Objectifs : .....	91
IV.10.2	Conditions d'établissement : .....	91
IV.10.3	Principales actions intégrées au plan de maintenance : .....	92
IV.10.4	Démarche à entreprendre : .....	92
IV.10.5	Stratégie de mise en place d'un plan de maintenance : .....	95
IV.10.6	Définition des périodicités : .....	95
IV.10.7	Mettre en place un programme d'entretien préventif : .....	96
IV.10.8	Choisir les équipements à entretenir : .....	97
IV.10.9	Choisir le type d'entretien pour ces équipements : .....	99
IV.10.10	Contrôler l'inventaire des pièces de rechange : .....	101
IV.10.11	Aspect organisationnel : .....	102
IV.11	Conclusion : .....	102

# LISTE DES FIGURES

## Chapitre I : Présentation de l'entreprise GPIM EX SNVI

<b>Figure 1:</b> Entreprise SNVI.....	11
<b>Figure 3:</b> K66 Plateau.....	12
<b>Figure 4:</b> M120 transport de troupes .....	13
<b>Figure 5:</b> Le Tour Horizontal TRAUB TNA 500 .....	15
<b>Figure 6:</b> Bâti de tour CNC « TRAUB TNA 500 » .....	18
<b>Figure 7:</b> La tourelle en étoile .....	19
<b>Figure 8:</b> La tourelle à disque.....	20
<b>Figure 9:</b> La commande CNC .....	23

## Chapitre II : Maintenance et sûreté de fonctionnement :

<b>Figure 14:</b> Représente les actions de la maintenance .....	29
<b>Figure 15:</b> Arbre de la sûreté de fonctionnement.....	37
<b>Figure 17:</b> courbe en baignoire .....	39
<b>Figure 18:</b> Système série .....	40
<b>Figure 19:</b> Système parallèle.....	40
<b>Figure 20:</b> Méthodes d'analyse de la Sdf.....	44

## Chapitre IV: Application la méthode AMDEC sur la machine TNA 500

<b>Figure 22 :</b> L'analyse fonctionnelle .....	69
<b>Figure 23 :</b> Diagramme bête à cornes.....	70
<b>Figure 24:</b> Fonctions de services.....	70
<b>Figure 25:</b> Fonctions de services « Partie mécanique » .....	71
<b>Figure 26:</b> Fonctions de services « Partie Hydraulique ».....	71
<b>Figure 27 :</b> Fonctions de services « Partie électrique et électronique » .....	72
<b>Figure 28 :</b> Diagramme de pieuvre.....	73
<b>Figure 29:</b> Technique du système d'analyse fonctionnelle « FAST » .....	74
<b>Figure 30 :</b> Histogramme des Criticités.....	87
<b>Figure 31:</b> Diagrammes d'Ishikawa « Défaillance de la tourelle ».....	88

# Liste des tableaux

## Chapitre I : Présentation de l'entreprise GPIM EX SNVI

<b>Tableau 1:</b> Fiche technique .....	16
---	----

## Chapitre III: Outils d'analyse qualitative et quantitative des modes de défaillances

<b>Tableau 2:</b> Analyse des modes de défaillance de leurs effets et leurs criticités.....	62
---	----

## Chapitre IV: Application la méthode AMDEC sur la machine TNA 500

<b>Tableau 3 :</b> Liste de fonction .....	73
<b>Tableau 4:</b> Echelle de gravité.....	75
<b>Tableau 5:</b> Echelle de fréquence.....	75
<b>Tableau 6:</b> Echelle de non-détection.....	76
<b>Tableau 7:</b> La matrice de la criticité (PxGxD).....	76
<b>Tableau 8:</b> Application Amdec Partie Mécanique .....	78
<b>Tableau 9 :</b> Application Amdec Partie Mécanique .....	79
<b>Tableau 10 :</b> Application Amdec Partie Hydraulique .....	80
<b>Tableau 11 :</b> Application Amdec Partie Hydraulique .....	81
<b>Tableau 12 :</b> Application Amdec Partie Hydraulique .....	82
<b>Tableau 13 :</b> Application Amdec Partie Electrique et électronique .....	83
<b>Tableau 14 :</b> Application Amdec Partie Electrique et électronique .....	84
<b>Tableau 15 :</b> Classement des éléments selon leur criticité.....	85
<b>Tableau 16 :</b> Représentation la criticité des pièces par ordre décroissante.....	86
<b>Tableau 17 :</b> Tableau de maintenance de la machine pour les défaillances les plus critiques .....	89
<b>Tableau 18 :</b> Gamme d'entretien préventive.....	94
<b>Tableau 19 :</b> Stratégies de maintenance préventive .....	99
<b>Tableau 20 :</b> Exemple du Choix du type d'entretien .....	100

# Nomenclatures

**SNVI** : L'Entreprise Nationale des Véhicules Industriels

**GPIM** : Groupe des Industries Mécaniques

**Ediv** : l'entreprise du développement des industries des véhicules

**FMR** : Filiale Fabrication Mécanique Rouïba FMR

**CNC** : Commande Numérique par Ordinateur

**MTTF** : La durée moyenne sans panne

**MTBF** : la moyenne des temps de bon fonctionnement entre défaillances consécutives

**Sdf** : La Sûreté de Fonctionnement

**AF** : L'Analyse Fonctionnelle

**AMDEC** : L'Analyse des Modes de défaillances, de leurs Effets et de leurs Criticité

**AdD** : L'arbre de défaillance

**RdP** : Le réseau de pétri

**BDF** : Le Bloc Diagramme de Fiabilité

**TQM** : Total Qualité Management

**FAST** : Technique du système d'analyse fonctionnelle

**DTE** : dossier technique d'équipement

**TTR** : Temps de Travail Réduits

**TBF** : temps de bon fonctionnement

**GMAO** : Système de gestion de la maintenance assistée par ordinateur

**FMD** : Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité

**S** : sécurité

**C** : criticité

**$\mu(t)$**  : Taux de réparation

**$F(t)$**  : La fonction de répartition

**$R(t)$**  : La fonction de fiabilité

**$\lambda(t)$**  : Taux de défaillance

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

Dans de nombreux secteurs industriels, la sûreté de fonctionnement est un enjeu majeur pour assurer une compétitivité optimale de l'outil de production. En effet, la sûreté de fonctionnement englobe des notations essentielles telles que : la fiabilité, la disponibilité, la maintenabilité et la sécurité de tout système industriel produisant des biens ou des services.

Parmi les facteurs qui contribuent au maintien et à l'amélioration de la fiabilité des installations industrielles complexes, les méthodes d'analyse représentent des leviers importants, la FAST, la SADT, l'arbre de défaillance, le diagramme cause-effet et l'AMDEC. La technique AMDEC que nous avons adoptée dans notre étude, est une méthode systématique d'identification et de recherche des faiblesses potentielles d'une conception ou d'un processus de production.

Le présent travail, en quatre chapitres, vise à mettre en place un plan de maintenance préventive. Nous présenterons dans le premier chapitre l'entreprise G.P.I.M ex S. N. V. I.

Dans le deuxième chapitre nous avons fait un rappel actuel des généralités sur la maintenance et sûreté de fonctionnement, et ce qui doit être fait correctement pour maintenir les machines en bon état.

Dans le troisième chapitre nous apprendrons ce qu'est l'A.M.D.E.C, et nous l'étudierons sous tous ses aspects et connaîtrons l'étendue de son importance dans le monde industriel.

Le dernier chapitre est consacré à l'analyse fonctionnelle, qui consiste à rappeler la méthode AMDEC et son application à notre machine, le Traub TNA 500. Enfin, nous terminons notre travail par un plan de maintenance préventive

**Chapitre I :**  
**Présentation de**  
**l'entreprise GPIM EX SNVI**

**Chapitre I : Présentation de l'entreprise GPIM EX SNVI :****I.1 Introduction:**

Dans ce chapitre, nous mettons en lumière une entreprise de renommée nationale que nous sommes fiers d'avoir choisie comme partenaire pour notre étude. Cette entreprise est un acteur majeur de l'industrie mécanique en Algérie, ayant su s'imposer dès sa création en tant que leader régional dans son domaine. Elle a su construire une réputation solide grâce à la qualité de ses produits et à son service après-vente performant.

Nous parlerons également de la division qui accueillera notre stage, à savoir la Filiale Fabrication Mécanique Rouïba (FMR). Créée suite au transfert de la SNVI au secteur économique de l'ANP, FMR est une société publique économique spécialisée dans : la fabrication de machines-outils, d'outils mécaniques, d'organes mécaniques, notamment des équipements de soudure, le façonnage mécanique, la fabrication et l'installation de véhicules, d'équipements, d'accessoires et de pièces de rechange pour les voitures, ainsi que la fabrication et le traitement de fonte, la forge et la menuiserie métallique.

Ensuite, nous parlerons de la machine TRAUB TNA 500 est un tour automatique universel reconnu pour sa précision et son efficacité dans les opérations de tournage à grande échelle, cette machine est dotée d'une structure robuste en fonte minérale, ainsi que connue pour son fonctionnement précis.

## I.2 Présentation de GPIM ex S.N.V.I :

L'Entreprise Nationale des Véhicules Industriels (SNVI), est une Entreprise Publique Economique constituée en société par actions depuis mai 1995, produit et commercialise des véhicules industriels

L'Entreprise nationale de véhicules industriels (SNVI) a pour vocation la conception, la fabrication, la commercialisation et le soutien après-vente d'une importante gamme de produits. Au capital social de 2.200.000.000 DA, détenu en totalité par l'Etat algérien, la SNVI construit des camions et camions-tracteurs, autocars, des autobus, des équipements de carrosserie industrielle et des équipements ferroviaires.

Trois qualités distinguent ce fleuron de l'industrie nationale de ses similaires sur le marché et expliquent son succès et sa force. Son organisation d'abord. " L'organisation de la société est adossée à des procédures ". La maîtrise de la technologie permet à " l'entreprise de faire de la conception, de la fabrication, du montage de véhicules industriels et de pièces de liaison mécanique " est une autre qualité de l'entreprise, La troisième qualité de la SNVI réside dans sa ressource humaine. " Nous avons une ressource humaine potentielle en termes de nombre, de qualité et de diversité ". [1]

Depuis 2021 la société nationale de véhicules industrielle connu sous label SNVI a cédé toutes ses participations dans les différentes filières mécaniques et fonderie à l'industrie militaire à savoir les Epic GPIM et Ediv. [2]



*Figure 1:* Entreprise SNVI

## I.2.1 Quelques produits de GPIM CIR ROUBA :

Il en existe de nombreux, dont nous citons quelques-uns :

### I.2.1.1 K66 Plateau :

- PTAC : 6 600 kg
- Moteur : CMT ou KHD F4L912
- Puissance : 73 ch
- Refroidissement : à air, BV : ZF S5 – 42
- Direction : ZF assistée
  - Utilisation :

Véhicule routier de servitudes destiné au transport de marchandises dans les agglomérations.

[1]



*Figure 2:* K66 Plateau

## I.2.1.2 M120 transport de troupes :

- PTAC: 10 000 kg
- Moteur: KHD F6L912
- Puissance : 110 ch
- Refroidissement : à air
- BV : ZF S5 – 42
- Direction : ZF Assistée
- Charge Utile : 4 850 kg
- Nombre de personnes : 12 + 03.
  - Utilisation :

Véhicule tout terrain, destiné au transport de troupe.

- CARROSSERIE :
  - Ridelles latérales ép. 2.5 mm, hauteur de 300 mm
  - Ridelles latérales démontables
  - Paroi avant fixe est d'une hauteur de 560 mm.
  - Porte arrière rabattable vers le bas est d'une hauteur de 560 mm. [1]



*Figure 3:* M120 transport de troupes

**I.3 Filiale Fabrication Mécanique Rouïba FMR EX V.I.R :**

Le complexe produit des camions de 6.6 à 26 tonnes de poids total en charge, des tracteurs routiers, des autocars et des autobus mettant en œuvre des technologies et des techniques d'élaboration telles que, l'estampage à chaud (forge), l'emboutissage, l'usinage, le taillage d'engrenage, la rectification et les traitements thermiques.

Capacité de production installée : 4 500 véhicules/an.

Cette filiale regroupe elle-même cinq (05) centres de production :

Forge : Obtention des bruts par déformation plastique à chaud,

Mécanique : produit des ponts, des essieux, des directions et des pièces de liaisons,

Tôlerie et Emboutissage : produit des cadres châssis, des cabines et des pièces de liaisons,

Montage Camions : assemble les camions,

Montage Autocars et Autobus : produit les caisses, les treillis et assemble les cars & bus et produit également des pièces en polyester. [3]

Les Prestations d'appui qui se localisent sur cette filiale sont :

- Centre informatique (système de GPAO /GMAO intégré).

Laboratoires de chimie, de métallurgie et de métrologie.

- Energies, fluides, maintenance.

- Centre Médico-social.

- Unité Etudes et Recherche (UER).

**I.4 LE TOUR Horizontal TRAUB TNA 500 :****I.4.1 Tour à commande numérique TRAUB TNA 500 :**

Les machines de la série TNA offrent à leur utilisateur de nombreux avantages au niveau méthodes, sélection et fabrication. Ces machines s'adaptent en effet parfaitement à tous cas, quels qu'ils soient, qu'il s'agisse de fabriquer des pièces uniques ou petites séries, des moyennes ou des grosses séries avec surveillance du procès et flux automatisé. [4]



**Figure 4:** Le Tour Horizontal TRAUB TNA 500

## I.4.2 Fiche technique :

Tableau 1: Fiche technique

Dimension de la machine :	
Longueur – Profondeur	5500 - 2287 mm
Hauteur	2147 mm
Poids	6800 kg
Puissance installée	42 kW
Broche principal :	
Passage de broche (diamètre de barres max.)	80 mm
Diamètre mandrin de serrage	250/315 mm
Longueur de décolletage	1000 mm
Circonférence S1 au-dessus chariot bâti / chariot Trans	680/445 mm
Diamètre de décolletage S1	460 mm
Nez de broche DIN 55026	A8taille
Axe C (avec moteur principal) :	
Vitesse de rotation max	80 tr/min
Couple max	544 Nm
Résolution électrique	0,001 degré
Entraînement principal (entraînement direct triphasé)	
Puissance	80 tr/min
Couple max	544 Nm
Plage de tournage maxi	2800 tr/min
Plage puissance constant	1 :4,5
Unité d'usinage :	
Postes d'outils queue cylindrique selon DIN 69880	12
Diamètre de queue	25 x 25 mm
Temps moyen de copeaux à copeaux	1,6 s
Temps d'indexage d'1 poste/autre	0,8/0,2 s
Entraînements avance tourelle :	
Vitesse rapide (axe X / Z)	15/20 m/min
Effort d'avance	8000 / 20000 N
Course d'avance	320 / 1070 mm
Entraînement outils tourelle :	
Nombre outils rotatifs	12
Puissance d'entraînement (25%)	6.6 KW
Couple max. (25%)	60,4 Nm

[5]

**I.4.3 Caractéristique de tour TRAUB TNA 500**

- Moteur principale à courant triphasé avec ou sans transmission.
- Couronne de tourelle pour le chariot supérieur avec 12 postes pour porte-outils fixes et entraînés. Totale liberté de configuration.
- Réservoir de liquide d'arrosage séparé avec pré filtrage du liquide.
- Bonne accessibilité et forme de construction lisse de réservoir de liquide facilitant son nettoyage et entretien.
- Armoire électrique pouvant être écartée de l'arrière de la machine.
- Glissières de guidage trempées, glissières des chariots revêtus d'un enduit spécial en plastique facilitant le glissement.
- Contre-pointe et lunettes blocables manuellement ou par leurs propres axes longitudinaux à CN.
- Pupitre de commande ergonomique pivotant. [8]

**I.4.4 Les qualités :**

- Bâti incliné, à moins de 45°, compact et résistant aux torsions et aux flexions
- Cratérisation sécurisée équipée de vitres (verre composite) en polycarbonate.
- Broche de travail statique et dynamique des plus rigides, en deux tailles, avec attachement cône court pour tout type de serrage classique en mandrin ou en pinces.
- Moteurs triphasés à haute densité, asservis, deux puissances disponibles avec ou sans boîte de vitesse.
- Tourelle à couronne à 12 postes pour queues cylindriques selon la DIN 69880-40 ou -50 avec logique de direction et arrosage par le centre
- Contrepointe embarquée à serrage automatique ou équipée d'un axe numérisé
- Lunette à blocage manuel ou axe numérisé
- Entraînement des outils rotatifs
- Bac de lubrifiant séparé avec filtration du lubrifiant en amont
- Détection de bris et de fin de vie des outils sans capteur. [5]

**I.4.5 Structure de la machine :****I.4.5.1 Bâti :**

Le bâti résistant aux torsions et la flexion est incliné à plus de 45°. Il supporte la poupée thermo symétrique et les glissières sur lesquelles sont accrochée les chariots longitudinaux, les lunettes et la contrepointe. La fiabilité de protection de ces glissières, trempées et rectifiées, contre toute pénétration de copeaux ou autre pollution est assurée.

Les rails de glisse des chariots font l'objet d'un revêtement spécial obtenu à la coulée et remplissent ainsi toutes les conditions nécessaires à un amortissement et une précision de positionnement de premier ordre. [5]



*Figure 5:* Bâti de tour CNC « TRAUB TNA 500 »

**I.4.5.2 Mandrin :****I.4.5.2.1 Dispositif de serrage :**

Le dispositif de serrage comprend les quatre sous-ensembles suivants :

1. Cylindre de serrage
2. Tube de serrage (tube de traction et de poussée).
3. Moyen de serrage (mandrin).
4. Contrôle de sécurité électrique de la course de serrage. [5]

## I.4.5.3 Les supports d'outils disponibles :

2 différents supports d'outils sont disponibles pour le TRAUB TNA 500.

Jusqu'à 12 / 18 outils fixes ou entraînés peuvent être installés sur les porte-outils. [7]

### I.4.5.3.1 La tourelle en étoile :

Les tourelles en étoile se distinguent en particulier par leur denture W INDEX brevetée et assurent une reproductibilité élevée lors du changement d'outils.

- Logements d'outil VDI 30 / VDI 40
- Temps d'équipement et de réglage courts
- Les rainures en W assurent une reproductibilité élevée
- Augmentation de la durée de vie des plaques de coupe
- Compatible DIN 69880
- Possibilité d'un usinage de la face arrière
- Jusqu'à 18 outils rendent possibles de nombreux usinages sur la broche principale et la contre broche. [7]



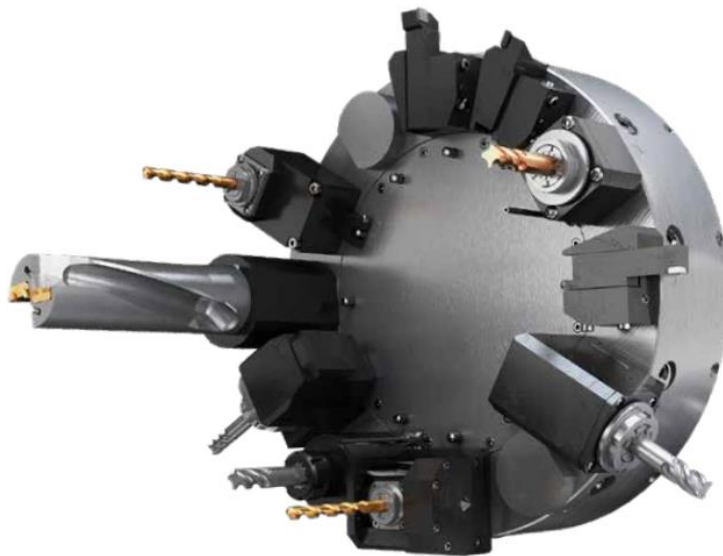
*Figure 6:* La tourelle en étoile

## I.4.5.3.2 La tourelle à disque :

Grâce à la structure orientée vers la broche principale, la tourelle à disque est parfaite pour un usinage puissant.

Grâce à la structure orientée vers la broche principale, la tourelle à disque est parfaite pour un usinage puissant.

- Logement d'outil VDI 40.
- Idéal pour l'utilisation de forets pleins de grandes dimensions, puisque les forces peuvent agir directement sur la pièce à usiner.
- Stabilité élevée grâce au flux direct de la force.
- 12 outils fixes ou entraînés. [7]



*Figure 7:* La tourelle à disque

**I.4.5.4 Axe C :**

Pour l'usinage complet il existe pour les machines de la série TNA un axe C disponible en deux versions différentes :

Avec son propre servomoteur et un engrenage à vis sans fin pour une précision irréprochable à haut régime.

Ou en se servant du moteur principal avec frein de broche.

Les deux versions de l'axe C permettent un arrêt précis de la broche principale à n'importe quel degré pour les opérations de perçage et de fraisage sur pièce à l'arrêt. [5]

**I.4.5.5 Entraînement principal :**

L'entraînement principal, un servomoteur AC très puissant a été conçu spécialement pour cette gamme de pièces. Avec 31 kW sur la TNA500 plus une boîte de vitesses à 2 gammes, la marge de puissance disponible suffit amplement à maîtriser sans effort même les opérations de décolletage les plus lourdes. La boîte de vitesse élargit considérablement la plage de puissance constante. [5]

**I.4.5.6 Entraînements d'avance :**

Le moteur servo hautement dynamiques, protégés par des accouplements de surcharge électroniques (ECS) ; l'asservissement et le système de mesure absolu permettent une exécution ultra rapide des ordres de déplacement des axes prescrits par la commande

L'avantage :

- Positionnement et déplacement rapides et précis des outils.
- Grande précision des contours.
- Très bons états de surface.
- Suppression de la prise de référence en début d'équipe. [5]

**I.4.5.7 Entraînement des outils :**

Les 12 postes d'outils de la tourelle peuvent tous être équipés au choix d'outils de perçage, de fraisage ou de filetage. Ils sont entraînés par un moteur triphasé et une boîte de vitesse. Bien sûr, seul l'outil en position de travail est entraîné. [9]

**I.4.5.8 Contre-pointe :**

Cette solide contrepointe est guidée sur la glissière du bas. Son blocage est hydraulique, la pression de serrage du fourreau est réglable en continu.

Pour la positionner la contrepointe est accouplée hydrauliquement au chariot longitudinal du haut ou, au choix, par un axe CN supplémentaire. [5]

**I.4.5.9 Lunettes :**

Il existe plusieurs versions de lunettes pour usiner les arbres couvrant de larges plages de travail. Elles se montent sur la glissière du bas et peuvent être au choix fixes ou embarquées avec un axe numérisé. [5]

**I.4.5.10 Groupe hydraulique :**

Le groupe hydraulique se trouve sur la face avant gauche de la machine. On accède au bloc distributeur hydraulique après avoir déposé le recouvrement.

Dans le recouvrement, il y a une plaquette sur les cycles hydrauliques sont représentés avec des symboles. Les éléments munis d'un numéro de position sont repérés avec le même numéro dans le schéma hydraulique et dans la nomenclature.

Une pompe de réglage refoule l'huile hydraulique. Le volume refoulé se module pour chaque état de fonctionnement.

Un accumulateur empêche des variations ou chutes de pression soudaines qui pourraient entraîner des anomalies. L'accumulateur est protégé par un limiteur de pression qui réglé sur 80 bar. [8]

**I.4.5.11 Convoyeur de copeaux :**

Le convoyeur transporte les copeaux hors de la zone de travail. Les chutes ne doivent être évacuées que par le récupérateur de pièces, sinon les recouvrements du banc et le convoyeur de copeaux risquent d'être endommagé. [8]

**I.4.5.12 La commande CNC :**

- IHM clair avec dialogues de programmation, d'édition, de mise au point et de conduite.
- Conduite de dialogue assistée par graphes même pour le réglage.
- Contrôle visuel des éventuelles situations de collision grâce à la simulation graphique de process GPS. [5]



*Figure 8:* La commande CNC

**I.5 Conclusion**

En effet, la filiale FMR de la GPIM EX SNVI excelle dans la maîtrise de ses compétences organisationnelles clés. L'avantage compétitif de FMR découle de manière significative de la combinaison stratégique de ces compétences, fruit d'un apprentissage collectif continu tout au long de l'histoire de l'entreprise. La valeur ajoutée de FMR réside dans sa capacité à orchestrer efficacement ces compétences pour optimiser ses processus de production. De plus, FMR se distingue par sa capacité à promouvoir la coopération et la synergie entre les différentes expertises individuelles, renforçant ainsi sa position en tant que leader dans la fabrication de véhicules industriels en Algérie.

Dans ce chapitre, notre objectif été de décrire l'organisme d'accueil et description de l'organisation mère et de son historique d'une part, et détaillant une de ses machines TRAUB TNA 500, connue pour son fonctionnement précis, Et expliquer ses composants et ses caractéristiques.

Dans le chapitre suivant, nous focaliserons notre étude au Maintenance et sûreté de fonctionnement, et ce qui doit être fait correctement pour maintenir les machines en bon état.

# **Chapitre II :**

## **Maintenance et sûreté de fonctionnement :**

**Chapitre II : Maintenance et sûreté de fonctionnement :****II.1 Introduction:**

La maintenance et la sûreté de fonctionnement sont essentielles dans l'industrie pour assurer la fiabilité, la sécurité et l'efficacité des systèmes mécaniques et technologiques. La maintenance, qu'elle soit préventive, corrective ou prédictive, maintient les équipements en bon état, minimise les arrêts de production et améliore leur durabilité. La sûreté de fonctionnement se concentre sur la prévention des incidents critiques, la gestion des risques et la sécurité des opérations industrielles, garantissant ainsi la continuité et la sécurité des processus.

Dans ce chapitre, nous explorons d'abord l'importance de la maintenance pour maintenir les systèmes industriels efficaces et sécurisés.

Ensuite, nous abordons la sûreté de fonctionnement, qui assure la fiabilité et la sécurité des opérations en prévenant les défaillances et en maintenant la disponibilité des équipements.

**II.2 Définition de la maintenance:**

Une première définition normative de la maintenance fut donnée par l'AFNOR en 1994 (norme NFX 60-010), à savoir : « l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé ». Depuis 2001, elle a été remplacée par une nouvelle définition, désormais européenne (NF EN 13306 X 60-319) : « Ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise ». [8]

- **Maintenir** : contient la notion de « prévention » sur un système en fonctionnement.
- **Rétablir** : contient la notion de « correction » consécutive à une perte de fonction.
- **État spécifié ou service déterminé** : implique la prédétermination d'objectif à atteindre, avec quantification des niveaux caractéristiques.
- **Coût optimal** : qui conditionne l'ensemble des opérations dans un souci d'efficacité.

**II.2.1 Les missions de la maintenance :**

La maintenance ne se limite plus à sa simple remise en état d'un bien. Il doit à travers cette mission satisfaire les besoins de la production :

- Améliorer la qualité des équipements de la production.
- Améliorer l'interface production - maintenance, c'est-à-dire connaître et appliquer les méthodes et outils pour améliorer la communication (MPT (Maintenance Productive Totale), GMAO).
- Obtenir le coût global minimal pour les équipements.
- Se mettre en conformité avec la législation sur la sécurité.
- Se mettre en conformité avec la législation sur l'environnement.
- Participer à la qualité des produits fabriqués.
- Participer à l'amélioration des coûts de fabrication. [9]

**II.2.2 Les objectifs de la maintenance :**

Faire prendre conscience des défis liés à la collaboration entre tous les services de l'usine afin d'améliorer la sécurité de fonctionnement et la fiabilité des installations. Contribuer à la connaissance des pratiques et des politiques les plus récentes en matière de gestion des équipements de production

Mieux communiquer et comprendre les services de maintenance et de production.

Les travaux maintenance sont prévus pour :

- Diminuer les coûts de la maintenance.
- Réduire les temps d'arrêt de la production.
- Maintenir les équipements dans un état acceptable.
- Assurer la sécurité et les conditions de travail.
- Obtenir un rendement maximal.
- Augmenter la disponibilité des équipements.
- Garantir la qualité du produit.
- Améliorer la gestion des stocks.
- L'organisation et la planification judicieuse des opérations de maintenance.
- Conseiller la direction de l'entreprise et les autres départements tels que la fabrication, les achats et le développement.
- La suivie informatique de l'évolution dans le temps du matériel.

II.2.3 Les actions de la maintenance :

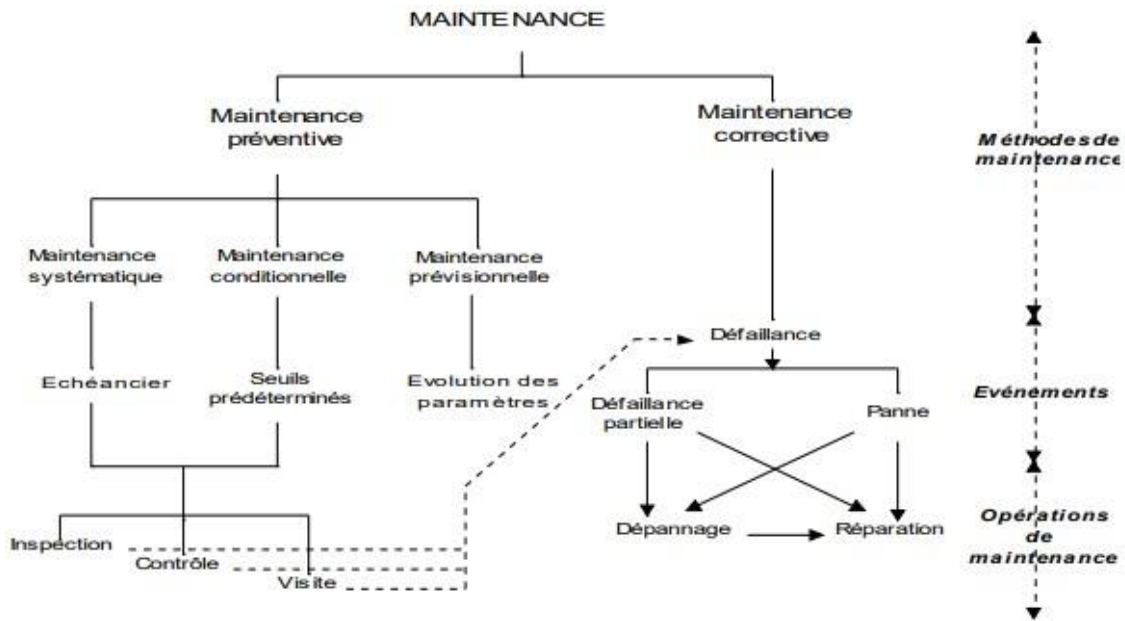


Figure 9: Représente les actions de la maintenance

II.3 Les type de maintenance:

La maintenance dispose de deux principales de méthodes, chacune d’entre elles correspondant à un concept particulier :

II.3.1 La Maintenance préventive :

Maintenance effectuée selon des critères prédéterminés, dont l’objectif est de réduire la probabilité de défaillance d’un bien ou la dégradation d’un service rendu. Elle correspond à une attitude proactive, autrement dit la maintenance préventive est effectuée soit pour des raisons de sûreté de fonctionnement (les conséquences d’une défaillance sont inacceptables), soit pour des raisons économiques (cela revient moins cher) ou parfois pratiques (l’équipement n’est disponible pour la maintenance qu’à certains moments précis).

### II.3.1.1 Les objectifs de la maintenance préventive :

- Augmenter la durée de vie du matériel.
- Diminuer les temps d'arrêt en cas de révision ou de panne.
- Prévenir et aussi prévoir les interventions coûteuses de maintenance corrective.
- Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions.
- Eviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, etc.....
- Améliorer les conditions du travail du personnel de production.
- Diminuer le budget de maintenance.
- Supprimer les causes d'accidents graves.
- On distingue deux formes particulières de maintenance préventive :

#### II.3.1.1.1 Maintenance préventive systématique :

C'est l'ensemble des actions destinées à restaurer en totalité ou partiellement, la marge de résistance des matériels non défaillants, lorsque ces tâches sont décidées en fonction du temps ou la production, sans considération de l'état des matériels à cet instant. (Remplacement des fluids, filter...etc.)

#### Cas d'application:

- Equipements soumis à une législation en vigueur (sécurité réglementée) : appareils de levage, extincteurs, réservoirs sous pression, convoyeurs, ascenseurs, monte-charge, etc.
- Equipements dont la panne risque de provoquer des accidents graves : tous les matériels assurant le transport en commun des personnes, avions, trains, etc.
- Equipement ayant un coût de défaillance élevé : éléments d'une chaîne de production automatisée, processus fonctionnant en continu (industries chimiques ou métallurgiques).
- Equipements dont les dépenses de fonctionnement deviennent anormalement élevées au cours de leur temps de service : consommation excessive d'énergie, éclairage par lampes usagées, allumage et carburation déréglés (moteurs thermiques), etc...

### II.3.1.1.2 Maintenance préventive conditionnelle :

Maintenance prédictive (terme non normalisé), C'est la maintenance préventive Subordonnée à un type d'événement prédéterminé (auto diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc....).

D'après la norme AFNOR X60-010, la maintenance conditionnelle se définit comme " Une maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé (autodiagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure).

Tout le matériel est concerné, cette maintenance préventive conditionnelle se fait par des mesures pertinentes sur le matériel en fonctionnement.

Les paramètres mesurés peuvent porter sur :

- Le niveau et la qualité de l'huile.
- Les températures et les pressions.
- La tension et l'intensité du matériel électrique.
- Les vibrations et les jeux mécaniques.
- Le matériel nécessaire pour assurer la maintenance préventive conditionnelle devra être fiable pour ne pas perdre sa raison d'être. Il est souvent onéreux, mais pour des cas bien choisis, il est rentabilisé rapidement.

### II.3.1.1.3 Les avantages et inconvénients de la maintenance préventive :

**Avantages de la maintenance préventive :**

- Bonne préparation de l'intervention.
- Durée d'immobilisation minimisée.
- Facilité de programmation et de planning des travaux.

**Inconvénients de la maintenance préventive :**

- Frais de gestion de stocks importants.
- Charges supplémentaires dues à la disponibilité du personnel d'entretien et sa fonction.

### II.3.2 La Maintenance corrective :

Ensemble des activités réalisées après la défaillance d'un bien ou la dégradation de sa fonction pour lui permettre d'accomplir une fonction requise ou moins provisoirement, ces activités comportent notamment la localisation de la défaillance et son diagnostic, la remise en état avec ou sans modification, le contrôle de bon fonctionnement.

#### II.3.2.1 Les objectifs de la maintenance corrective :

- La mise en marche provisoire de l'équipement.
- Une amélioration éventuelle, visant à éviter la répétition de panne ou à minimiser ses effets sur le système.
- Mise en mémoire de l'intervention permettra une amélioration ultérieure.

Elle se subdivise en:

- **Maintenance palliative** : correspond au **dépannage**. Elle consiste à remettre provisoirement une machine ou un outil en état, dans l'attente de sa réparation. La maintenance palliative permet d'éviter l'arrêt totale de production, on parle alors de reprise de production en mode « dégradé ».
- **Dépannage** : actions physiques exécutées pour permettre à un bien d'accomplir sa fonction requise pendant une durée limitée jusqu'à ce que la réparation soit exécutée.
- **Maintenance curative** : répare les causes et conséquences de la panne, Contrairement à la maintenance palliative, il s'agit d'une action en profondeur qui agit sur le long terme, souvent en remplaçant la pièce défectueuse par une neuve. L'équipement reprend alors une production normale.
- **Réparation** : actions physiques exécutées pour rétablir la fonction requise d'un bien en panne. [12]

### II.3.2.2 Les avantages et les inconvénients de la maintenance corrective :

#### Les avantages de la maintenance corrective :

- Minimisé les coûts.
- Frais de gestion de stocks non important.
- Budget d'entretien moyen.

#### Les inconvénients de la maintenance corrective :

- Temps d'arrêt et d'intervenir relativement long.
- Coûts indirects élevés.
- Achats des pièces de rechange à un prix élevé.

**II.4 Définition et objectif du diagnostic et de la défaillance :****II.4.1 Diagnostic :**

Les défaillances sont à la maintenance ce que les maladies sont à la médecine : leur raison d'exister ! Il serait illusoire de vouloir opérer un dépannage ou une réparation sur un matériel sans avoir au préalable élucidé la nature de la défaillance à remédier. [11]

**II.4.2 Définition :**

Selon la norme AFNOR et CEI, le diagnostic consiste à déterminer la cause probable de la défaillance en utilisant un raisonnement logique basé sur un ensemble d'informations provenant d'une inspection, d'un contrôle ou d'un test.

Cette définition résume les deux tâches essentielles du diagnostic :

- Observer les symptômes de la défaillance.
- Identifier la cause de la défaillance à l'aide d'un raisonnement logique fondé sur les observations. [12]

**II.4.3 Objectif du diagnostic :**

L'objectif d'un système de diagnostic est de prévoir l'apparition d'un défaut le plus rapidement possible et le plus précisément possible. Pour pouvoir expliquer ce principe avec plus de précision, nous allons tout d'abord définir ce que nous entendons par défaut, puis nous rappellerons les fonctions du diagnostic telles que la détection, la localisation, et l'identification des défauts. [12]

### II.4.4 La défaillance :

Synonymes usuels non normalisés : « failure » (anglais), dysfonctionnement, dommages, dégâts, anomalies, avaries, incidents, défauts. *On appelle dégradation une défaillance progressive.*

Après défaillance, cette entité est donc en état de panne. La défaillance est donc le passage d'un état à un autre, par opposition à une panne qui est un état.

- **Cause de défaillance :** circonstances liées à la conception, à la fabrication, à l'installation, à l'utilisation et à la maintenance qui ont conduit à la défaillance.
- **Mécanisme de défaillance :** processus physiques, chimiques ou autres qui conduisent ou ont conduit à une défaillance.
- **Mode de défaillance :** effet par lequel une défaillance se manifeste.
- **Panne :** état d'un bien inapte à accomplir une fonction requise.
- **Dégradation :** évolution irréversible des caractéristiques d'un bien liée au temps ou à la durée d'utilisation. [13]

**II.5 Sûreté de fonctionnement:****II.5.1 Introduction :**

La Sûreté de Fonctionnement s'est développée principalement à cause de l'évolution des systèmes critiques industriels et se caractérise par l'analyse des défaillances et de leurs conséquences. Cela passe par une analyse exhaustive du fonctionnement du système ainsi que des exigences que le système doit vérifier.

**II.5.2 Qu'est-ce que la Sûreté de fonctionnement :**

La sûreté de fonctionnement est souvent appelée la science des défaillances, elle inclut leur connaissance, leur évaluation, leur prévision, leur mesure et leur maîtrise. Il s'agit d'un domaine transverse qui nécessite une connaissance globale du système comme les conditions d'utilisation, les risques extérieurs, les architectures fonctionnelle et matérielle, la structure et fatigue des matériaux. Beaucoup d'avancées sont le fruit du retour d'expérience et des rapports d'analyse d'accidents.

**II.5.3 Principaux concepts de la sûreté de fonctionnement :**

Le concept de la sûreté de fonctionnement, recouvre trois classes de notions : les attributs, les moyens et les entraves :

- Attributs : expriment à la fois les propriétés attendues du système de production et leurs appréciations effectives,
- Moyens : constituent les méthodes et les techniques pour conférer au système de production l'aptitude à délivrer le service spécifié, et d'autre part pour donner confiance en cette aptitude, c'est-à-dire la valider,
- Entraves : regroupent tous les éléments venant altérer la production ou événements qui peuvent affecter la sûreté de fonctionnement du système.

Cette perception de la sûreté de fonctionnement est largement partagée par J.C. Laprie qui définit la sûreté de fonctionnement d'un système comme étant son aptitude à délivrer un service confiance justifiée [4].

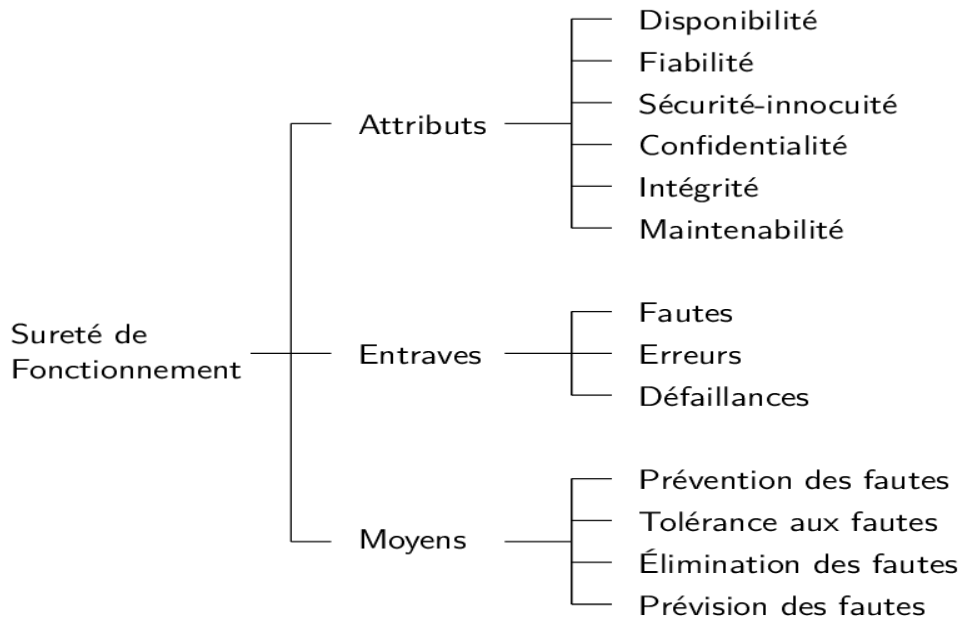


Figure 10: Arbre de la sûreté de fonctionnement

**II.5.4 La fiabilité :**

La fiabilité caractérise l’aptitude d’un système ou d’un matériel à accomplir une fonction requise dans des conditions données pendant un intervalle de temps donné.

Il s'agit d'une probabilité, notée R(t).

$R(t)$  = probabilité que l'entité ne soit pas défailante dans l'intervalle de temps [0;t]

Cette définition suppose que soit bien définis :

- Les conditions d'utilisation.
- Le temps moyen souhaité entre les pannes.

La fiabilité est l'appui à favoriser pour augmenter la disponibilité tout en tenant compte de l'objectif d'optimisation du coût. Cette grandeur peut être quantifiée par ces deux indicateurs :

La durée moyenne sans panne (MTTF), et la moyenne des temps de bon fonctionnement entre défaillances consécutives (MTBF).

Elle représente la probabilité R(t) que l’entité E accomplissant ses fonctions dans l’intervalle [0 t]. Elle est caractérisée par sa courbe R(t) appelée « loi de survie » et son taux de défaillance  $\lambda(t)$ .

$$R(t) = [E \text{ non défailante sur } [0, t] ] \tag{1}$$

Dans ce contexte, on introduit également le terme de la dé-fiabilité ou la fonction de défaillance, noté  $F(t)$ , qui est, à l'inverse de la fiabilité, représente la probabilité que l'entité  $E$  ait connu une défaillance avant l'instant  $t$ .

$$F(t) = [E \text{ défaillante } [0, t] ] \quad (2)$$

Il va de soi que la fonction de défaillance ne peut être que le complément de la fonction de fiabilité.

$$F(t) = 1 - R(t) \quad (3)$$

[17]

**Le temps moyen entre pannes (MTBF) :**

Est le temps moyen entre les pannes réparables d'un produit technologique. La métrique permet de suivre à la fois la disponibilité et la fiabilité d'un produit. Plus les pannes sont espacées dans le temps, plus le système est fiable.

L'objectif de la plupart des entreprises est de garantir un MTBF le plus long possible pour que des centaines de milliers (voire des millions) d'heures séparent les problèmes. [18]

➤ Calcul de la MTBF:

Nombre de pannes  $n$

Temps de Bon Fonctionnement (TBF)

$$MTBF = \frac{\text{Temps de bon fonctionnement (TBF)}}{\text{Nombre de pannes } n} \quad (4)$$

• **Taux de défaillance  $\lambda$ :**

Le taux de défaillance d'un composant électronique élémentaire sera donné par le constructeur de ce composant.

Dans la plupart des cas, le constructeur ne fournit qu'un taux de défaillance  $\lambda$  global ( $\lambda$  du système ou  $\lambda$  des sous-systèmes). Toutefois, il ne sera pas nécessaire, en général, de descendre au niveau composant, ce guide étant fait pour un assemblage de sous-systèmes.

Appelé également taux de panne, il est égal à l'unité de temps sur la MTBF.

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (5)$$

Généralement, pour mesurer la fiabilité, on fait appel à la fonction du taux de défaillance.

Elle représente le taux de défaillance exprimé comme le pourcentage de défauts ou de pannes.

Il est exprimé par la relation suivante :

$$\lambda(t) = \frac{P[E \text{ défaillante sur } [t, t + dt] | \lambda(t \text{ sans d'être défaillante sur } [0, t])]}{P[E \text{ défaillante sur } [t, t + dt]} \quad (6)$$

Pour un équipement (système réparable) le taux de défaillance se traduit souvent par une courbe dite « courbe en baignoire », mettant en évidence 3 époques :

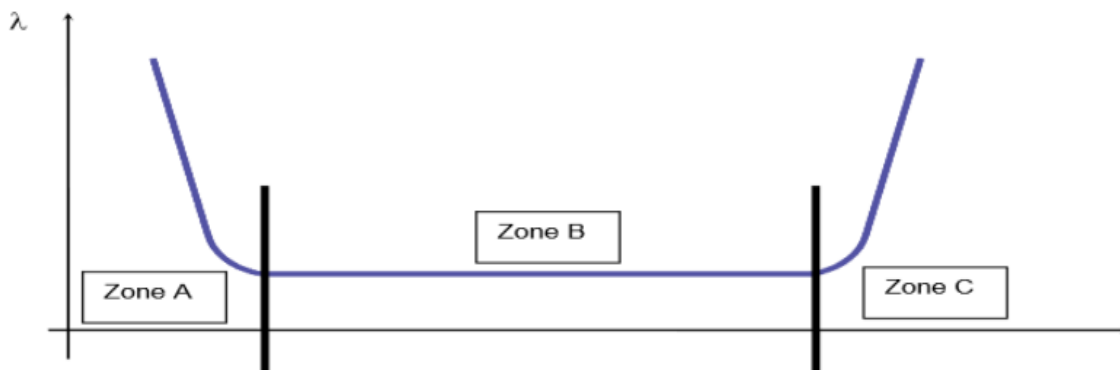


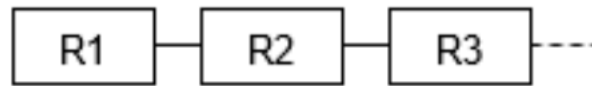
Figure 11: courbe en baignoire

- Zone A => époque de maturité, fonctionnement normal, défaillance aléatoire indépendante du temps.
- Zone B => époque de jeunesse.
- Zone C => époque d'obsolescence, défaillances d'usure ou pannes de vieillissement. [16]

➤ **Fiabilité des systèmes :**

**Système en série :** Un système série se caractérise par l'enchaînement linéaire de n éléments (Figure 1.3).

D'après sa structure, la défaillance de l'un de ses n composants entraîne la défaillance du système complet car chaque élément dépend de l'élément qui le précède.



*Figure 12: Système série*

La fiabilité du système en série se calcule :

$$R(t) = R1(t) \times R2(t) \times R3(t) \dots Rn(t) \tag{7}$$

**Système en parallèle :** Un système est dit en parallèle s'il suffit qu'un seul des éléments fonctionne pour que le système fonctionne.



*Figure 13: Système parallèle*

La fiabilité résultante est donnée par :

$$R(t) = 1 - (1 - Ri)^n \quad i = 1 \tag{8}$$

La fiabilité du système en parallèle se calcule ainsi :

$$R(t) = 1 - ((1 - R1(t)) \times ((1 - R2(t)) \times \dots \times ((1 - Rn(t)) \tag{9}$$

**II.5.5 Maintenabilité :**

Elle est définie comme l'aptitude d'un dispositif à être maintenu (maintenance préventive) ou rétabli (maintenance corrective) dans son état de fonctionnement, en s'intéressant surtout au temps nécessaire pour réaliser ces opérations de maintenance.

Lorsqu'on quantifie ce paramètre, on exprime cette aptitude par la probabilité d'effectuer l'opération de maintenance dans une durée au plus égale à un temps  $t$ .

Selon la norme AFNOR NF EN 13306, la maintenabilité est définie de la sorte : « Dans les conditions d'utilisation données pour lesquelles il a été conçu, la maintenabilité est l'aptitude d'un bien à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits ».

La maintenabilité peut se caractériser par la moyenne des temps techniques de réparation MTTR (Mean Time To Repair)

➤ **Calcul de la maintenabilité:**

$$MMTR = \frac{\Sigma \text{ Temps d'intervention pour } n \text{ pannes}}{\text{nombre de panne (n)}} \quad (10)$$

➤ **Taux de réparation  $\mu$ :**

$$\mu = \frac{1}{MMTR} \quad (11)$$

**II.5.6 Disponibilité :**

C'est l'aptitude d'un dispositif, sous les aspects combinés de sa fiabilité, de sa maintenabilité et de la logistique de maintenance, à remplir ou à être en état de remplir une fonction à un instant donné ou dans un intervalle de temps donné. [17]

La disponibilité est « Aptitude d'un bien à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou durant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires est assurée. Cette aptitude dépend de la combinaison de la fiabilité, de la maintenabilité et de la logistique de maintenance. Les moyens extérieurs nécessaires autres que la logistique de maintenance n'affecte pas la disponibilité du bien » (NF EN 13306)

La disponibilité moyenne sur un intervalle de temps donné peut être évaluée par le rapport :

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (12)$$

**II.5.7 La Sécurité :**

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

Elle est caractérisée par la probabilité  $S(t)$  que l'entité E ne laisse pas apparaître dans des conditions données, des événements critiques ou catastrophiques.

$$S(t) = P [E \text{ évité des événements critiques ou catastrophiques sur } [0, t]]$$

Il est à noter que dans le domaine de l'informatique la sécurité a souvent deux facettes :

La sécurité-innocuité (Safety en anglais) qui vise à se protéger des défaillances catastrophiques et la sécurité-confidentialité (Security en anglais) qui correspond à la prévention d'accès ou de manipulations non autorisées de l'information et concerne la lutte contre les fautes intentionnelles.

**II.6 Méthodes d'analyse de sûreté de fonctionnement :****II.6.1 Introduction :**

La Sûreté de Fonctionnement (Sdf) est une discipline qui s'appuie sur un support méthodologique applicable aux systèmes technologiques tout au long de leur cycle de vie :

- Expression du besoin, conception, industrialisation, production, utilisation
- Diffusion, maintenance, voire même retrait de service. [16]

Ces démarches bénéficient du support de méthodologies rigoureuses et d'outils pratiques et puissants. Les méthodes de la sûreté de fonctionnement ont toutes au moins deux points communs, qui peuvent être résumés en trois types d'action :

- Identifier les processus pouvant affecter la fiabilité, la disponibilité, la maintenabilité ou la sécurité.
- Modéliser ces différents processus afin de faciliter la compréhension des mécanismes mis en jeu.

**II.6.2 Définition :**

Une analyse de sûreté de fonctionnement est un processus d'étude d'un système Réel de façon à produire un modèle abstrait du système relatif à une caractéristique de sûreté de fonctionnement (fiabilité, disponibilité, maintenabilité, sécurité). Les éléments de ce modèle seront des événements susceptibles de se produire dans le système et son environnement, tels par exemple :

- Des défaillances et des pannes des composants du système.
- Des évènements liés à l'environnement.
- Des erreurs humaines en phase d'exploitation. [16]

II.6.3 Méthodes d'analyse de sdf :

D'après la figure 20, les principales méthodes d'analyse de la sûreté de fonctionnement sont les suivantes :

- L'Analyse Fonctionnelle (AF).
- L'Analyse des Modes de défaillances, de leurs Effets et de leurs Criticité (AMDEC).
- L'arbre de défaillance (AdD),
- Le réseau de pétri (RdP),
- Le Bloc Diagramme de Fiabilité (BDF).

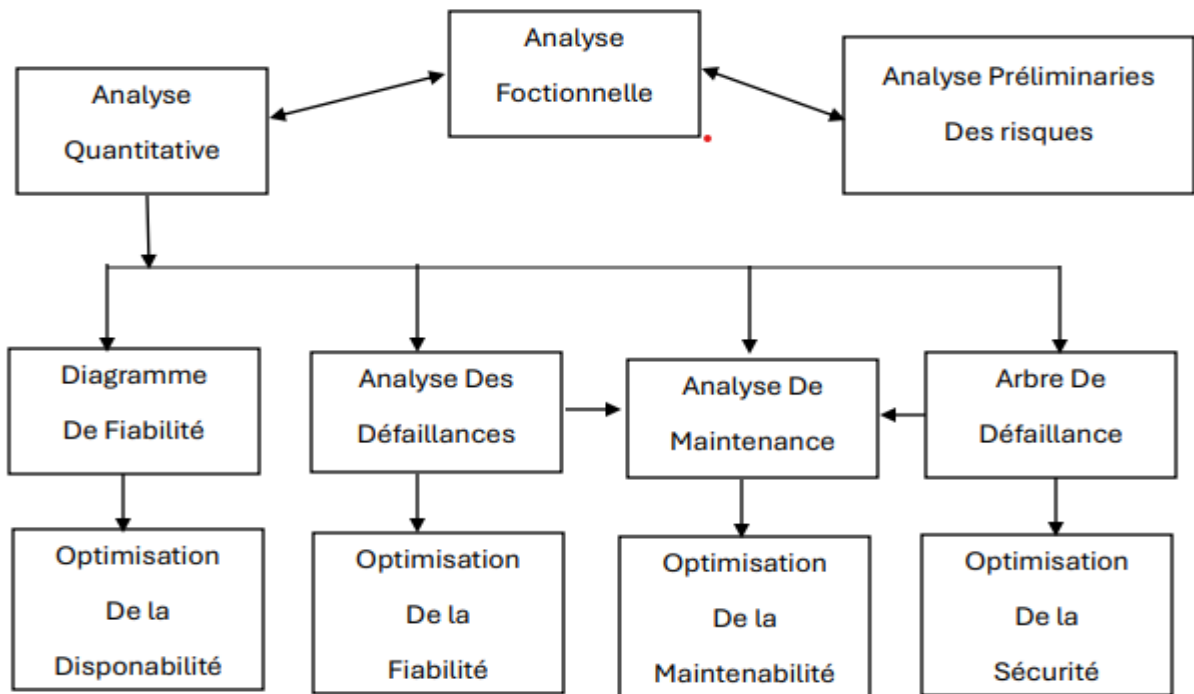


Figure 14: Méthodes d'analyse de la Sdf

### II.6.3.1 L'Analyse Fonctionnelle (AF) :

L'analyse fonctionnelle est une étape qui s'utilise au début d'un projet pour créer ou améliorer un produit ou un service. Pour analyser les défaillances d'un système, il est nécessaire auparavant de bien identifier à quoi doit servir ce système : c'est à dire de bien identifier toutes les fonctions que le système doit remplir durant sa vie de fonctionnement et de stockage. [21]

### II.6.3.2 AMDEC :

L'Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC), est un outil de sûreté de fonctionnement et de gestion de qualité, qui visent à identifier les modes potentiels et traiter les défaillances avant qu'elles ne surviennent, avec l'intention de les éliminer ou de minimiser les risques associés.

## II.7 Entrave:

Commençons par détailler les entraves qui peuvent affecter le système et dégrader la sûreté de fonctionnement. Les entraves sont réparties en 3 notions : les fautes, les erreurs et les défaillances. [22]

**Les fautes :** La cause de l'erreur est une faute (par exemple un court-circuit sur un composant, une perturbation électromagnétique ou une faute de développement logiciel).

**Les erreurs :** La cause de la défaillance est une erreur affectant une partie de l'état du système (par exemple, une variable erronée).

**Les défaillances :** Une défaillance est la cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise.

**II.8 Les moyens:**

Les moyens sont des solutions éprouvées pour casser les enchaînements Faute → Erreur → Défaillance et donc améliorer la fiabilité du système. [22]

- La prévention de faute consiste à éviter des fautes qui auraient pu être introduites pendant le développement du système. Cela peut être accompli en utilisant des méthodologies de développement et de bonnes techniques d'implantation.
- L'élimination de faute peut être divisée en 2 catégories : élimination pendant la phase de développement et élimination pendant la phase d'utilisation. Pendant la phase de développement, l'idée est d'utiliser des techniques de vérification avancées de façon à détecter les fautes et les enlever avant envoi à la production. Pendant l'utilisation, il faut tenir à jour les défaillances rencontrées et les retirer pendant les cycles de maintenance.
- La prévision de faute consiste à anticiper les fautes (de manière qualitative ou probabiliste) et leur impact sur le système.
- La tolérance aux fautes consiste à mettre en place des mécanismes qui maintiennent le service fourni par le système, même en présence de fautes. On accepte dans ce cas un fonctionnement dégradé.

**II.9 Conclusions:**

La maintenance est une fonction complexe qui, selon le type de processus, peut être déterminante pour la réussite d'une entreprise. Les fonctions qui la composent et les actions qui les réalisent doivent être soigneusement dosées pour que les performances globales de l'outil de production soient optimisées.

Toute la difficulté tient à ce réglage qu'il faut ajuster en tenant compte de nombreux éléments :

- Au niveau de l'entreprise : du contexte économique et social ;
- Au niveau de l'installation : de l'interaction avec les autres systèmes (en particulier celui de la production) ;
- Au niveau du système maintenance : des divers effets de chacune des activités (études, préparation, ordonnancement...).

Pour être efficace, il faut d'abord avoir une idée aussi claire que possible des mécanismes qui influent sur les grandeurs significatives (nombre de pannes, temps de réparation, délais logistiques, coûts de maintenance préventive, coûts du stockage des matières, actions de communication, etc.). Il faut ensuite mesurer ces grandeurs et construire des indicateurs pour juger de l'état du système maintenance et pour identifier des axes d'amélioration. Il faut enfin trouver les actions qui conviennent et tâcher d'en évaluer l'impact.

Dans ce chapitre, notre objectif est d'étude au Maintenance et sûreté de fonctionnement, et ce qui doit être fait correctement pour maintenir les machines en bon état.

Dans le chapitre suivant, nous allons introduire l'étude AMDEC en passant par des généralités, un bref historique, les domaines d'application.

**Chapitre III :**  
**Outils d'analyse**  
**qualitative et quantitative**  
**des modes de défaillances**

**Chapitre III : Outils d'analyse qualitative et quantitative des modes de défaillances.****III.1 Introduction:**

Pour tout industriel, l'élaboration d'une stratégie de développement de la production est essentielle pour garantir une efficacité optimale. L'adoption de règles et de méthodes analytiques pertinentes est cruciale pour atteindre cet objectif. Parmi les méthodes les plus couramment utilisées figure l'AMDEC, qui signifie Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité. Cette méthode permet d'identifier, d'évaluer et de prioriser les risques potentiels liés à un processus de production ou à un produit, offrant ainsi une approche proactive pour améliorer la qualité, la fiabilité et la sécurité. En intégrant l'AMDEC dans leur démarche, les industriels peuvent anticiper les problèmes, réduire les coûts liés aux défauts et renforcer leur compétitivité sur le marché.

Dans ce chapitre, nous apprendrons ce qu'est l'A.M.D.E.C, sa définition, son historique, son principe de fonctionnement, voire ses types, les étapes de son application, etc. De manière générale, nous l'étudierons sous tous ses aspects et connaîtrons l'étendue de son importance dans le monde industriel.

**III.2 Présentation de l'AMDEC:**

L'AMDEC, acronyme pour Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité, En anglais cette méthode se nomme la Failure Mode, Effects and Criticality Analysis (FMECA).

L'AMDEC n'est pas une simple grille ou un formulaire à renseigner, mais il s'agit avant tout d'une méthode, c'est-à-dire une démarche ordonnée et raisonnée, une façon de penser, développée par rapport à un objectif précis identifier les modes de défaillance potentiels et traiter ces défaillances avant qu'elles ne surviennent, en vue de les éliminer ou d'en minimiser les conséquences.

L'AMDEC peut s'appliquer à tous les systèmes risquant de ne pas tenir les objectifs de fiabilité, maintenabilité, qualité du produit fabriqué et/ou de sécurité.

Un pré requis essentiel à la réalisation d'une AMDEC est qu'il faut bien connaître le fonctionnement du produit qui est analysé où avoir les moyens de se procurer l'information auprès de ceux qui la détiennent.

L'AMDEC commence donc nécessairement par une analyse fonctionnelle, il s'agit d'une démarche normalisée.

L'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC) classe les défaillances et les actions à entreprendre en fonction de trois critères essentiels :

- Quelle est la gravité de la défaillance.
- Quelle est la probabilité que cette défaillance se produise.
- Quelle est la probabilité de détecter le problème.

Les équipes de conception multiplient ces trois paramètres pour calculer le taux de priorité du risque (RPN). Cette approche leur permet de hiérarchiser les défaillances en fonction de leur impact, de leur fréquence et de leur difficulté de détection, afin de les corriger avant la phase de production. [23]

**III.2.1 L'histoire de l'AMDEC :**

Les racines du AMDEC remontent au milieu du 20e siècle, en particulier dans les secteurs aérospatial et militaire. Pendant la Seconde Guerre mondiale, les ingénieurs et les analystes ont été confrontés au défi consistant à garantir la fiabilité de systèmes complexes tels que les avions, les véhicules et les armes. L'armée américaine, en collaboration avec l'industrie aéronautique, a lancé des études pour anticiper et prévenir les pannes potentielles des systèmes critiques. Ces premiers efforts ont jeté les bases de ce qui deviendra plus tard la méthodologie AMDEC.

Dans les années 1940 et 1950, l'AMDEC a trouvé une utilité considérable dans les secteurs militaire et aérospatial. Les ingénieurs travaillant sur des projets de missiles et des initiatives d'exploration spatiale ont reconnu la nécessité d'une approche systématique pour identifier les modes de défaillance susceptibles de compromettre le succès de la mission. Les procédures développées au cours de cette période se sont concentrées sur l'évaluation des effets potentiels des pannes sur l'ensemble du système, ainsi que sur la priorisation des pannes en fonction de leurs conséquences potentielles.

À mesure que des industries autres que les secteurs militaire et aérospatial ont commencé à reconnaître les avantages de l'AMDEC, la méthodologie a été affinée et adaptée. Dans les années 1960, l'industrie automobile, motivée par la nécessité d'améliorer la qualité et la sécurité des produits, a adopté l'AMDEC comme outil pour analyser les modes de défaillance potentiels des composants, des systèmes et des processus de fabrication. La méthodologie a progressivement étendu sa portée à des secteurs tels que l'électronique, la santé et les télécommunications. [22]

### **Chapitre III                      Outils d'analyse qualitative et quantitative des modes de défaillances**

---

Dans les années 1970, l'AMDE a commencé à intégrer des éléments quantitatifs, permettant une analyse et une prise de décision plus précises. Le concept de numéro de priorité de risque (RPN) a été introduit, attribuant des valeurs numériques à des facteurs tels que la probabilité d'occurrence, la gravité de l'impact et la détectabilité des modes de défaillance potentiels. Cela a permis aux équipes de hiérarchiser les défaillances en fonction de leurs scores de risque globaux, facilitant une allocation efficace des ressources pour l'atténuation.

Avec l'essor des systèmes de gestion de la qualité tels que Total Qualité Management (TQM) et Six Sigma dans les années 1980 et 1990, l'AMDEC a pris encore plus d'importance. Les organisations ont adopté l'AMDEC comme élément clé de leurs efforts d'amélioration continue. La méthodologie est devenue partie intégrante du cycle de vie du développement du produit, permettant une identification et une résolution précoces des problèmes potentiels, entraînant une réduction des coûts et une amélioration de la satisfaction client.

Au 21ème siècle, l'AMDEC a évolué au-delà de ses domaines d'application traditionnels. Il a trouvé son utilité dans le développement de logiciels, les industries de services et même dans des domaines non techniques tels que la finance et la gestion de projet. L'adaptabilité de la méthodologie est attribuée à l'accent mis sur l'identification proactive et l'atténuation des risques, ce qui correspond bien aux exigences des systèmes modernes, complexes et interconnectés. [22]

**III.2.2 Principe AMDEC :**

L'AMDEC est un outil de travail de groupe destiné à :

- Reconnaître, évaluer les effets et l'échec potentiel d'un produit ou procédé,
- Identifier des actions qui pourraient éliminer ou réduire l'échec potentiel d'un produit ou procédé,
- Documenter le processus.

Par ailleurs l'optimisation de la fiabilité de système consiste à bien distinguer les paramètres de la méthode vis à vis le système à analyser. [23]

**III.2.3 Le but de l'AMDEC :**

L'AMDEC est une technique qui conduit à l'examen critique de la conception dans un but d'évaluer et de garantir la sûreté de fonctionnement (sécurité, fiabilité, maintenabilité et disponibilité) d'un moyen de production.

L'AMDEC doit analyser la conception du moyen de production pour préparer son exploitation, afin qu'il soit fiable et maintenable dans son environnement opérationnel. Pour parvenir à ce but, le propriétaire de l'installation exige : qu'elle soit intrinsèquement fiable, de disposer des pièces de rechange et des outillages adaptés, de disposer des procédures ou aides minimisant les temps d'immobilisation du moyen par la diminution du temps d'intervention (diagnostic, réparation ou échange et remise en service), que les personnels (d'exploitation et de maintenance) soient formés, qu'une maintenance préventive adaptée soit réalisée, afin de réduire la probabilité d'apparition de la panne. [24]

**III.2.4 Les principales caractéristiques de cette méthode sont les suivantes :**

Elle analyse la fiabilité du système : la façon dont il assure (ou non) les fonctions pour lesquelles il a été conçu.

Il s'agit d'une analyse exhaustive, de part sa démarche très systématique permettant de lister tous les composants du système, identifier les différents modes de défaillance qui peuvent les affecter et les conséquences sur le système, l'environnement, les personnes.

Il s'agit d'une méthode analytique : l'étude du système s'obtient par l'étude de ses composants et de leurs interactions.

Il s'agit d'une démarche inductive : partant de l'identification des défaillances qui peuvent affecter un composant du système considéré dans un environnement, elle amène à identifier l'effet de ces défaillances sur le système.

Il s'agit d'une analyse uniquement qualitative pour l'AMDE. C'est l'analyse de criticité qui adjoint l'aspect quantitatif à la méthode. [23]

**III.2.5 Avantages de l'AMDEC :**

Cette approche systématique analyse un produit dans sa phase de conception et de fabrication, mais également lors de son utilisation par le client final. En traitant très tôt ces points, l'AMDEC crée une large infrastructure de précieuses informations afin de s'assurer que les produits fonctionnent comme prévu en conditions réelles.

L'AMDEC présente de nombreux avantages :

Les points critiques du process sont mis en évidence.

Les fabricants obtiennent des informations qui leur permettent d'adapter les futurs process.

L'évolution des process est maîtrisée.

Les corrections précoces apportées par l'AMDEC réduisent le temps de développement et les coûts inutiles, tout en améliorant la qualité du process et du produit fini.

S'il n'est pas toujours possible d'éliminer une défaillance, diminuer son impact est en revanche un objectif atteignable. [25]

**III.2.6 Les étapes d'application :**

Alors pour bien identifier notre système d'étude en doit bien prendre en compte la discipline suivante :

La préparation : cette phase consiste de préparer les document machines ou système, les historiques de fonctionnement et tous qui concerne l'information machine.

La décomposition fonctionnelle : Dans une étape suivante l'analyse fonctionnelle nous amène à bien organiser les fonctions principales du système étudier, les fonctions secondaires et les organes de fonctionnement afin de faciliter la détection de défaut en appuyant sur l'élément(s) responsable.

La phase d'Analyse : Donc la phase d'analyse se base sur une étude cause/effet qui sert à connaître les défauts et ses causes dans un plan d'analyse en qui met les paramètres de la fréquence d'apparition, la détection de défaut et la gravité de défaillances.

La mise en place et les suivis de plan d'actions : Et complémentaiement la mise en place et les suivis consiste d'identifier les défaillances qui en une criticités importantes d'une méthode décroissante et préparer l'intervention adéquat pour la résoudre. [23]

**III.3 Les types d'A.M.D.E.C :**

Il existe plusieurs formes d'analyses. Voici les caractéristiques et les objectifs de chacune d'elles.

**III.3.1 Procédé :**

Avec l'AMDEC Procédé, ce sont les méthodes de production qui sont examinées dans l'optique de cerner des défaillances éventuelles et d'optimiser les processus.

**III.3.2 Moyens de production :**

L'AMDEC Moyens de production a pour but de mettre en avant les défaillances des machines et des équipements sollicités dans la fabrication d'un produit. Ce qui permet d'améliorer la maintenance des appareils.

**III.3.3 Sécurité :**

L'AMDEC Sécurité vise à étudier la sécurité des opérateurs dans les procédés. L'idée est de limiter au maximum les causes pouvant entraîner un accident ou un dommage.

**III.3.4 Conception :**

L'AMDEC Conception est utilisée au cours de la conception d'un outil de production.

**III.3.5 Produit :**

L'AMDEC Produit consiste à analyser les défaillances d'un produit au regard de sa fabrication, de sa conception ou de son utilisation. L'objectif visé est l'amélioration de sa qualité et de sa fiabilité.

**III.3.6 Organisation :**

L'AMDEC Organisation peut se réaliser à différents niveaux (système de gestion, système d'information, marketing, ressources humaines, finances, système de production...). Elle a pour intérêt de déterminer les défaillances pouvant conduire à un événement redouté. [26]

**III.4 La méthode AMDEC en huit étapes :**

Cette méthode s'inscrit dans une démarche en huit étapes selon le process ci-dessous.

Etape 1 : Construire le groupe de travail

Cette première étape consiste à construire votre groupe de travail. Chaque membre du groupe doit être sensibilisé un minimum au préalable à la méthode AMDEC et doit venir d'horizons différents afin de mettre en commun les compétences de chacun et d'être dans une démarche constructive.

Etape 2 : Définir le périmètre de l'étude

En amont, il est nécessaire de connaître et de comprendre le produit, procédé ou processus traité pour définir le périmètre de votre étude et pouvoir l'analyser. Vous pouvez obtenir ces informations à l'aide d'une analyse fonctionnelle, dont les questions clés sont les suivantes :

- Quelle est la fonction d'usage ?
- Quelles sont les fonctionnalités attendues ?
- Quelles sont les contraintes ?
- Quelles sont les fonctions techniques ?

Vous pouvez utiliser les différents outils de l'analyse fonctionnelle : présentation du besoin (voir ce qu'est la bête à cornes), expression fonctionnelle (pieuvre), hiérarchisation des fonctions, cahier des charges fonctionnel, etc.

Lors de cette phase, les objectifs et les limites de l'étude sont définis.

Cette étape est indispensable pour démarrer une AMDEC. En ayant peu de connaissances de son sujet, vous risquez de vous éloigner de la cible et les résultats peuvent être erronés

Etape 3 : Identifier les modes de défaillances

Une fois ce périmètre établi, vous pouvez identifier les modes de défaillances potentielles en vous posant la question « Qu'est-ce qui pourrait aller mal ? ». A partir de là, vous pouvez commencer à remplir votre grille d'analyse.

- ✚ Le but de cette étape est de rechercher les défaillances premières et non les causes racines.

## Chapitre III Outils d'analyse qualitative et quantitative des modes de défaillances

---

Etape 4 : Identifier les effets et les causes

Pour chaque mode de défaillance, identifiez les effets associés par la question « Quels sont les effets et les causes entraînés par ce mode de défaillance ? » Ne vous limitez pas, vous pouvez avoir une ou plusieurs causes et effets par mode de défaillance.

Etape 5 : Evaluer les défaillances

Cette étape quantitative permet d'attribuer à chaque défaillance potentielle un indice de criticité. La criticité est la résultante de la combinaison de trois facteurs :

- La gravité de la défaillance et de l'effet (G) : conséquence plus ou moins grave pour l'utilisateur ;
- La fréquence d'apparition de la défaillance, l'occurrence (O) ;
- La probabilité de non-détection (D) : la défaillance se produit et il y a risque de ne pas la détecter.

Vous devez définir une échelle pour chaque facteur. Vous retrouverez couramment une échelle allant de 1 à 4 ou de 1 à 10. 1 étant une gravité/occurrence/probabilité faible - 10 étant une gravité/occurrence/probabilité forte.

Pour vous aider à évaluer les défaillances, il est important de bien définir votre échelle et d'y inscrire des critères en face de chaque point.

A titre d'exemple, sur une échelle allant de 1 à 4, vous pouvez définir une fréquence d'apparition sur les critères suivants :

- 1 : Annuelle ou plus
- 2 : Trimestrielle
- 3. Mensuelle
- 4. Hebdomadaire à quotidienne

Plus vous serez précis dans vos critères, plus il sera facile d'appliquer une notation en se rapprochant de la réalité.

Etape 6 : Hiérarchiser les défaillances

---

Après avoir fait ce calcul, vous pouvez classer les défaillances par ordre de priorité en définissant des seuils d'alerte afin d'organiser le traitement des données par ordre d'importance.

Voici un exemple de différents seuils d'alerte sur la base d'une cotation allant de 1 à 4 :

- 37 - 64 : criticité majeure
- 28 – 36 : criticité importante
- 10 – 27 : criticité mineure
- 1 – 9 : criticité faible

Ce résultat vous permet ainsi de traiter en priorité les défaillances ayant une criticité majeure, puis importante, et ainsi de suite.

Etape 7 : Rechercher des solutions

Après avoir classé les différents modes de défaillance, deux solutions s'offrent à vous :

- Supprimer la défaillance
- Réduire la défaillance

Dans le deuxième cas, vous pouvez rechercher des solutions par actions correctives et/ou préventives dans le but d'obtenir une criticité plus faible de l'occurrence/la probabilité de non-détection/la gravité. Pour chaque action, un responsable doit être désigné.

Etape 8 : Suivre les actions

L'objectif est de vérifier l'efficacité des solutions qui ont été entreprises et de réévaluer la criticité, afin de s'assurer que celle-ci a bien été réduite. Ce suivi est important, car il permet de déterminer l'efficacité et l'impact des actions qui ont été entreprises. [26]

**III.5 Les limites de l'AMDEC:**

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

La qualité d'une AMDEC dépend complètement de la qualité des études réalisées en amont et, en particulier, de l'analyse fonctionnelle. Elle dépend également de la qualité de la communication à l'intérieur du groupe de travail.

Par principe, l'analyse des modes de défaillance tend vers l'exhaustivité, c'est pourquoi il est important de bien préciser les limites de l'étude.

Il faut reconnaître une certaine lourdeur de la méthode, tant au point de vue du volume de la documentation nécessaire, que du temps passé à l'analyse (compter une journée d'analyse pour un dispositif comprenant entre 10 et 15 composants et/ou organes).

Dans tous les cas, il convient d'éviter la réalisation de l'AMDEC « Parapluie » qui est là pour se donner bonne conscience vis-à-vis des utilisateurs.

Il faut remarquer la difficulté ou même l'impossibilité de prendre en compte les phénomènes combinatoires ou dynamiques ou les pannes multiples. D'autres méthodes (arbre de défaillances, méthode de combinaison de pannes, etc.) sont alors plus adaptées.

L'AMDEC est par nature mieux adaptée aux dispositifs mécaniques et analogiques qu'aux systèmes numériques.

L'AMDEC est essentiellement destinée à l'analyse des modes de défaillance d'entités matérielles (mécanique, électrique, pneumatique, hydraulique, etc.). La méthode est plus délicate de mise en œuvre dans le cadre d'études de système logiciel, celui-ci ne pouvant être traité comme un composant ou un ensemble de composants.

Pour garantir l'exhaustivité de l'AMDEC, il est nécessaire d'envisager l'ensemble des modes de défaillance et de ne pas en ignorer certains sous prétexte que leur probabilité d'apparition est négligeable. [29]

**III.6 Présentation de tableau AMDEC :**

Le tableau FMEA est une présentation visuelle des causes de défaillance.

Les tableaux AMDEC sont généralement établis par un collectif de travailleurs, en fonction de l'objectif de l'analyse, le support de travail de notre collectif est composé de sept paramètres (fonction, mode de défaillance, cause de défaillance, effet, détection, criticité et action corrective) et est généralement représenté comme suit :

Tableau 2: Analyse des modes de défaillance de leurs effets et leurs criticités

AMDEC Machine	AMDEC ANALYSE MODES DE DEFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITE					Phase de fonctionnement	Page : 1/2			
	Système: Tour Traub TNA 500		Sous-ensemble : Partie Mécanique ou Partie Hydraulique ou Partie Electrique et électronique							
Elément	Fonction	Mode de la défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action préventive
						F	G	D	C	
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7				C8

**Composant (C1) :**

Cette colonne vous permet d'inscrire la désignation du composant le plus précisément possible, ainsi que son repère de nomenclature s'il existe.

**Fonctions de composant (C2) :**

Cette colonne permet d'inscrire la fonction réalisée par le composant dans le fonctionnement normal du dispositif étudié.

**Modes de défaillance (C3) :**

Cette colonne permet d'inscrire le mode de défaillance qui correspond à la manière dont le Composant peut être amené à ne plus assurer sa fonction.

**Causes (C4) :**

Cette colonne permet d'inscrire les causes ayant conduit à l'apparition de la défaillance du dispositif à travers le mode de défaillance du composant.

**Effets (C5) :**

Cette colonne permet d'inscrire les effets provoqués par l'apparition des modes de défaillance.

**Détection (C6) :**

Cette colonne permet d'inscrire les modes de détection qui sont les signes provoqués par l'apparition de la défaillance, sans qu'elle n'ait encore généré l'apparition de conséquence.

**Criticité (C7) :**

La criticité est inscrite dans l'ensemble de colonnes (C7)

Lorsque l'AMDEC (globale ou pour un composant) a été réalisée, une cotation des risques est effectuée pour toutes les défaillances précédemment identifiées. L'évaluation des risques potentiels se traduit par le calcul de la criticité, à partir de l'estimation des indices de fréquence, de gravité et de non-détection.

**Fréquence F** : relatif à la fréquence d'apparition de la défaillance. Cette fréquence exprime la probabilité combinée d'apparition du mode de défaillance par l'apparition de la cause de la défaillance. L'indice F est déterminé à partir du barème de cotation (tableau). La note octroyée est comprise entre 1 et 4.

**Gravité G** : relatif aux conséquences provoquées par l'apparition du mode de défaillance en termes de :

- Temps d'intervention (TI), composante du temps d'indisponibilité du moyen de production qui correspond au temps actif de maintenance corrective (diagnostic + réparation ou échange + remise en service)
- Qualité de la production.
- Sécurité des hommes et des biens.
- L'indice G est déterminé à partir du barème de cotation, L'indice sanctionne uniquement l'effet le plus grave produit par le mode de défaillance, même lorsque plusieurs effets ont été identifiés. La note octroyée est comprise entre 1 et 4.

**Détection D** : relatif à la possibilité de détecter la défaillance (couple mode de défaillance-cause) avant qu'elle ne produise l'effet.

L'indice D est déterminé à partir du barème de cotation (tableau). La note est comprise entre 1 et 4.

**Criticité C** :  $C = F * G * D$  qui permettra de hiérarchiser les défaillances et de recenser celles dont le niveau de criticité est supérieur à une limite constante et caractéristique du dispositif considéré. Il peut être contractuellement imposé. Le seuil de criticité varie en fonction des objectifs de fiabilité ou des technologies traitées.

**Remarque :** on fait référence aux seuils de criticité suivants :

- 08, lorsque les objectifs de fiabilité sont sévères
- 12, cas le plus souvent utilisé pour les organes mécaniques
- 24, sur des composants électriques ou électroniques, ou l'indice de non détection est presque toujours égale à 4.

### **Action corrective (C8) :**

L'ensemble des colonnes action correctives (C8) permet de définir les mesures correctives décidées par le groupe de travail, pour éliminer les points critique. Une diminution de la critique peut être obtenue :

Par la mise en œuvre de modifications ou d'améliorations de la conception de l'installation, qui permettront :

- Soit de rendre le moyen de production plus faible (diminuer la fréquence d'apparition de l'aléa)
- Soit de rendre le moyen de production plus maintenable (diminuer le temps d'immobilisation par la réduction des effets de la défaillance)

Par la mise en œuvre de dispositions organisationnelles concernant la maintenance ou la conduite d'installation (exemple : définir la gamme de maintenance préventive, écrire les modes opératoires de réglage, mettre en stock des pièces de rechange, etc.).

Le choix du type d'action corrective à mettre en place doit être guidé par le critère le plus pénalisant dans la note de criticité. Par exemple, si la criticité d'une défaillance est élevée du fait de la fréquence, l'action corrective doit viser à diminuer prioritairement la fréquence.

Quand aucune action corrective ne peut permettre de ramener l'indice de gravité au-dessous de 4, le groupe de travail devra définir une action visant à maintenir ou à ramener les deux autres critères (fréquence et non-détection) à une valeur égale à 1.

**III.7 Conclusion:**

L'AMDEC, ou Analyse des Modes de Défaillance, de leur Effets et de leur Criticité est une méthode de prévention qui peut s'appliquer à une organisation, un processus, un moyen, un composant ou un produit dans le but d'éliminer, le plus en amont possible, les causes des défauts potentiels.

L'application de l'analyse AMDEC permet de localiser les entités critiques puis d'élaborer un plan de maintenance optimal pour que la fiabilité de la machine augmente, en effet elle nécessite de connaître parfaitement le système et l'historique de toutes les défaillances. L'analyse AMDEC est une recherche longue mais fructueuse qui s'intègre parfaitement dans une démarche d'analyse et de prévention des risques.

La méthode permet de classer et de hiérarchiser les défaillances selon certains critères (occurrence, détection, gravité).

Dans le chapitre suivant, nous utilisons cette méthode pour traiter la machine TRUAB TNA 500 appartenant à GPIM.

# **Chapitre IV:**

## **APPLICATION LA METHODE AMDEC SUR LA MACHINE TNA 500**

## Chapitre IV : Application la méthode AMDEC sur la machine TNA 500

### IV.1 Introduction:

Une défaillance est la disparition ou la dégradation d'une fonction. Donc pour trouver les défaillances potentielles, il faut connaître les fonctions. Le but de l'analyse fonctionnelle est de déterminer d'une manière assez complète les fonctions principales d'un système d'équipements, les fonctions contraintes, et les fonctions élémentaires.

Cette partie de l'étude vise à examiner le fonctionnement de la machine tour TRAUB TNA 500. Tout d'abord, une description détaillée des organes et de la décomposition de la machine en ensembles et sous-ensembles sera réalisée. Cela permettra d'avoir une vision claire de la structure de la machine et de ses différentes composantes.

Ensuite, l'historique des pannes de la machine sera étudié. Cela implique l'analyse des pannes passées, des motifs récurrents et des problèmes rencontrés. Cette analyse fournira des informations précieuses pour comprendre les défaillances potentielles et les points faibles du système.

Pour accroître la fiabilité du système, nous appliquerons la méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité), afin d'identifier les modes de défaillance possibles et d'évaluer leur criticité. Sur cette base, des mesures préventives et correctives seront proposées. En complément, le diagramme d'Ishikawa sera utilisé pour identifier les causes potentielles des défaillances, en examinant différentes catégories de causes telles que les aspects matériels, humains et méthodologiques.

Enfin, En utilisant le diagramme d'Ishikawa en conjonction avec l'AMDEC, nous pourrons identifier de manière exhaustive les risques potentiels et les causes sous-jacentes des défaillances, ce qui permet de mettre en place des mesures préventives et correctives.

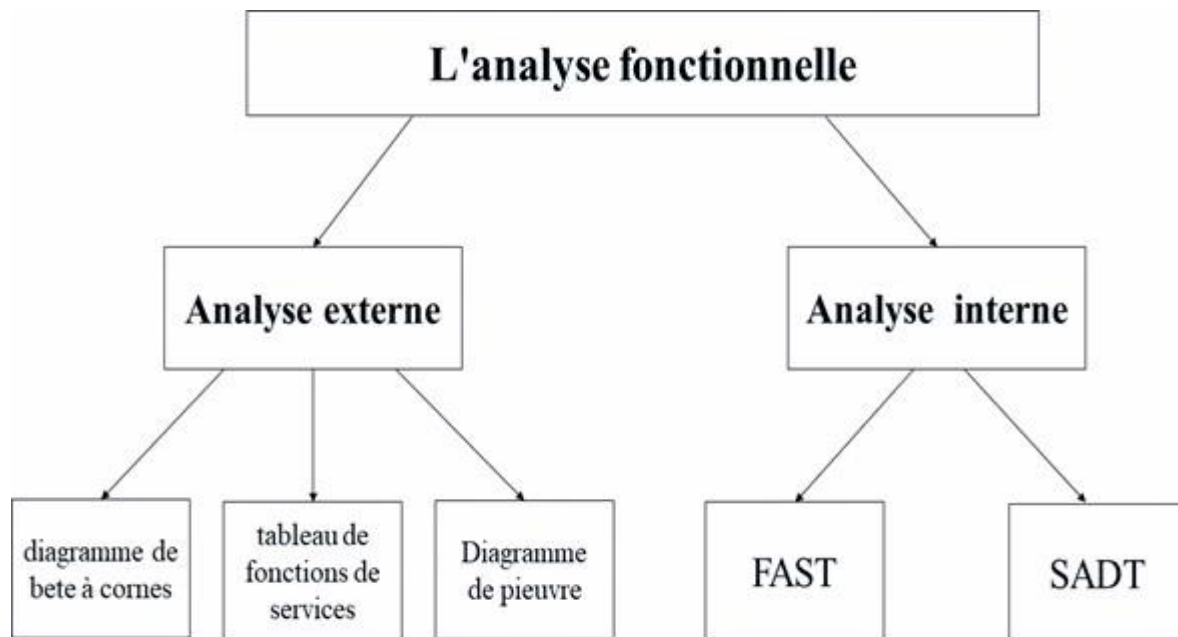
**IV.2 L'analyse fonctionnelle d'un tour TRAUB TNA 500 :**

**Atelier :** Bâtiment Mécanique.

**Système étudié :** machine « **TOUR TRAUB TNA 500** »

**Objectifs à atteindre :** Amélioration des performances de la machine.

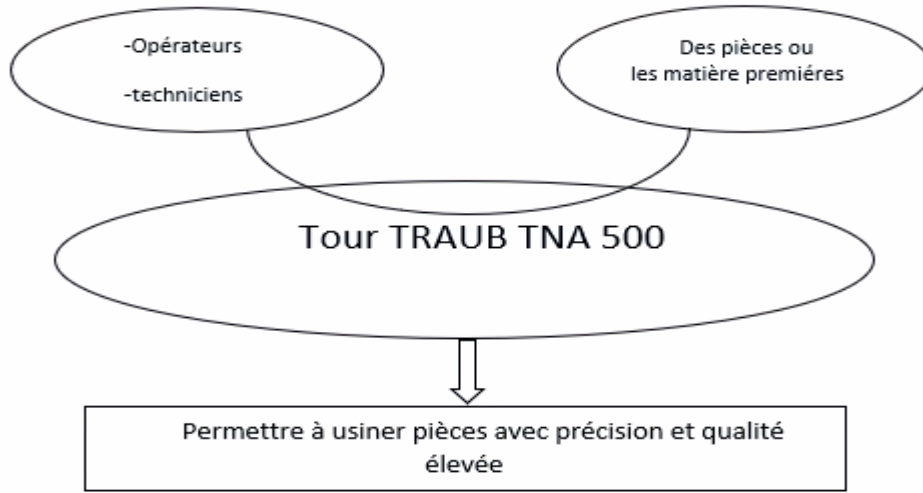
L'analyse fonctionnelle est une méthode utilisée pour comprendre et décomposer un système ou un produit en ses composants essentiels et les relations entre eux. Elle permet de définir et de clarifier les fonctions principales et secondaires d'un produit, en vue d'améliorer sa conception et d'optimiser son fonctionnement. L'analyse fonctionnelle consiste à rechercher et à caractériser les fonctions offertes par un produit placé dans un système pour satisfaire les besoins. Selon qu'on s'intéresse aux fonctions de service ou aux fonctions techniques, on parle d'analyse fonctionnelle externe ou interne.



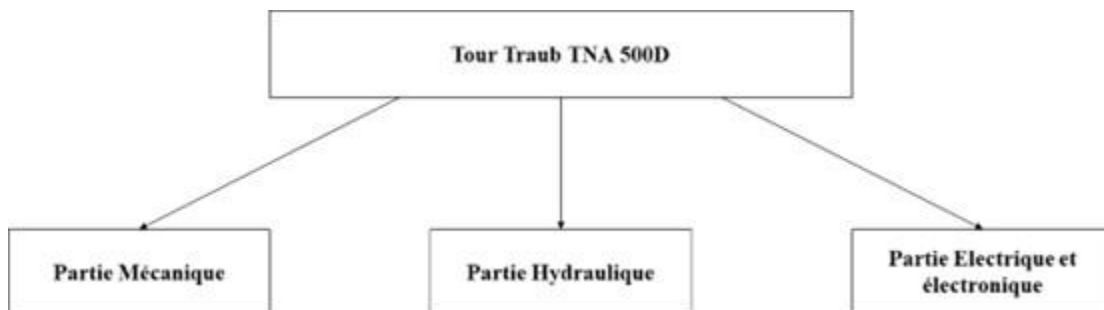
*Figure 15 : L'analyse fonctionnelle*

**IV.3 Analyse externe :****IV.3.1 Diagramme bête à cornes :**

Pour réaliser le diagramme « bête à cornes » on doit répondre à ces trois questions : à qui ? Sur quoi ? Et pour quel but ?



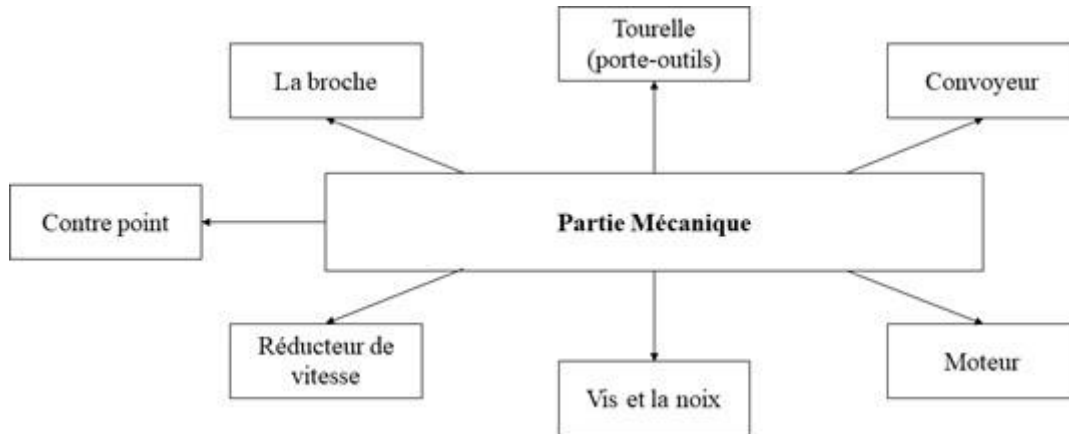
*Figure 16* : Diagramme bête à cornes

**IV.3.2 Figure de fonctions de services :**

*Figure 17*: Fonctions de services

- **Partie mécanique**

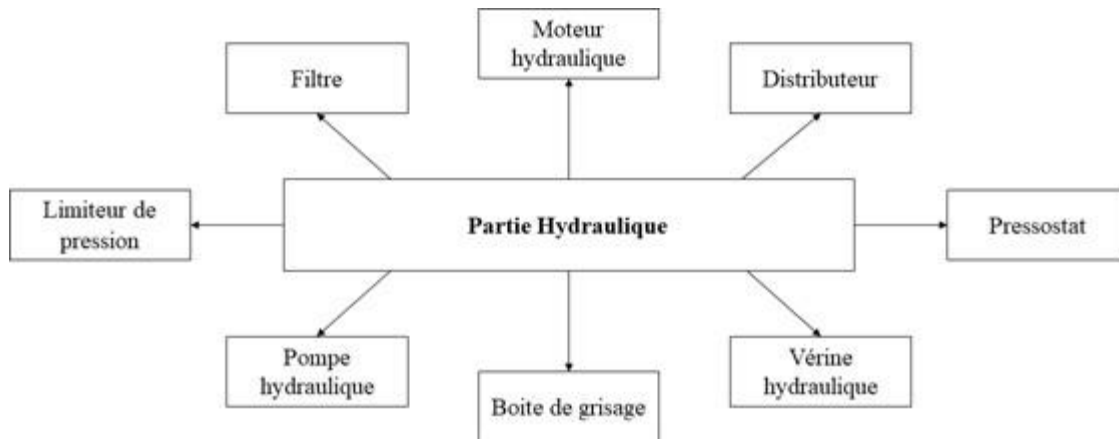
Elle se compose de toutes les composantes permettant d'assurer les liaisons et le fonctionnement du mécanisme.



*Figure 18:* Fonctions de services « Partie mécanique »

- **Partie hydraulique**

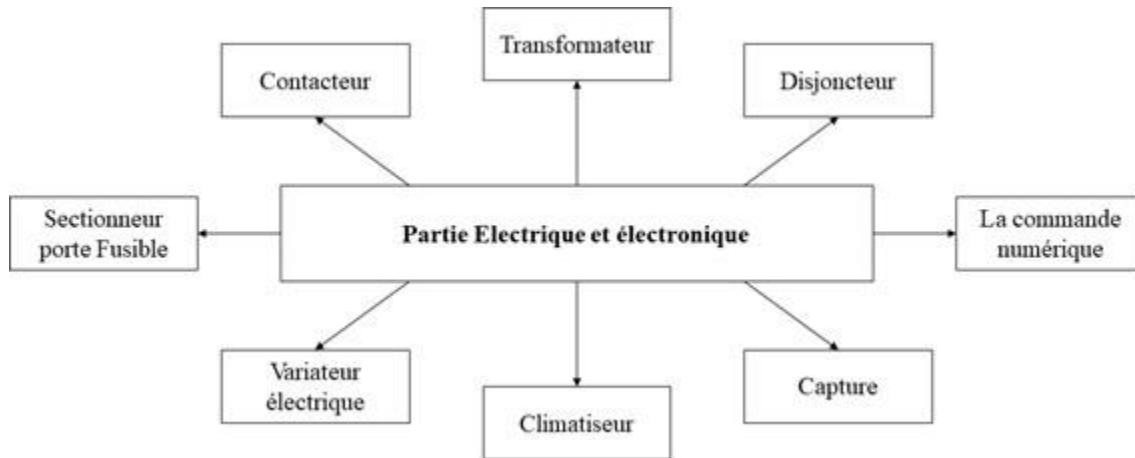
C'est la partie qui comporte tous les composants hydrauliques pour le fonctionnement du moteur de transmission de la broche et pour la lubrification du système.



*Figure 19:* Fonctions de services « Partie Hydraulique »

- **Partie Electronique et Electrique :**

Elle se compose de toutes les composantes électroniques permettant d'assurer la Communication et l'alimenter la partie commande et puissance mécanisme, assurer les Conditions d'entrée et sortie dans la machine.



**Figure 20 :** Fonctions de services « Partie électrique et électronique »

IV.3.3 Diagramme de pieuvre (diagramme d’interactions) :

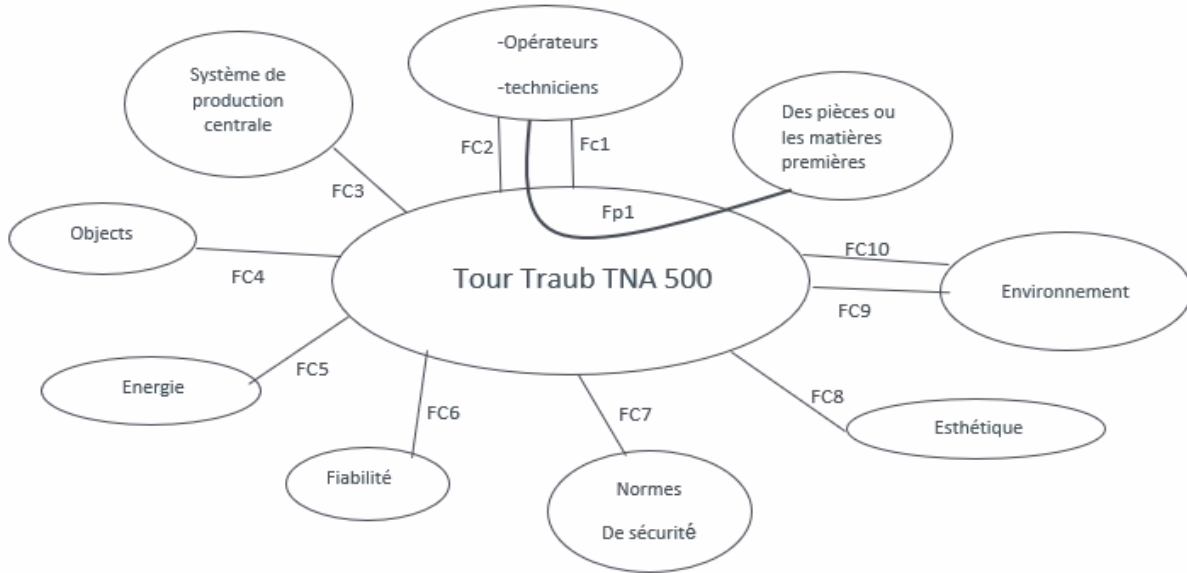


Figure 21 : Diagramme de pieuvre

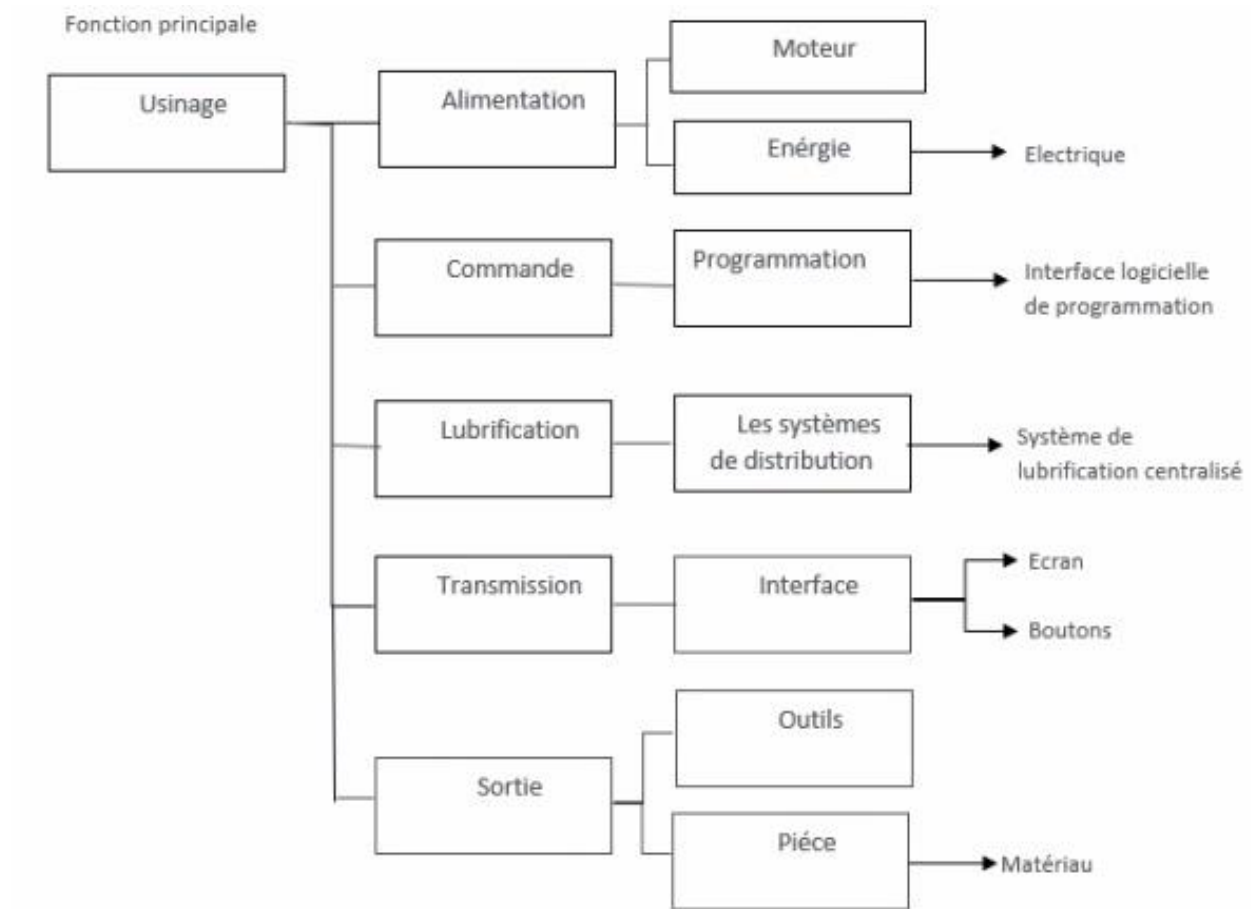
Tableau 3 : Liste de fonction

Fonctions	Liste de Fonction
<b>FP1</b>	Permettre d’usiner des pièces
<b>FC1</b>	Permettre aux utilisateurs la manipulation
<b>FC2</b>	Faciliter les taches de maintenance
<b>FC3</b>	S’intégrer au système de production centrale
<b>FC4</b>	S’adapter aux formes spécifiques des objets
<b>FC5</b>	Fonctionner sous la tension de service
<b>FC6</b>	Avoir une bonne probabilité de n’avoir aucune défaillance.
<b>FC7</b>	Etre conforme aux normes de sécurité
<b>FC8</b>	Avoir une grande précision (finition ; forme...)
<b>FC9</b>	S’intégrer à l’environnement industriel
<b>FC10</b>	Résister aux facteurs extérieurs

#### IV.4 Analyse interne :

##### IV.4.1 Technique du système d'analyse fonctionnelle « FAST » :

Pour mener une analyse fonctionnelle technique, on doit répondre aux questions comment ? et pourquoi



*Figure 22:* Technique du système d'analyse fonctionnelle « FAST »

## IV.5 Choix de l'échelle de cotation :

### IV.5.1 Échelle de gravité G:

*Tableau 4:* Echelle de gravité

Niveau	Indice	Définition
<b>Gravité très faible (mineure)</b>	<b>1</b>	Arrêt production inférieur à 4 Heurs
<b>Gravité faible (significative)</b>	<b>2</b>	Arrêt production de 4 heures à 1 jours
<b>Gravité moyenne</b>	<b>3</b>	Arrêt production de 1 Jours à 2 jour
<b>Gravité majeure</b>	<b>4</b>	Arrêt production plus à 2 jour

### IV.5.2 Échelle de fréquence F:

*Tableau 5:* Echelle de fréquence.

Niveau	Indice	Définition
<b>Fréquence très faible</b>	<b>1</b>	Défaillance rare: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moins d'une défaillance par 3 ans</li> </ul>
<b>Fréquence faible</b>	<b>2</b>	Défaillance possible : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Une défaillance par 1 ans</li> </ul>
<b>Fréquence moyenne</b>	<b>3</b>	Défaillance fréquente: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Une défaillance par 6 mois</li> </ul>
<b>Fréquence forte</b>	<b>4</b>	Défaillance très fréquente: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plusieurs défaillances par 6 mois</li> </ul>

## IV.5.3 Échelle de non détection D:

Tableau 6: Echelle de non-détection

Niveau	Indice	Définition
Détection évidente	1	Défaillance facilement détectable
Détection possible	2	Défaillance détectable
Détection defficile	3	Défaillance difficilement détectable
Détection très difficile	4	Détection très difficile

## La matrice de criticité :

Tableau 7: La matrice de la criticité (PxGxD)

G4	16	32	48	64	D4
G3	9	18	27	36	D3
G2	4	8	12	16	D2
G1	1	2	3	4	D1
	F1	F2	F3	F4	

- Risque acceptable : « aucun contrôle supplémentaire n'est nécessaire. Une solution plus rentable ou des améliorations n'imposant aucune surcharge financière peuvent être envisagées un suivi est nécessaire afin de s'assurer que les contrôles sont maintenus. »
- Risque à surveiller : « Demande une vigilance de façon à éviter l'accident, demande une action à moyen ou long terme. »
- Risque inacceptable : « le travail ne doit pas débuter ou continuer jusqu'à ce que le risque ait été réduit. S'il n'est pas possible de réduire le risque, même au prix de moyens illimités, le travail doit rester interdit. ».

Le traitement des risques se fait par ordre de priorité :

**Priorité 1**  **$27 \leq C \leq 64$**

**Priorité 2**  **$9 < C < 27$**

**Priorité 3**  **$C \leq 9$**

IV.6 Application de la méthode AMDEC :

Tableau 8: Application AMDEC Partie Mécanique

AMDEC Machine	AMDEC ANALYSE MODES DE DEFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITE					Phase de fonctionnement				Page : 1/2
	Système: Tour Traub TNA 500		Sous-ensemble : Partie Mécanique							
Elément	Fonction	Mode de la défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action préventive
						F	G	D	C	
La Tourelle (Porte-outils)	-Assurer les changements des outils	- Décalage	-Choc -Mauvaise programmation	-Arrêts de production -pièces mal usinées -Voire des accidents	-Contrôle Visuelle	4	4	2	32	-Réglage du jeu de chariot -Contrôle et amélioration - former l'opérateur -Surveillance régulière
La broche	-Rotation de la piece	-Blocage	- L'axe de rotation bloqué	-Arrêt d'usinage	- Contrôle Visuelle	2	3	2	12	-Améliorer les procédés de maintenance préventive
Le Convoyeur	-Transport les copeaux d'usinage	-Blocage	-Obstruction par les copeaux	-Risque de dommages au convoyeur -Arrêt de la production	- Contrôle Visuelle	4	3	2	24	-Maintenance préventive -Nettoyage les copeaux
Moteur	-Entraîner la pompe	-Pas de rotation	-Pas d'alimentation -Absence de commande	-Arrêt la machine	-Visuelle ou Electrique	2	2	2	8	- Maintenance préventive
		-Rotation inversé	-Erreur de câblage	-Arrêt la machine	-Visuelle ou Electrique	2	2	2	8	-Formation du personnel -Marquage des câbles

Tableau 9 : Application AMDEC Partie Mécanique

AMDEC Machine	AMDEC ANALYSE MODES DE DEFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITE					Phase de fonctionnement				Page : 2/2
	Système: Tour Traub TNA 500		Sous-ensemble : Partie Mécanique							
Elément	Fonction	Mode de la défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action préventive
						F	G	D	C	
Contre point	-Maintenir les pièces dans l'axe	-Blocage des roulements.	-Fin de vie -Manque de graissage -Usure	-Arrêt d'usinage	- Contrôle Visuelle	2	3	2	12	- maintenance préventif -graissage
Vis et la noix	-Transformer un mouvement de rotation en un mouvement de translation	-Blocage	- Choc	-Arrêt la Machine	-Contrôle	2	3	2	12	- maintenance préventif - Formation du personnel
		-Usure	- Frottement excessif - Manque de grisage	- Diminution des performances - Risque d'instabilité	-Contrôle	2	3	3	18	- maintenance préventif - graissage
Réducteur de vitesse	-Permettent de baisser la vitesse d'un moteur électrique et d'augmenter le couple.	-Blocage des roulements	- Manque de Graissage	-Arrêt de la machine	-Contrôle Visuelle	2	3	2	12	- graissage - maintenance préventif
		-Usure des pignons joints.	-Charge excessive	-Vibration	- Contrôle Visuelle	2	3	2	12	-Opération de Graissage - Charge de travail appropriée - Matériaux de qualité

Tableau 10 : Application AMDEC Partie Hydraulique

AMDEC Machine	AMDEC ANALYSE MODES DE DEFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITE					Phase de fonctionnement				Page : 1/3
	Système: Tour Traub TNA 500		Sous-ensemble : Partie Hydraulique							
Elément	Fonction	Mode de la défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action préventive
						F	G	D	C	
Distributeur	-Permet la distribution d'huile l'aide du vérin	-Bouchage	-Fluide contaminé	-Arrêt de fonctionnement circuit hydraulique	-Visuelle ou Electrique	2	2	2	8	-Action préventive -Nettoyage
		-Grillage de la bobine	-court-circuit -les surcharges	-Arrêt de fonctionnement circuit hydraulique	-Contrôle	2	3	2	12	-changer la bobine a préventive manner - Entretien régulières
Moteur hydraulique	-Transforme l'énergie hydraulique en énergie mécanique	-Bouchage	-Fluide contaminé	-Blocage des aubes	-Contrôle	2	2	2	8	- Nettoyage - Entretien régulier
		-Puissance faible	-Manque de pression	- Manque de puissance	-Vérification	2	2	3	12	- Entretien régulier - Nettoyage régulier
Filtre	-Assure la filtration d'huile	-Colmatage	-Dépôt de débris	-Manque de puissance -Usure de la pompe	-Indicateur de colmatage visuel	4	1	1	4	-Nettoyage -Changement du filter a préventive manner
Pressostat	-déterminer les niveaux d'fluide dans la cuve	-Ne l'indique pas	-Le contacteur déconnecté de l'alimentation	-Arrêt de système de désembouage	-Contrôle	2	2	2	8	-Action préventive - stock de pièce de rechange pour changer rapide le pressostat

Tableau 11 : Application AMDEC Partie Hydraulique

AMDEC Machine	AMDEC ANALYSE MODES DE DEFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITE					Phase de fonctionnement				Page : 2/3
	Système: Tour Traub TNA 500		Sous-ensemble : Partie Hydraulique							
Elément	Fonction	Mode de la défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action préventive
						F	G	D	C	
Vérin hydraulique	-Transformer l'énergie hydraulique en énergie mécanique	-Déformation de la tige	-Grande effort	-Arrêt machine	-Contrôle	3	3	2	18	- Maintenance régulière - Surveillance de la charge
		-Détérioration des joints intérieurs	-Usure	-Fuites de fluide - Perte de puissance - Réduction de l'efficacité	-Visuelle -Contrôle	2	3	2	12	- Utilisation de joints de qualité - Entretien préventif régulier
		-Blocage	-Grippage	-Arrêt machine	-Contrôle	2	2	2	8	-Vidange du système hydraulique régulier -un fluide propre et de qualité.
Pompe hydraulique	-Fournir l'énergie hydraulique	- Détérioration des joints.	-Contamination d'huile	-Fuite -Echauffement	-Contrôle	2	3	2	12	- Maintenance préventive - Utilisation de joints de qualité

Tableau 12 : Application AMDEC Partie Hydraulique

AMDEC Machine	AMDEC ANALYSE MODES DE DEFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITE					Phase de fonctionnement				Page : 3/3
	Système: Tour Traub TNA 500		Sous-ensemble : Partie Hydraulique							
Elément	Fonction	Mode de la défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action préventive
						F	G	D	C	
Limiteur de pression	-Sert a arrêté où ouvrir le débit d'huile	-Déclenchement à pression trop élevé ou trop faible	-Déréglage ou affaiblissement des ressorts	-Arrêt vérin	-Inspection test avec multimètres	3	3	2	18	- Maintenance préventive - Remplacement périodique des resorts - Utilisation de ressorts de haute qualité
Boite de grisage	-Réduire le frottement l'usure entre les éléments en contact	-Fuite	-Choc -Les joints	-frottement	-Contrôle	2	2	2	8	-Action préventive - Utilisation de joints de qualité

Tableau 13 : Application AMDEC Partie Electrique et électronique

AMDEC Machine	AMDEC ANALYSE MODES DE DEFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITE					Phase de fonctionnement				Page : 1/2
	Système: Tour Traub TNA 500		Sous-ensemble : Partie Electrique et électronique							
Elément	Fonction	Mode de la défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action préventive
						F	G	D	C	
Disjoncteur	-Protection de circuit	-coupure	-Sur charge -Circuit ouvert	-Pas de signal -Circuit ouvert	-Facile	1	2	1	2	- Test de fonctionnement - Maintenance préventive -Changement c'est nécessaire
Transformateur	-Abaisser la tension	-Circuit ou bobine défectueuse	-Surintensité -Choc	-Arrêt de machine	-Détection possible multimètre ou visuelle	1	3	2	6	-Action préventive
Contacteur	-Assurer une vitesse spécifique	-Vieillessement	- Diminution de l'efficacité - Dégradation des matériaux	- Diminution des performances -La machine Ne s'arrête pas	-Contrôle	1	3	2	6	- Maintenance préventive -Changement c'est nécessaire
Sectionneur porte Fusible	-Séparer ou connecte un circuit électrique	-Défaillance du fusible	-Court-circuit -Surintensité	-Arrêt de machine	-Détection possible multimètre	4	1	2	8	- Utilisation de fusibles de qualité - Protection contre les surtensions - Choix du bon type de fusible

Tableau 14 : Application AMDEC Partie Electrique et électronique

AMDEC Machine	AMDEC ANALYSE MODES DE DEFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITE					Phase de fonctionnement				Page : 2/2
	Système: Tour Traub TNA 500		Sous-ensemble : Partie Electrique et électronique							
Elément	Fonction	Mode de la défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action préventive
						F	G	D	C	
Variateur électrique	-Commander la vitesse d'un moteur électrique	-Commande « C.N »	- Vieillessement -Environnement	-Arrêt système -Carte défectueux	-Difficile	2	3	2	12	- Maintenance préventive -Environnement adapté
		-Puissance C	- Surtensions	-Pas d'alimentation -Arrêt système	-Contrôle	2	2	2	8	- Protection contre les surtensions - Installation appropriée
Climatiseur	-Refroidissement efficace des composants électroniques	-souffle uniquement de l'air	- Le thermostat ne fonctionne plus -Le compresseur	-Arrêt la machine	-Contrôle	2	2	2	8	- Entretien régulier - Vérification des connexions
Commande numérique	-Système de contrôle qui coordonne les mouvements de la machine	-Circuit	-Pas d'alimentation	-Arrêt la machine	-Contrôle	2	2	2	8	-Maintenance preventive
		-programmation	-Dérégulé le programme	-Arrêt la machine	-Contrôle	2	3	2	12	-Utilisation de bonnes pratiques de programmation
Capture	-Permet de recueillir des informations sur la position précise.	- Absence retour d'information.	-Défaillance électronique	-Arrêt l'usinage	-Visuelle	3	2	2	12	-Entretien préventif
		-Mesure faux.	-Défaillance du matériau -Environnement	-Mesures inexactes	-Contrôle	2	3	3	18	-Utilisation de capteurs de qualité

## IV.7 Résultats de l'étude AMDEC :

Classement des éléments selon leur criticité :

Tableau 15 : Classement des éléments selon leur criticité.

<b>Sous-ensemble : Partie Mécanique</b>	<b>Criticité</b>
Elément	
Tourelle (Porte-outils).	32
Le Convoyeur	24
Vis et la noix	18
La broche	12
Réducteur de vitesse	12
<b>Sous-ensemble : Partie Hydraulique</b>	<b>Criticité</b>
Elément	
Vérin hydraulique	18
Limiteur de pression	18
Pompe hydraulique	12
Moteur hydraulique	12
<b>Sous-ensemble : Partie Electrique et électronique</b>	<b>Criticité</b>
Elément	
Capture	18
Commande numérique	12
Variateur électrique	12

**Observation de tableau :**

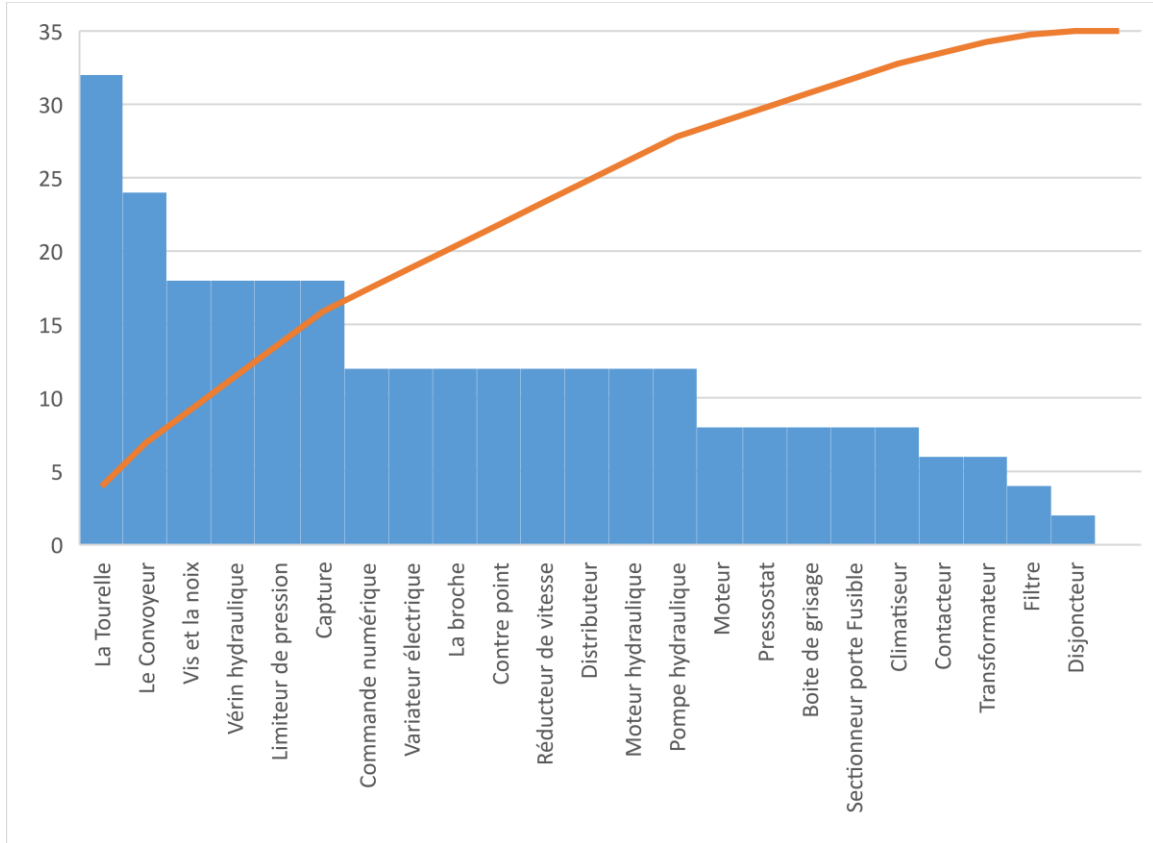
D'après les tableaux et l'analyse fonctionnelle approfondie que nous avons réalisée, il est clair que la majorité des problèmes persistants au sein de ce système sont attribuables à des dysfonctionnements récurrents.

Parmi ces dysfonctionnements, ceux causés par l'usure prématurée des équipements, le déficit de formation du personnel, ou le non-respect des conditions de travail stipulées se distinguent comme les principaux contributeurs aux difficultés que nous rencontrons régulièrement. Ces facteurs compromettent sérieusement notre efficacité opérationnelle et nécessitent une attention immédiate afin d'améliorer la fiabilité et la performance globale du système.

**Tableau 16 :** Représentation la criticité des pièces par ordre décroissante.

N°	Eléments	Criticité	Cumul	Cumul (%)
1	La Tourelle	32	32	10.88
2	Le Convoyeur	24	56	19.04
3	Vis et la noix	18	74	25.17
4	Vérin hydraulique	18	92	31.29
5	Limiteur de pression	18	110	37.41
6	Capture	18	128	45.39
7	Commande numérique	12	140	49.64
8	Variateur électrique	12	152	53.90
9	La broche	12	164	58.15
10	Contre point	12	176	62.41
11	Réducteur de vitesse	12	188	66.66
12	Distributeur	12	200	70.91
13	Moteur hydraulique	12	212	75.17
14	Pompe hydraulique	12	224	79.43
15	Moteur	8	232	82.26
16	Pressostat	8	240	85.10
17	Boite de grisage	8	248	87.94
18	Sectionneur porte Fusible	8	256	90.78
19	Climatiseur	8	264	93.61
20	Contacteur	6	270	95.74
21	Transformateur	6	276	97.87
22	Filtre	4	280	99.29
23	Disjoncteur	2	282	100

Cette figure représente la criticité des éléments, et la ligne orange représente la fiabilité des éléments de notre machine.

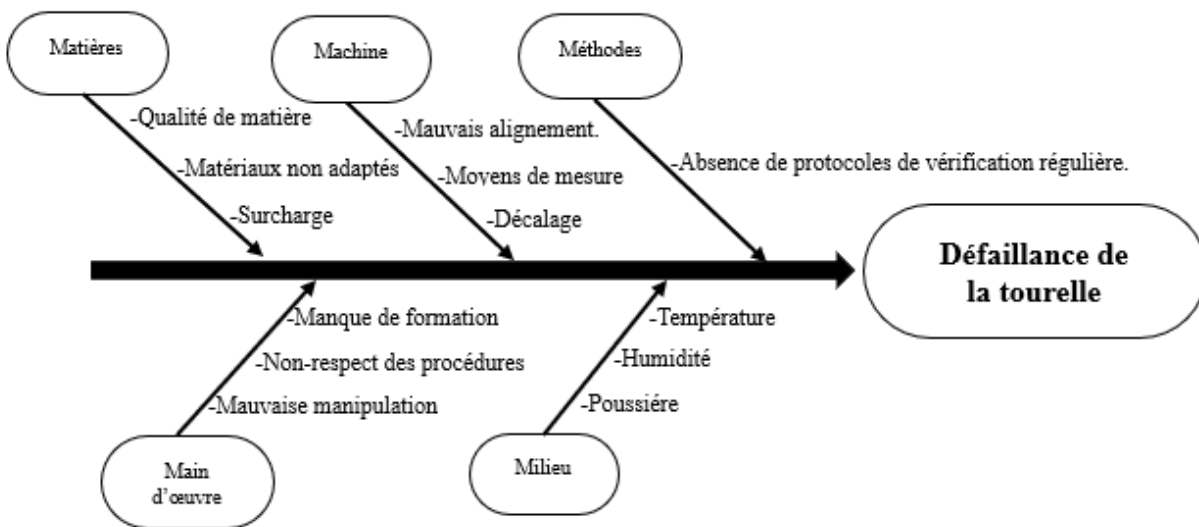


**Figure 23** : Histogramme des Criticités.

### IV.8 Diagrammes d'Ishikawa:

Le diagramme d'Ishikawa, aussi appelé diagramme de causes et effets ou diagramme en arêtes de poisson, est un outil graphique développé par **Kaoru Ishikawa** dans les années 1960 pour identifier et analyser les causes d'un problème spécifique. Le diagramme prend la forme d'un arbre avec l'effet ou problème à résoudre placé à la tête, et les causes principales représentées par des branches. Cet outil structuré et inclusif aide les équipes à se concentrer sur les facteurs clés affectant un processus, rendant le processus de résolution de problème efficace. Les principaux intérêts du diagramme d'Ishikawa sont :

- Identifier de manière exhaustive les causes potentielles d'un problème.
- Hiérarchiser ces causes pour prioriser les actions correctives
- Faciliter la communication et la compréhension du problème grâce à sa représentation visuelle.
- Être applicable à tout type d'entreprise et de problème.



*Figure 24:* Diagrammes d'Ishikawa « Défaillance de la tourelle ».

## IV.9 Actions correctives et préventives proposées et Recommandations :

### IV.9.1 Actions correctives et préventives proposées :

Grâce aux résultats de cette analyse, il est maintenant possible d'élaborer un plan de maintenance pour la machine concernée, en mettant l'accent sur les défaillances les plus critiques. Ce plan permettra de prendre les mesures nécessaires pour prévenir ces défaillances et garantir un fonctionnement optimal de la machine.

**Tableau 17 :** Tableau de maintenance de la machine pour les défaillances les plus critiques

Equipment	Operations à réaliser
Tourelle Le Convoyeur Vis et la noix La broche Réducteur de vitesse	-Inspection des mécanismes de rotation et du verrouillage. -Nettoyage et inspection de la courroie. - Ajustement et inspection des filets. -Surveillance de la température et des vibrations. -Lubrification et vérification des fuites d'huile.
Vérin hydraulique Limiteur de pression Pompe hydraulique Moteur hydraulique	-Inspection des joints et test de fonctionnement. -Vérification et ajustement des réglages. -Surveillance de la pression et du débit. -Surveillance de la température et inspection des composants.
Variateur électrique Commande numérique et capture	-Vérification des connexions et surveillance de la température. - Calibration et mise à jour logicielle. - Vérification des paramètres et validation des données.

### IV.9.2 Recommandations :

Durant ce stage on a remarqué un manque des documentations et le non-respect des conditions de travail, alors on recommande de :

- Demandez au constructeur de rétablir un DTE (dossier technique d'équipement) de chaque machine-outil qui contient :
- Fiche descriptive.
- Fiche technique complète (Plan d'ensemble, Schéma de principe, Schémas fonctionnels et techniques).
- Dossier opérationnel complet (Instructions d'installation, Instructions d'utilisation, Instructions de réglage, Instructions de maintenance, Prescriptions relatives à la présentation, au contenu et à la tenue à jour des instructions de maintenance, Catalogue des pièces détachées, Instructions pour les modifications).
- Historique de maintenance et de réparation
- Liste des pièces de rechange

- Respecter les préconisations des constructeurs concernant les périodes de graissage, de lubrification et de changements systématiques des pièces (les roulements, les courroies, ...etc.).

Un DTE complet et bien organisé fournit toutes les informations nécessaires pour assurer un fonctionnement optimal de la machine-outil, garantir sa sécurité et faciliter la maintenance et les réparations.

Pour éviter ce genre de problème, nous pouvons aussi proposer comme recommandation :

D'effectuer un contrôle d'usure systématique et l'entreprise doit effectuer périodiquement les tâches suivantes.

- Respecter les instructions d'entretien régulier telles que le remplacement des pièces défectueuses selon le calendrier périodique recommandé par le fabricant.
- Répéter systématiquement l'étude AMDEC.
- Formation du personnel du service de maintenance AMDEC.
- Surveillance de la performance des machines
- Créer des fichiers d'historique des pannes.
- Utilisés des logiciels pour le suivi des pannes et la gestion de l'historique des pannes.
- Informer et former les employés sur leur maintenance préventive.
- Nettoyage journalière des débris et des coupeaux.
- Maintenir un stock de sécurité des pièces de rechange essentielles pour éviter les retards dans les réparations.

En suivant ces recommandations, l'entreprise pourra réduire les risques de défaillance, minimiser les temps d'arrêt non planifiés et maintenir la performance optimale du système. La formation du personnel et la mise en place de procédures de suivi permettront de prévenir les problèmes liés à l'usure et de garantir une maintenance proactive et efficace.

**IV.10 Stratégie de mise en place d'un plan de maintenance :****IV.10.1 Objectifs :**

L'établissement du plan de maintenance permet d'atteindre les objectifs suivants :

- Garantir une continuité de service.
- Amélioration de la qualité et de la fiabilité.
- Réduction des coûts d'exploitation.
- Prolongation de la durée de vie des équipements.
- Amélioration de la sécurité.

**IV.10.2 Conditions d'établissement :**

Pour garantir une gestion efficace de la maintenance d'un actif au fil du temps, le plan de maintenance doit contenir toutes les informations nécessaires, en tenant compte du contexte spécifique dans lequel il est établi. Ce contexte inclut des facteurs tels que :

- L'utilisation de l'équipement.
- Les objectifs de production.
- Les produits fabriqués.
- Les taux de défaillance observés.

Étant donné que ce contexte peut évoluer avec le temps, le plan de maintenance doit être périodiquement réexaminé pour garantir sa pertinence continue.

Un élément central du plan est l'inventaire détaillé des interventions nécessaires, indiquant les modes opératoires requis, l'état requis de l'équipement, et les ressources nécessaires.

Enfin, l'établissement d'un planning précis des interventions permet de coordonner efficacement les activités de maintenance, assurant ainsi la fiabilité et la durabilité des équipements.

**IV.10.3 Principales actions intégrées au plan de maintenance :**

Les principales actions intégrées au plan de maintenance, définies de manière précise, incluent:

- Inspections.
- Contrôles.
- Visites.
- Réparation.

En intégrant ces actions dans le plan de maintenance, une organisation peut assurer une gestion proactive et préventive de ses équipements, réduisant ainsi les risques d'interruptions non planifiées et prolongeant la durée de vie utile des actifs.

**IV.10.4 Démarche à entreprendre :****Gammes d'entretien :**

Une "gamme" désigne ici l'ensemble des opérations de maintenance qui doivent être exécutées de manière précise et régulière, en utilisant les méthodes et les moyens spécifiquement prescrits pour chaque opération. Ces opérations sont planifiées selon des intervalles temporels spécifiques pour assurer le bon fonctionnement continu de la machine.

Cette gamme proposée, prend en compte les différentes opérations (fréquences et moyennes) sous-embles important, talque :

- La tourelle
- La broche
- Commandes numériques (CNC)

Ces composants sont essentiels au bon fonctionnement de la machine et nécessitent une surveillance, un contrôle et un remplacement réguliers pour éviter toute défaillance imprévue et aléatoire.

Par cette méthode, le bureau technique aura toute la latitude de préparer les gammes opératoires d'intervention.

Dans ces conditions les TTR (Temps de Travail Réduits) seront moindres, en d'autres termes, en appliquant une méthode de maintenance proactive et en surveillant attentivement les éléments

critiques de la machine, on minimise les risques de pannes imprévues. Cela permet d'assurer une disponibilité plus élevée de la machine, réduisant ainsi les temps d'arrêt et améliorant la productivité globale de l'installation.

Tableau 18 : Gamme d'entretien préventive

N°	Désignation Opération	Périodicité (h)	Niveau de maintenance	PDR et Consommable	Outillage				Intervenant
					Méc	Eléc	Hyd	Opé	
1	Inspections	8H	1	Visuel	•	•			Manuel
2	Réparation		2	Pièces de rechange	•				Mécanique
3	Nettoyage	24 heures	1	Solution de nettoyage				•	Manuel
4	Visites	100 heures	1	Liste de vérification	•	•	•		Manuel ou technique spécialisé
5	Contrôles	500 heures	2	Instruments de mesure	•	•			Technique spécialisé
6	La tourelle	1000 heures	4	Pièces de rechange spécifiques à la tourelle	•	•			Technique spécialisé
7	La Broche	300 heures	3	Outils de mesure de vibration	•	•			Technique spécialisé
8	Pompe de graissage	500 heures	2	Huile de graissage			•		Manuel
9	Le Convoyeur	200 heures	2	Visuel	•	•			Manuel
10	Moteur	500 heures	2	Outils de diagnostic	•	•			Technique spécialisé
11	Moteur hydraulique	1000 heures	3	Pièces de rechange hydrauliques	•		•		Technique spécialisé
12	Filtre	300 heures	1	Filtre de rechange				•	Manuel
13	Boite de grisage	250 heures	2	Graisse spécifique	•				Manuel
14	Commande numérique	1000 heures	4	Logiciel de diagnostic		•			Technique spécialisé
15	Capture	24 heures	1	Logiciel de capture de données		•			Manuel ou technique spécialisé
16	Moteur hydraulique	1000 heures	3	Pièces de rechange			•		Technicien spécialisé en hydraulique
17	Vis et la noix	200 heures	3	Graissage	•		•		Technicien mécanique

**IV.10.5 Stratégie de mise en place d'un plan de maintenance :****Définition des actions de maintenance à prévoir dans le plan :**

L'analyse AMDEC permet de déterminer la criticité d'un équipement par rapport à ses différentes fonctions. Comment alors choisir le type de maintenance à appliquer, cela peut inclure la maintenance préventive, prédictive ou corrective. Et quelles actions entreprendre en réponse à cette évaluation de criticité ?

Les opérations de maintenance à retenir dans le plan doivent satisfaire 3 critères :

- **Applicabilité** : si elle peut être mise en œuvre.
- **Efficacité** : si elle permet de réduire le taux ou l'intensité de défaillance.
- **Rentabilité** : si elle peut être réalisée dans des conditions économiques.

**IV.10.6 Définition des périodicités :****La périodicité d'intervention T se détermine à partir :**

- Des préconisations du constructeur dans un premier temps.
- De l'expérience acquise lors d'un fonctionnement correctif.
- Historique des performances.
- Critères de maintenance.
- De l'exploitation fiabiliste réalisée à partir d'essais, d'historiques ou de résultats fournis par des visites préventives initiales.
- D'une analyse prévisionnelle de fiabilité (quantification d'un arbre de défaillance).

En combinant ces facteurs, les responsables de la maintenance peuvent déterminer une périodicité d'intervention T qui maximise la disponibilité et la fiabilité de l'équipement tout en minimisant les coûts et les risques associés à une défaillance. Dans tous les cas, la périodicité n'est pas une valeur fixe « une fois pour toute ».

**IV.10.7 Mettre en place un programme d'entretien préventif :**

L'élaboration d'un programme adapté demande la participation de tous les intervenants (direction, département de production, département de l'entretien et travailleurs). La bonne compréhension du rôle d'entretien préventif est essentielle au succès d'une telle entreprise. Voici donc la suite logique des étapes à suivre pour élaborer un programme d'entretien préventif efficace qui peut très bien fonctionner sur papier sans passer nécessairement à l'étape d'informatisation.

Les étapes suivantes sont :

- **Dresser l'inventaire des équipements** : Commencez par recenser tous les équipements utilisés dans votre installation ou processus.
- **Choisir les équipements à entretenir** : Identifiez les équipements critiques qui nécessitent un entretien préventif régulier pour assurer la continuité des opérations.
- **Déterminer le type d'entretien préventif et les activités associées** : Pour chaque équipement sélectionné, définissez le type d'entretien préventif approprié (inspection, lubrification, remplacement de pièces, etc.) ainsi que les activités spécifiques à effectuer.
- **Structurer le dossier d'entretien des équipements** : Créez une documentation détaillée pour chaque équipement, comprenant les spécifications techniques, les procédures d'entretien préventif, les historiques d'interventions et les recommandations des fabricants.
- **Établir un calendrier d'entretien et déterminer les responsabilités** : Planifiez les périodicités des interventions d'entretien préventif et attribuez les responsabilités claires aux personnes concernées (techniciens, superviseurs, etc.).
- **Former le personnel** : Assurez-vous que tous les membres du personnel impliqués comprennent le programme d'entretien préventif, ses objectifs, et les méthodes à suivre pour exécuter les tâches de manière efficace et sécuritaire.
- **Évaluer le programme** : Après la mise en œuvre initiale, évaluez régulièrement l'efficacité du programme d'entretien préventif en examinant les performances des équipements, en identifiant les améliorations nécessaires et en recueillant les feedbacks des utilisateurs.
- **Effectuer un suivi continu** : Maintenez une surveillance constante des activités d'entretien préventif, enregistrant les résultats des inspections, les ajustements nécessaires au calendrier et les éventuelles modifications des procédures.

- **Compiler les fiches techniques des équipements** : Centralisez toutes les informations techniques pertinentes dans des fiches techniques accessibles pour faciliter la référence rapide et précise lors des interventions d'entretien.
- **Structurer le dossier d'entretien des équipements** : Assurez-vous que le dossier d'entretien est organisé de manière à permettre une gestion efficace des informations, incluant les historiques de maintenance, les rapports d'interventions et les suivis de performances.
- **Contrôler l'inventaire des pièces de rechange** : Garantisiez la disponibilité adéquate des pièces de rechange nécessaires pour minimiser les temps d'arrêt imprévus et assurer la continuité des interventions d'entretien.

#### IV.10.8 Choisir les équipements à entretenir :

L'implantation doit donc se faire graduellement en commençant par les équipements critiques dont la défaillance entraînerait :

- Un danger pour la santé et la sécurité du personnel.
- Un arrêt de production.
- Une diminution de la qualité.
- Damages et coûts considérables.
- Danger pour l'environnement.

Pour justifier l'entretien préventif d'un équipement, il est crucial d'évaluer le coût de celui-ci et de le comparer aux coûts potentiels suivants :

- **Coût de l'entretien curatif (dépannage et réparation)** : L'entretien curatif intervient après qu'une défaillance ait déjà eu lieu, entraînant souvent des temps d'arrêt imprévus et des coûts élevés pour les réparations urgentes.
- **Coût des accidents de travail (coûts directs et indirects)** : Les défaillances d'équipement peuvent entraîner des accidents de travail, causant des blessures aux travailleurs. Les coûts directs incluent les soins médicaux d'urgence et le remplacement du personnel blessé. Les coûts indirects comprennent la perte de productivité, les enquêtes sur les accidents, les ajustements d'assurance et les impacts sur la moralité et la réputation de l'entreprise.

- **Coût des pertes de production** : Lorsqu'un équipement tombe en panne, la production est interrompue, ce qui entraîne des pertes financières directes en raison de la non-livraison de produits aux clients et des pénalités contractuelles éventuelles.
- **Coût des rebuts (mauvaise qualité du produit)** : Une défaillance de l'équipement peut entraîner la production de produits défectueux ou non conformes, augmentant ainsi le coût lié au retraitement des produits, aux rebuts et aux retours de clients.

En comparant ces coûts potentiels à celui de l'entretien préventif régulier, il devient évident que prévenir les défaillances par une maintenance planifiée et régulière peut être nettement plus rentable à long terme.

#### IV.10.9 Choisir le type d'entretien pour ces équipements :

L'entretien préventif de type conditionnel représente une approche optimale pour surveiller l'évolution des paramètres sur une machine, permettant ainsi de maximiser la durée de vie des pièces et des composants. Cependant, son efficacité dépend étroitement de la fiabilité et de la précision des instruments de mesure utilisés. Ce type d'entretien est donc recommandé principalement pour les équipements où les défauts peuvent être facilement détectés et mesurés à l'aide de capteurs fiables ou d'instruments spécialisés.

Le choix du type d'entretien résultera toujours d'un compromis financier et technique.

De ce fait, le responsable du choix devra effectuer pour chaque équipement la comparaison des avantages et des inconvénients inhérents à chaque type d'entretien.

*Tableau 19* : Stratégies de maintenance préventive

<b>Entretien correctif</b>	Pour les équipements où la non-disponibilité a un faible impact sur la production ou la sécurité.
<b>Entretien systématique</b>	Pour remplacer régulièrement les pièces d'usure peu coûteuses comme les joints, garnitures, fusibles, filtres, courroies, ou pour les pièces critiques avec une longévité bien connue comme les relais, coussinets...
<b>Entretien périodique</b>	fiables ne peuvent être obtenues autrement que par des procédures spécifiques de vérification. Assurer la conformité régulière et la sécurité opérationnelle.
<b>Auto maintenance ou rondes spécifiques</b>	Pour les opérations de graissage, lubrification, calibration ou ajustements légers, impliquant l'engagement direct des opérateurs. Rondes spécifiques sur un groupe d'équipements ou auto maintenance pour une maintenance proactive et efficace.

En adaptant chaque méthode d'entretien en fonction des exigences spécifiques des équipements, il est possible de maintenir leur performance optimale, de prolonger leur durée de vie et de minimiser les temps d'arrêt non planifiés.

Afin de mieux s'orienter dans les choix menant à l'entretien conditionnel, voici un exemple de tableau récapitulatif des méthodes utilisées en fonction des équipements surveillés et de la périodicité des mesures.

**Tableau 20** : Exemple du Choix du type d'entretien

<b>Méthode</b>	<b>Équipements Surveillés</b>	<b>Instruments</b>	<b>Périodicité des Mesures</b>
<b>Analyse des Fluides de Coupe</b>	Machines-outils utilisant des fluides de coupe	Analyseurs de fluides, tests chimiques	Toutes les 3 mois ou selon l'utilisation
<b>Mesure de Vibrations</b>	Machines tournantes de moyenne et grande puissance, équipements critiques.	Capteur de vibration, analyseur (sous-traitants)	Périodiquement
<b>Contrôle de l'État de Surface</b>	Composants soumis à l'usure de surface	Rugosimètres, instruments de mesure de l'usure	Avant et après des cycles spécifiques de production
<b>Analyse des Huiles</b>	Réducteurs, circuits hydrauliques...	Réalisé par les fournisseurs ou sous-traitants	Périodiquement
<b>Thermographie</b>	Équipements haute tension, électronique de puissance, armoires de relayage, fours...	Imageur thermique, caméra infrarouge (sous-traitants)	Périodiquement
<b>Analyse des Émissions Lumineuses (Spectroscopie)</b>	systèmes de lubrification	Spectromètres d'émission optique	Périodiquement pour surveiller la composition des fluides
<b>Détection des Ultrasons</b>	Localisation des fuites	Détecteur ultrasonique (sous-traitants)	Selon la demande

**IV.10.10 Contrôler l'inventaire des pièces de rechange :**

Contrôler l'inventaire des pièces de rechange est une étape cruciale pour assurer la disponibilité des pièces nécessaires à la maintenance des équipements. Voici les principales étapes pour réaliser ce contrôle effacement:

- **Évaluation des besoins** : Identifier les pièces de rechange critiques et stratégiques pour les équipements essentiels à la production.
- **Inventaire initial** : Réaliser un inventaire détaillé de toutes les pièces de rechange actuellement en stock.
- **Classification et codification** : Utiliser un système de classification et de codification clair pour organiser les pièces de rechange.
- **Mise à jour régulière** : Établir une procédure pour mettre à jour régulièrement l'inventaire des pièces de rechange.
- **Gestion des seuils de réapprovisionnement** : Définir des seuils de réapprovisionnement pour chaque pièce de rechange en fonction de la demande prévue, des délais de livraison et des exigences de stock de sécurité.
- **Utilisation de logiciels de gestion d'inventaire** : Considérer l'utilisation de systèmes informatisés ou de logiciels spécialisés pour faciliter la gestion et le suivi de l'inventaire des pièces de rechange.
- **Audits et vérifications** : Planifier des audits réguliers de l'inventaire pour détecter les écarts, les pertes éventuelles et les erreurs de comptage.
- **Collaboration avec les fournisseurs** : Établir des relations de collaboration avec les fournisseurs pour optimiser la disponibilité des pièces de rechange critiques.

En suivant ces étapes, les organisations peuvent assurer une gestion efficace et proactive de leur inventaire de pièces de rechange, minimisant ainsi les interruptions dues aux pièces manquantes et optimisant la disponibilité des équipements.

**IV.10.11 Aspect organisationnel :**

Pour atteindre l'objectif d'appliquer l'entretien préventif conditionnel, il est essentiel de mettre en place une organisation adéquate qui implique plusieurs aspects clés de coordination, d'information, de formation et de logistique. Voici quelques éléments spécifiques à considérer:

- Coordination entre les services
- Système de gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO)
- Formation et information des acteurs de la maintenance
- Logistique adaptée aux besoins du service maintenance

**IV.11 Conclusion :**

L'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) ainsi que l'utilisation du diagramme d'Ishikawa ont été des outils essentiels dans notre démarche d'amélioration de la fiabilité du système. Ces méthodes nous ont permis d'identifier les points critiques et les causes potentielles de défaillance, ce qui nous a ensuite guidés dans la formulation de recommandations appropriées. En évaluant la probabilité et l'impact des défaillances, nous avons pu déterminer les actions prioritaires à entreprendre pour renforcer la robustesse du système. Ces recommandations englobent des interventions proactives telles que la mise en place de procédures de maintenance préventive, la validation de la qualité des composants utilisés, ainsi que la formation du personnel pour une meilleure anticipation et gestion des incidents. En adoptant une approche préventive et en investissant dans la gestion proactive des risques, nous visons à garantir une performance optimale du système tout en minimisant les interruptions opérationnelles et en assurant la satisfaction des clients.

Il est également crucial de mentionner que nous avons mis en place une stratégie pour élaborer un plan de maintenance systématique et rigoureux. Ce plan vise à assurer la pérennité des améliorations apportées à la fiabilité du système. En intégrant l'analyse fonctionnelle, l'AMDEC et le diagramme d'Ishikawa dans notre processus de planification de maintenance, nous sommes en mesure de cibler spécifiquement les aspects critiques du système et d'anticiper les interventions nécessaires pour prévenir les défaillances potentielles.

Il est important de noter que ces recommandations doivent être suivies et évaluées régulièrement pour garantir leur efficacité à long terme. La surveillance continue du système et l'application de bonnes pratiques de maintenance sont essentielles pour maintenir la fiabilité et les performances du système dans le temps.

# Conclusion générale

Le travail que nous avons effectué s'inscrit dans le cadre de notre projet de fin d'études.

Avec l'appui du stage pratique à le groupe des industries Mécaniques (GPIM), ce travail nous a permis de découvrir la réalité de l'activité d'un complexe industriel. Ce qui a été pour nous très bénéfique et nous a permis de découvrir de nouvelles technologies dans le domaine industriel et d'enrichir nos connaissances intellectuelles en pratiquant sur le terrain les théories acquises au niveau de l'université, et d'acquérir une bonne expérience, non seulement en ce qui concerne notre sujet mais aussi d'autres connaissances dans les différents secteurs existants dans l'entreprise.

En première lieu nous avons présenté la Société et la machine TRAUB TNA 500, puis on a présenté l'ensemble des connaissances sur la maintenance et la fiabilité et en fin la méthode AMDEC, Puis nous nous sommes engagés à faire l'étude et l'analyse des modes de défaillance de la machine de tour horizontal TRAUB TNA 500, en appliquant la méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance de leurs effets et de leur criticité).

La démarche suivie afin d'étudier cette machine nous a permis de cerner les anomalies de fonctionnement de ce dernier, tout en appliquant l'étude de fiabilité et la méthode d'analyse des modes de défaillance efficace AMDEC pour déterminer les paramètres critique causant l'arrêt de la celle-ci.

Afin de mettre en évidence les défaillances de la machine nous avons procédé tout d'abord à une analyse fonctionnelle et structurelle pour laquelle nous avons appliqué la méthode FAST, ensuite nous avons procédé à une analyse dysfonctionnelle en utilisant la méthode Ishikawa.

Cette étude nous a permis de mettre en évidence le comportement de la machine TRAUB TNA 500 et localiser le maillon le moins fiable.

Après l'application de la méthode AMDEC nous avons proposé un plan de maintenance préventive qui réduira certainement le nombre de pannes, améliorant ainsi leur disponibilité et augmentant la productivité.

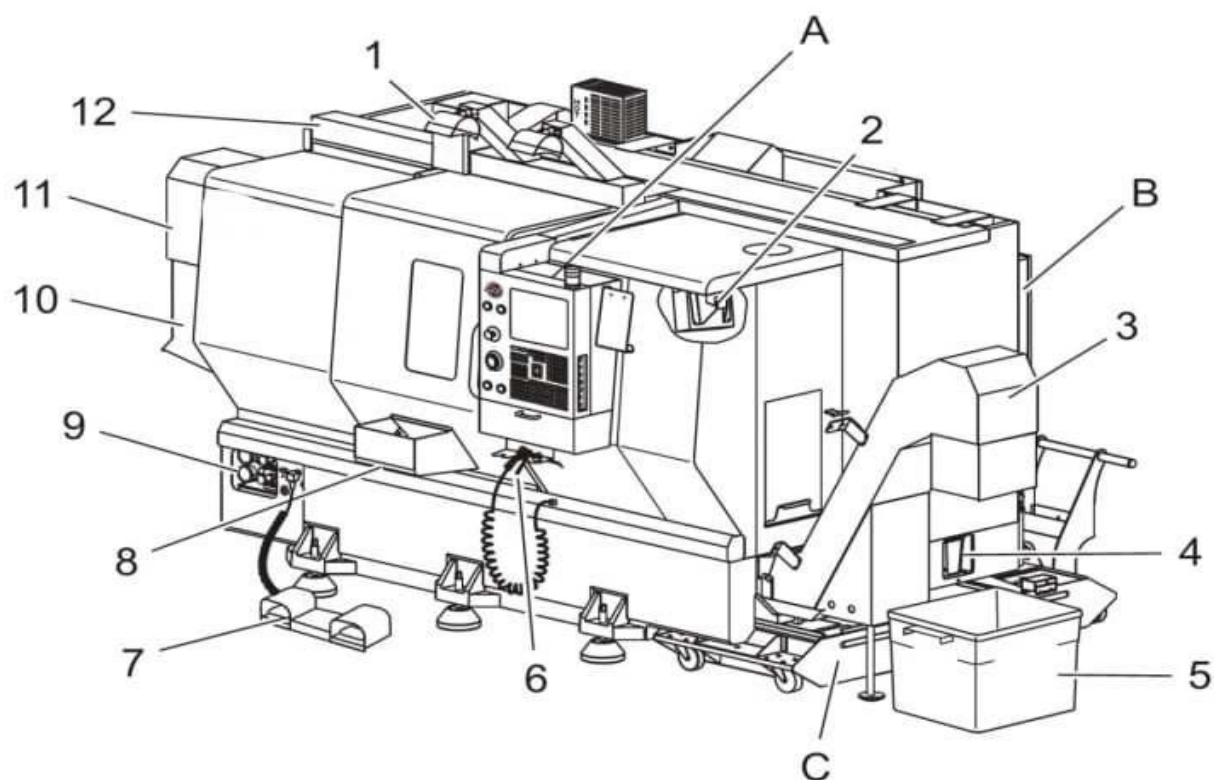
On peut dire que :

La machine demande une maintenance judicieuse, un suivi minutieux ainsi que des ouvriers qualifiés. Pour cela, il est très important de connaître le comportement de la machine, qui nous permet de choisir une meilleure politique de maintenance qui rend possible de garder la machine en bon état et d'augmenter sa fiabilité.

A la fin on peut dire que pour éviter les défaillances les plus critique il faut faire un plan de maintenance préventive et correctif pour éliminer ou diminuer les points critiques existantes.

# Annexe

## Description générale :



Vue extérieur de la machine

1.Éclairage à haute intensité

2. Éclairage de travail

3. Convoyeur à copeaux

4. Bâche évacuation d'huile

5. Conteneur à copeaux

6. Soufflette d'air

7. Pédales

9. Groupe hydraulique (HPU)

10. Collecteur fluide d'arrosage

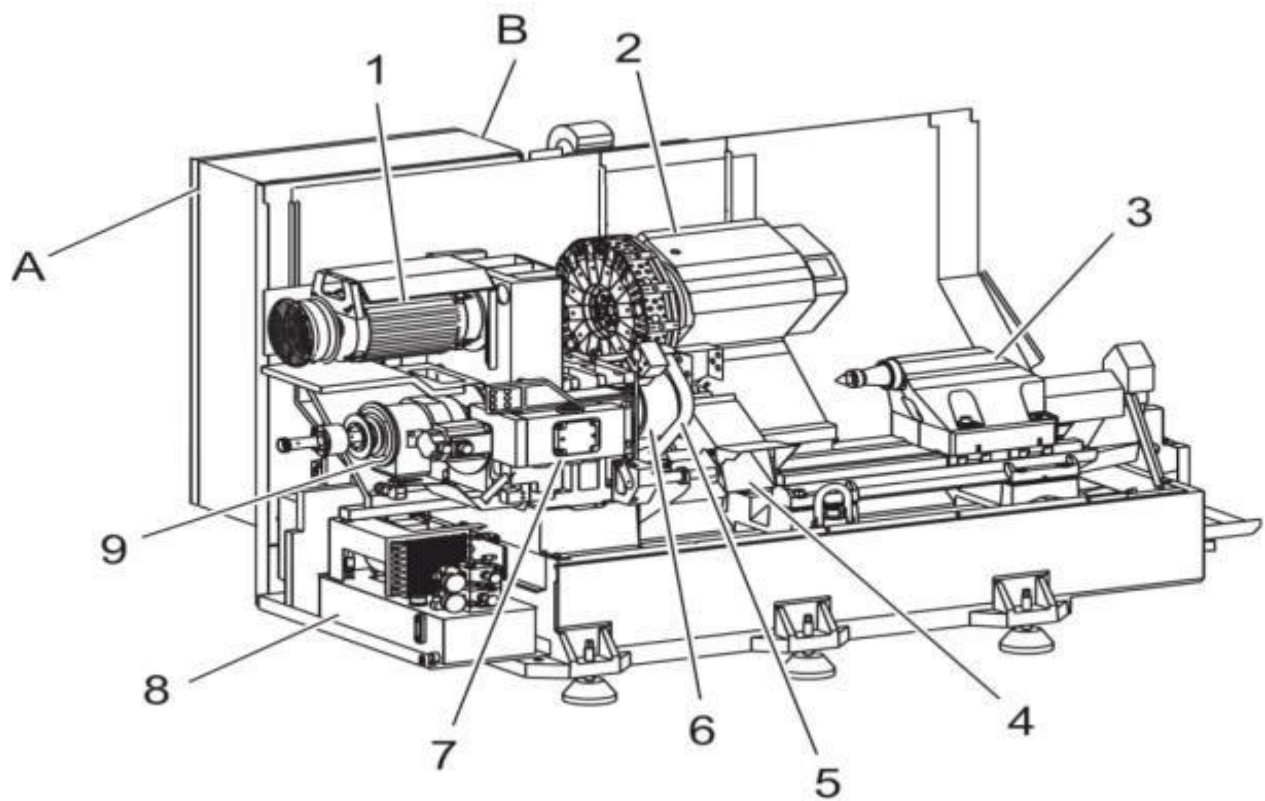
11. Moteur de broche

12. Servo de porte automatique

A. Boîtier de commande suspend

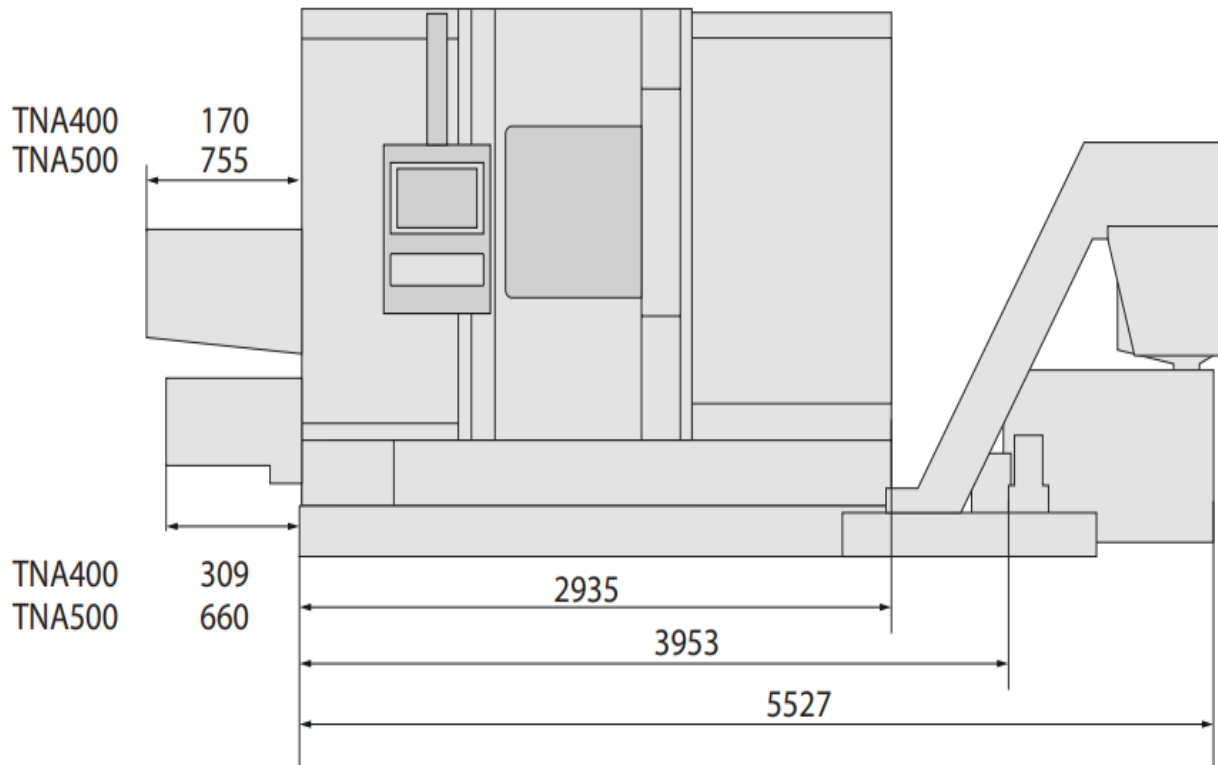
B. Panneau de lubrification minimal

C. Réservoir de liquide d'arrosage

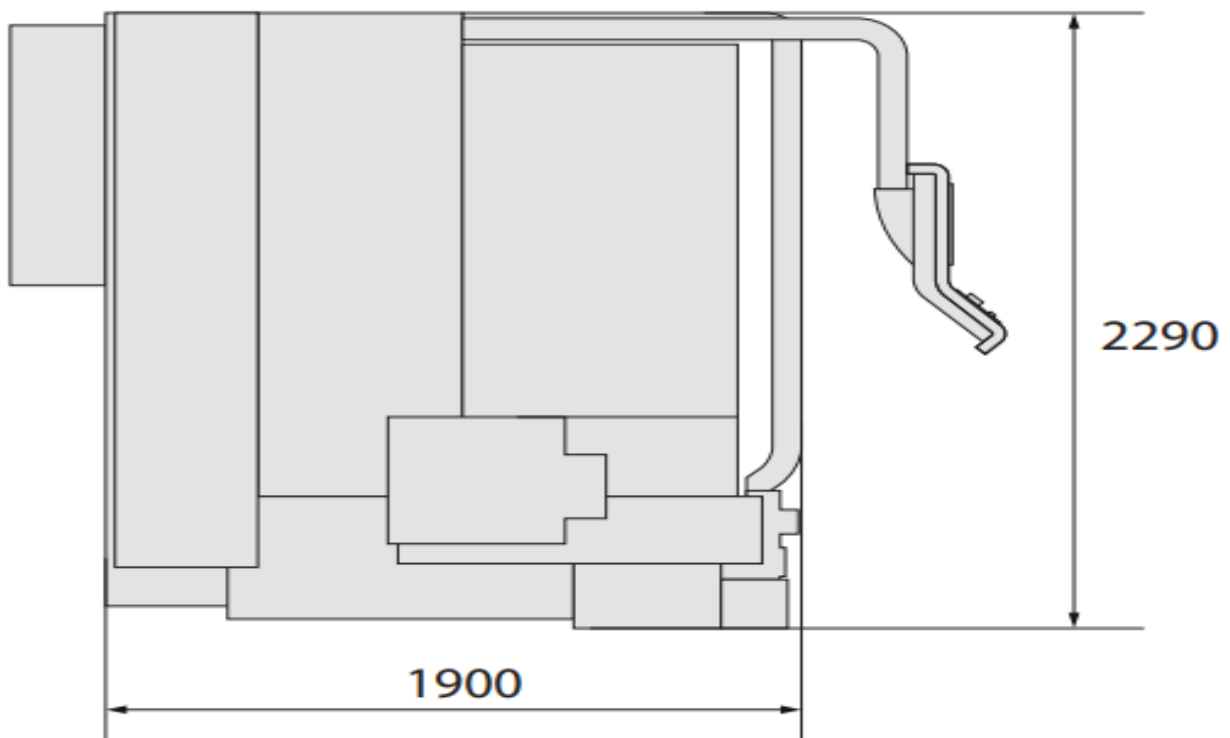


Vue de l'intérieur de la machine

- |                                  |   |
|----------------------------------|---|
| 1. Moteur de broche              | 7. Ensemble entraînement d'axe C        |
| 2. Ensemble tourelle porte-outil | 8. Groupe hydraulique                   |
| 3. Poupée mobile                 | 9. Ensemble tête de broche              |
| 4. Collecteur pièces             | A. Armoire de commande                  |
| 5. Bras du LTP                   | B. Armoire de commande, panneau latéral |
| 6. Bras du LTP                   |   |



la façade avant



la façade latérale

# Bibliography

- [ «entreprise,» 2017. [En ligne]. Available:  
1] <http://snvigroupe.dz/pagesweb/entreprise/entreprsuite.php>.
- [ «Leschampionseconomiques.dz,» 2021. [En ligne]. Available:  
2] <https://www.leschampionseconomiques.dz/transfert-des-participations-de-snvi-a-lepic-gpim-achevees/#:~:text=L'objectif%20de%20ce%20transfert,du%2013%20au%2025%20d%C3%A9cembre..>
- [ Mohamed, «presentation-du-snvi-sonacome,» 2018. [En ligne]. Available:  
3] <https://fr.slideshare.net/slideshow/presentation-du-snvi-sonacome/85800052>.
- [ Dossier technique de tour TRAUB TNA 500, 2013.  
4]
- [ «www.index-group.com,» 2010. [En ligne]. Available: [https://www.index-group.com/fileadmin/user\\_upload/TRAUB/TNA600/TRAUB\\_TNA600\\_TNA500\\_FR.pdf](https://www.index-group.com/fileadmin/user_upload/TRAUB/TNA600/TRAUB_TNA600_TNA500_FR.pdf).
- [ n. Ouarezki et M. R. Benachour, «<http://dlibrary.univ-boumerdes.dz/>,» 2018. [En ligne].  
6] Available: <http://dlibrary.univ-boumerdes.dz:8080/bitstream/123456789/8428/1/Ouarezki%2c%20Nassim.pdf>.
- [ «www.index-group.com,» 2016. [En ligne]. Available: [https://www.index-group.com/fileadmin/user\\_upload/TRAUB/TNA400/TNA400\\_TNA500\\_FR\\_0423\\_web.pdf](https://www.index-group.com/fileadmin/user_upload/TRAUB/TNA400/TNA400_TNA500_FR_0423_web.pdf).
- [ «fac.umc.edu.dz,» 2019. [En ligne]. Available:  
8] <https://fac.umc.edu.dz/ista/pdf/cours/cours%20omm.docx>.
- [ s. Drid, «elt.univ-batna2.dz,» 2020. [En ligne]. Available: <https://elt.univ-batna2.dz/>.  
9]
- [ «tribofilm.fr,» 2021. [En ligne]. Available: <https://www.tribofilm.fr/les-differents-types-de-maintenance/>.  
10]
- [ «Etudes des défaillances COURS 1,» 2018. [En ligne]. Available:  
11] <https://fac.umc.edu.dz/ista/pdf/cours/Etudes%20des%20d%C3%A9faillances%20COURS%201.pdf>.
- [ «hubertfaigner.fr,» 2021. [En ligne]. Available: <https://hubertfaigner.fr/wp-content/uploads/2020/06/11-Les-D%C3%A9faillances.docx>.  
12]
- [ «Cours 1MIMST M1,» 2015. [En ligne]. Available:  
13] <https://fac.umc.edu.dz/fstech/cours/G%20Transport/Cours%201MIMST%20M1.pdf>.

- [ «FIABILITE MAINTENABILITE DISPONIBILITE,» 2014. [En ligne]. Available:  
14] <https://www.umc.edu.dz/images/cours/polycopi%20FMD%202013.pdf>.
- [ [En ligne].  
15]
- [ «inrs.fr,» 2002. [En ligne]. Available: <https://www.inrs.fr/dms/inrs/Publication/A-5-1-054-3951-01/ns225.pdf>.  
16]
- [ «techniques-ingenieur.fr,» 2009. [En ligne]. Available: <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/genie-industriel-th6/fonction-strategique-de-la-maintenance-42137210/disponibilite-des-moyens-de-production-mt9201/disponibilite-essai-de-definition-mt9201niv10002.html#:~:text=La%20disponibilit%C3%A9%>.  
17]
- [ G. Mohamed, «<https://dspace.univ-guelma.dz>,» 2020. [En ligne]. Available: <https://dspace.univ-guelma.dz/jspui/bitstream/123456789/10179/1/ketatliamohamed.pdf1603619817.pdf>.  
18]
- [ A. Kharouati , «<https://biblio.univ-annaba.dz/>,» 2021. [En ligne]. Available: <https://biblio.univ-annaba.dz/wp-content/uploads/2023/04/These-Kharouati-Aicha.pdf>.  
19]
- [ «[www.onera.fr](http://www.onera.fr),» 2012. [En ligne]. Available:  
20] <https://www.onera.fr/sites/default/files/u490/cours.pdf>.
- [ D. B. L. P. A. Talon, «Analyse de risques : Identification et estimation : Démarches d'analyse de  
21] risques - Méthodes qualitatives d'analyse de risques,» 2009. [En ligne]. Available:  
[http://ressources.unit.eu/cours/cyberriques/etage\\_3\\_aurelie/co/Module\\_Etage\\_3\\_synthese\\_49.html](http://ressources.unit.eu/cours/cyberriques/etage_3_aurelie/co/Module_Etage_3_synthese_49.html).
- [ «visuresolutions,» 2021. [En ligne]. Available: <https://visuresolutions.com/fr/risk-management-fmea-guide/history-and-evolution/>.  
22]
- [ «<https://www.academia.edu/>,» 2020. [En ligne]. Available:  
23] [https://www.academia.edu/47782688/Introduction\\_%C3%A0\\_la\\_M%C3%A9thode\\_AMDEC\\_Th%C3%A8me\\_S%C3%BBret%C3%A9\\_de\\_Fonctionnement](https://www.academia.edu/47782688/Introduction_%C3%A0_la_M%C3%A9thode_AMDEC_Th%C3%A8me_S%C3%BBret%C3%A9_de_Fonctionnement).
- [ S. K. L. e. Hezil, «<http://dlibrary.univ-boumerdes.dz/>,» 2021. [En ligne]. Available:  
24] <http://dlibrary.univ-boumerdes.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/11018/1/Senouci%20Khaled.pdf>.
- [ «<https://www.ptc.com/>,» 2021. [En ligne]. Available: <https://www.ptc.com/fr/blogs/plm/what-is-fmea>.  
25]
- [ «appvizer,» 2020. [En ligne]. Available: <https://www.appvizer.fr/magazine/operations/gestion-de-projet/amdec>.  
26]

[ R. Michel , «techniques-ingenieur,» 1999. [En ligne]. Available: <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/genie-industriel-th6/methodes-de-production-42521210/amdec-moyen-ag4220/mise-en-garde-limitations-ag4220niv10003.html>.

[ D. Mamadi, «fr.scribd.com,» 2023. [En ligne]. Available: <https://fr.scribd.com/document/658837064/Rapport-de-Stage>.

[ K. AISSAT , «dlibrary.univ-boumerdes.dz,» 2021. [En ligne]. Available: <http://dlibrary.univ-boumerdes.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/8607/1/Aissat%2c%20Khaled.pdf>.

[ «PDF DE FMR,» 2022.  
30]