

République Algérienne Démocratique Et Populaire

Ministère de L'Enseignement supérieure et de la Recherche Scientifique  
Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou



Faculté de génie de la construction

Département électromécanique

## Mémoire

### De Fin D'études

En vue de l'obtention du diplôme académique

MASTER

Filière : électromécanique

Spécialité : Maintenance industrielle

Présenté par :

Proposé et encadré par : Mme. SI HADJ MOHAND Chafiâa

GADA Lyes

HAMOUCHE Mokrane

## Thème

**Application de l'analyse AMDEC sur un système de  
graissage des glissières des machines-outils**

Mémoire soutenance le 11/07/2023 devant les jurys composés de :

Mr. OULAD Ouali Mohand	Professeur	UMMTO	Président
Mr. BELIAD Kamel	MCA	UMMTO	Examineur
Mme. SI HADJ MOHAND Chafiâa	MAA	UMMTO	Promotrice
Mr. BOURAS Rachid	professeur	UMMTO	Co-encadreur

Année Universitaire 2022/2023

---

# REMERCIEMENTS

---

Nous rendons grâce à dieu qui nous a donné l'aide, la patience et le courage pour accomplir ce modeste travail.

Nous souhaitons ensuite adresser toute notre reconnaissance à notre encadrante Mme.SI HADJ MOHAND Chafiâa et Co-encadrant Mr BOURAS Rachid. Nous les remercions pour leurs qualités d'encadrement, pour le temps qu'ils ont consacré pour nous, afin de répondre à toutes nos questions ainsi que pour leurs aides et précieux conseils.

On tient à remercier le président de jury et les membres de jury qui nous ont fait l'honneur d'examiner et évaluer notre travail.

Nous aimerons adresser nos remerciements à tout le personnels de l'université UMMTO, en particulier le Département d'Electromécanique. Nous tenons à remercier nos professeurs ainsi que les responsables de notre formation pour la qualité d'enseignement dont nous avons bénéficié toutes ces années.

Nous adressons nos remerciements aux ingénieurs et le personnels du hall technologie d'Oued-Aissi.

Nous souhaitons à remercier nos chères familles qui ont toujours été là pour nous, pour leurs encouragements ainsi que leur soutien.

A la fin nous voudrions remercier toute personne et intervenant qui nous a aidé de près ou de loin afin de faire avancer et réaliser notre mémoire.

---

# Dédicaces

---

Nous tenons à dédier ce modeste travail à nos chers parents auxquels il serait difficile d'exprimer notre profonde gratitude pour leur éducation et leurs encouragements tout au long de nos études et pour tous les sacrifices réalisés à notre égard.

On ne pourra jamais assez les remercier pour tout ce qu'ils ont fait pour nous. Que dieu les protège et nous les préserve.

On tient à exprimer une profonde gratitude à nos frères et sœurs, cousins et cousines, nos amis pour leurs soutiens et encouragements durant tout le long de notre parcours éducatif.

Nous dédions à nos camarades et collègues de notre promo avec qui on a partagé toutes ces années ensemble.

Merci à toutes les personnes avec lesquelles on partage cet accomplissement.

---

## Sommaire

---

<b>Chapitre I : Analyse fonctionnelle.....</b>	
I-1- Introduction .....	1
I-2- Définition .....	2
I-3- Pourquoi l'analyse fonctionnelle .....	2
I-4- L'utilisation de l'analyse fonctionnelle .....	3
I-4-1- Mise en œuvre rapide .....	3
I-4-2- Mise en œuvre collective.....	3
I-4-3- Démarche .....	3
I-5- Analyse de la valeur .....	3
I-5-1- Historique .....	3
I-5-2- Définition .....	3
I-6- Notions fondamentales d'analyse de valeur.....	4
I-6-1- Le besoin .....	4
I-6-2- Système .....	4
I-6-3- Utilisateur .....	4
I-6-4- Conception .....	5
I-6-5- Etude d'un produit.....	5
I-7- Cycle de vie d'un système.....	6
I-7-1- Les neuf étapes .....	6
I-8- Plan de travail de l'analyse de la valeur.....	7
I-8-1- Orientation de l'action Phase 1 .....	8
I-8-2- Recherche de l'information phase 2.....	8
I-8-3- Analyse des fonctions et des coûts phase 3.....	8
I-8-4- Recherche d'idées et voies de solutions phase 4.....	8
I-8-5- Etude et évaluation des solutions phase 5 .....	8
I-8-6- Bilan prévisionnel et proposition de choix phase 6.....	8
I-8-7- Suivi de la réalisation phase 7 .....	9
I-9- Quelques termes généraux .....	9
I-9-1- La valeur.....	9

I-9-2- Analyse de la valeur .....	9
I-10- Les objectifs de l'entreprise .....	10
I-11- . Avantages et inconvénients de l'analyse de la valeur.....	10
I-11-1- Avantages L'analyse de la valeur .....	10
I-11-2- Inconvénients .....	10
I-12- Utilisation de l'analyse fonctionnelle .....	10
I-13- Analyse fonctionnelle externe.....	11
I-14- Analyse fonctionnelle interne.....	11
I-15- La démarche méthodologique de l'étape .....	12
I-16- Les diagrammes d'analyse fonctionnelle .....	12
I-16-1- Méthode APTE.....	12
I-16-2- Cahier des charges fonctionnelles du produit (CDCF) : .....	12
I-16-3- Diagramme FAST .....	14
I-16-4- La bête à corne .....	16
I-16-5- La pieuvre.....	17
I-16-6- Le tableau fonctionnel.....	20
I-16-7- La méthode SADT .....	21
I-17- Conclusion.....	22

## **Chapitre II : La méthode AMDEC.....**

II-1- Introduction.....	24
II-2- Définition de la Maintenance.....	24
II-3- Les objectifs de la maintenance .....	24
II-4- Types de maintenance.....	25
II-4-1- Maintenance préventive .....	25
II-4-2- Maintenance corrective : .....	25
II-5- Les questions préalables à l'AMDEC.....	27
II-5-1- Pourquoi travailler de manière préventive ? .....	27
II-5-2- Que peut apporter l'AMDEC à une organisation ?.....	27
II-5-3- Ce que l'AMDEC ne peut pas apporter ? .....	27
II-5-4- Qui est concerné par l'AMDEC ?.....	27
II-6- Historique.....	27
II-7- Définition .....	28
II-8- Définition normative (Norme AFNOR X 60-510 de décembre 1986.).....	28
II-9- Définition des termes relative à la méthode AMDEC .....	28

II-10- Objectifs de l'AMDEC .....	29
II-11- Différents types d' AMDEC .....	29
II-11-1- AMDEC machine.....	29
II-11-2- AMDEC produit.....	29
II-11-3- AMDEC processus.....	30
II-11-4- AMDEC organisation .....	30
II-11-5- AMDEC service.....	30
II-12- Les étapes de la méthode AMDEC .....	30
II-12-1- La constitution d'un groupe de travail .....	31
II-12-2- L'analyse fonctionnelle.....	31
II-12-3- L'étude qualitative des défaillances .....	31
II-12-4- L'étude quantitative .....	33
II-12-5- La hiérarchisation.....	36
II-12-6- La recherche des actions préventives/correctives .....	36
II-12-7- Le suivi des actions prises et la réévaluation de criticité .....	36
II-12-8- La présentation des résultats .....	36
II-12-9- Mise au point de la fiche d'analyse AMDEC.....	36
II-13- Présentation des éléments de la fiche AMDEC .....	37
II-13-1- Analyse fonctionnelle .....	37
II-13-2- Analyse des défaillances .....	37
II-13-3- Estimation de criticité .....	38
II-13-4- MESURES .....	39
II-14- Avantages et inconvénients de l'AMDEC .....	39
II-14-1- Avantages de la méthode AMDEC.....	39
II-14-2- Inconvénients de la méthode AMDEC .....	39
II-15- Les aspects de la méthode AMDEC .....	39
II-15-1- L'aspect qualitatif : .....	39
II-15-2- L'aspect quantitatif .....	39
II-16- Autres exploitations possibles de l'AMDEC .....	40
II-17- AMDEC machine.....	40
II-17-1- Définition .....	40
II-17-2- Les intérêts .....	40
II-18- Mise en place de l'AMDEC machine .....	41
II-19- Cas d'application .....	41

II-20- AMDEC opérationnelle .....	42
II-21- AMDEC prévisionnelle .....	42
II-22- Conclusion .....	42
<b>Chapitre III : Eléments dynamique des glissières.....</b>	
III-1- Introduction .....	43
III-2- Historique .....	43
III-3- Définition.....	44
III-4- Procédés d'usinage .....	45
III-4-1- Tournage .....	45
III-4-2- Perçage.....	46
III-4-3- Fraisage :.....	47
III-4-4- Rectification.....	48
III-4-5- Rabotage .....	49
III-5- Description de la machine .....	50
III-6- Les composants machine-outil .....	50
III-6-1- Le moteur.....	51
III-6-2- L'organe de travail.....	52
III-6-3- Socle ou un bâti .....	53
III-6-4- Mécanismes intermédiaires de machine à outil.....	53
III-7- Les glissières.....	55
III-7-1- Définition.....	55
III-8- Les différents types des glissières .....	56
III-8-1- Définition des glissières prismatiques .....	56
III-8-2- Fonctionnement des glissières prismatiques.....	57
III-8-3- Définition des glissières circulaires .....	57
III-8-4- Le fonctionnement des glissières circulaires .....	58
III-8-5- Définition glissières plates.....	58
III-8-6- Fonctionnement des glissières plates.....	59
III-8-7- Définition des glissières à galets .....	60
III-8-8- Fonctionnement des glissières à galets .....	61
III-9- Les matériaux utilisés pour les glissières .....	61
III-10- Les éléments dynamiques des glissières.....	62
III-10-1- Le pignon .....	62
III-10-2- Crémaillère .....	62

III-10-3- La vis mère .....	63
III-11- Le système de graissage et lubrification.....	64
III-11-1- Lubrification de machine-outil .....	64
III-11-2- Graissage manuel.....	64
III-12- Le graissage des glissières .....	65
III-13- Les huiles .....	65
III-13-1- Introduction .....	65
III-13-2- Définition.....	66
III-13-3- Propriétés caractéristiques des huiles .....	66
III-14- Les différentes huiles lubrifiant des glissières.....	67
III-15- Conclusion .....	67
<b>Chapitre IV : Application de la méthode AMDEC.....</b>	
IV-1- Introduction .....	68
IV-2- Application de la démarche AMDEC .....	68
IV-2-1- Etape 1 : initialisation.....	68
IV-2-2- Etapes 2 décomposition fonctionnelle.....	68
IV-3- Définition des principales fonctions du système.....	69
IV-4- Découpage FAST 2ème niveau .....	69
IV-5- Tableau des éléments.....	72
IV-6- Analyse des mécanismes de défaillance.....	73
IV-6-1- Sous-système A : stockage .....	73
IV-6-2- Sous-système B : pompage.....	74
IV-6-3- Sous système C.....	75
IV-7- Analyse AMDEC .....	76
IV-7-1- Sous-système A : stockage .....	77
IV-7-2- Sous système B : pompage.....	78
IV-7-3- Sous système C : graissage.....	79
IV-8- Classement des éléments par leur criticité .....	80
IV-9- Interprétation des résultats de l'analyse .....	80
IV-10- Action d'amélioration.....	84
IV-11- Conclusion.....	84
<b>Conclusion générale.....</b>	
Conclusion générale.....	84

<b>Bibliographique.....</b>	
Bibliographique.....	85
<b>Résume.....</b>	
Résume.....	87

---

## Liste des figures

---

Figure I-1 : la démarche d'analyse fonctionnelle .....	2
Figure I-2 : Présentation schématique du cycle de vie d'un système .....	6
Figure I-3 : schéma critique de diagramme FAST.....	15
Figure I-4 : Lecture d'un diagramme FAST .....	16
Figure I-5 : Illustrations de la méthode « bête a corne » .....	17
Figure I-6 : Les fonctions.....	18
Figure I-7 : les étapes de la méthode pieuvre .....	18
Figure I-8 : illustration de la méthode de pieuvre.....	19
Figure I-9 : boîte d'activité .....	21
Figure II-1 : Les différents types de maintenance .....	26
Figure III-1 : Tour à bois .....	44
Figure III-2 : Schéma de déplacement de pièce ou l'outil .....	44
Figure III-3 : machine-outil : le tour .....	45
Figure III-4 : schéma d'un tour .....	46
Figure III-5 : une perceuse .....	47
Figure III-6 : Fraiseuse fv 1.5 .....	48
Figure III-7 : schéma sur les éléments d'une fraiseuse.....	48
Figure III-8 : Rectifieuses .....	49
Figure III-9 : Schéma d'une rectifieuse .....	49
Figure III-10 : Schéma des composants de machine-outil.....	51
Figure III-11 : moteur d'une machine-outil .....	52
Figure III-12 : la partie des engrenages de la machine à outils .....	54
Figure III-13 : le roulement.....	54
Figure III-14 : La courroie .....	55
Figure III-15: glissière d'une machine-outil .....	56
Figure III-16 : Schéma de glissière prismatique .....	56
Figure III-17 : glissière prismatique .....	57
Figure III-18 : glissière circulaire d'une machine.....	58
Figure III-19 : schéma des glissières plates .....	59
Figure III-20 : glissières plates .....	59
Figure III-21 : glissières à galets.....	60
Figure III-22 : La crémaillère .....	63
Figure III-23 : vis mère de glissière .....	63
Figure III-24 : graissage de machine-outil manuellement .....	65
Figure IV-1 : Découpage FAST 1 du système.....	68
Figure IV-2 : Découpage FAST 2 du système.....	70
Figure IV-3 : Décomposition approfondie du système.....	71

---

# Liste des Tableaux

---

Tableau I-1 : le tableau fonctionnel .....	20
Tableau II-1 : Les quatre questions de base de l'AMDEC .....	28
Tableau II-2 : Modes de défaillance génériques [4] .....	32
Tableau II-3 : Grille de cotation de la gravité.....	34
Tableau II-4 : Grille de cotation de la fréquence.....	35
Tableau II-5 : Grille de cotation de la détection.....	35
Tableau II-6 : Fiche AMDEC [15].....	37
Tableau II-7 : Indices d'occurrence.....	38
Tableau IV-1 : Tableau des éléments.....	72
Tableau IV-2 : sous-système A.....	73
Tableau IV-3 : sous système B : pompage.....	74
Tableau IV-4 : sous-système C distribution.....	75
Tableau IV-5 ; Grille de cotation « Fréquence » .....	76
Tableau IV-6: Grille de cotation « Gravité » .....	76
Tableau IV-7 : Grille de cotation « Détection » .....	77
Tableau IV-8 : sous-système A.....	77
Tableau IV-9 : sous-système B .....	78
Tableau IV-10 : sous-système C .....	79
Tableau IV-11 : Grille de classement des éléments.....	80
Tableau IV-12 : tableau de criticité .....	81
Tableau IV-13 : 1ere catégorie .....	81
Tableau IV-14 : 2éme catégorie.....	82
Tableau IV-15 : 3éme catégorie.....	83

---

## **Tableau des abréviations**

---

---

## Tableau des abréviations

---

<b>Abréviation</b>	<b>Définition</b>
APTE	Application aux Techniques d'Entreprise
CDCF	Cahier des charges fonctionnelle
FAST	Technique du système d'analyse fonctionnelle (en français)
AMDEC	Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité
PR	Pièce de rechange
MPT	Maintenance préventive systématique trimestrielle
MPA	Maintenance préventive systématique annuelle
SADT	Structured Analysis and Design Technique ( en anglais)

---

# **Introduction générale**

---

---

# Introduction générale

---

## Introduction générale

Pour favoriser la croissance de l'industrie, il est nécessaire de mettre en place un système d'équipement qui facilite l'amélioration du travail, l'accélération des taux de productivité, l'augmentation de la qualité des produits et la réduction des coûts de maintenance.

La maintenance est actuellement un pilier essentiel de l'industrie moderne, car elle doit répondre aux exigences de performance du processus de production, qui dépend étroitement de la fiabilité des équipements.

Les machines-outils jouent un rôle crucial dans l'industrie en fournissant des capacités de production avancées, une polyvalence opérationnelle et une haute précision, ce qui permet de façonner les matériaux avec une efficacité inégalée, d'atteindre des niveaux de qualité exceptionnels et de répondre aux exigences les plus élevées en termes de fabrication.

Les glissières un élément indispensable dans les machines-outils permettant des mouvements précis et fluides, garantissant ainsi des opérations d'usinage efficaces et des résultats de qualité supérieure.

Les principaux objectifs de notre étude consistent :

- Une étude approfondie sur la méthode AMDEC
- Classification des éléments et les identifier par leur criticité
- Les décisions concernant la stratégie de maintenance à mettre en œuvre.

Pour ce faire, nous avons procédé comme suit : après une introduction générale, nous avons présenté dans les trois premiers chapitres respectivement, des généralités d'analyse fonctionnelle, des généralités sur les méthodes AMDEC (Analyse des Modes de Défaillances, leurs Effets et leurs Criticités) et finalement des généralités sur le fonctionnement des machines-outils, plus particulièrement sur ces éléments dynamiques, à savoir les glissières.

Dans le quatrième chapitre, nous avons mis en application de cette méthode AMDEC en prenant un cas pratique, basé sur des données réelles, et en fin on termine par une conclusion générale.

---

# **Chapitre I : Analyse fonctionnelle**

---

## **I-1-Introduction**

L'analyse fonctionnelle est une méthode d'ingénierie systématique qui permet de décomposer un système complexe en sous-systèmes, composants, fonctions et interactions pour en comprendre le fonctionnement et les besoins. Cette méthode permet de spécifier les exigences du système, d'optimiser sa performance et de réduire les coûts de développement, de production et de maintenance.

L'analyse fonctionnelle peut être utilisée dans divers domaines de l'ingénierie, notamment en génie mécanique, électronique, logiciel, industriel, aéronautique, automobile et naval. Elle peut être appliquée à toutes les étapes du cycle de vie d'un produit, depuis la conception jusqu'à la maintenance en passant par la production et l'optimisation.

Dans cette perspective, ce chapitre se propose de présenter les principes et les techniques de l'analyse fonctionnelle, ainsi que les avantages et les applications pratiques de cette méthode dans différents domaines de l'ingénierie. Nous verrons également les différentes étapes de mise en œuvre de l'analyse fonctionnelle et son intégration dans les processus de développement et de production de produits de qualité.

L'analyse de la valeur est donc une démarche visant à optimiser la valeur d'un produit dans le but d'augmenter sa compétitivité. Être « compétitif » consiste ici à posséder le « meilleur » produit (c'est-à-dire offrant le plus de fonctionnalité, avec des performances accrues ; qualité et fiabilité, etc.) mais répondant au juste besoin nécessaire et au moindre coût.

Cette démarche peut donc être utilisée soit pour améliorer un produit ou un service déjà existant, soit être mise en œuvre directement au moment de la conception de celui-ci.

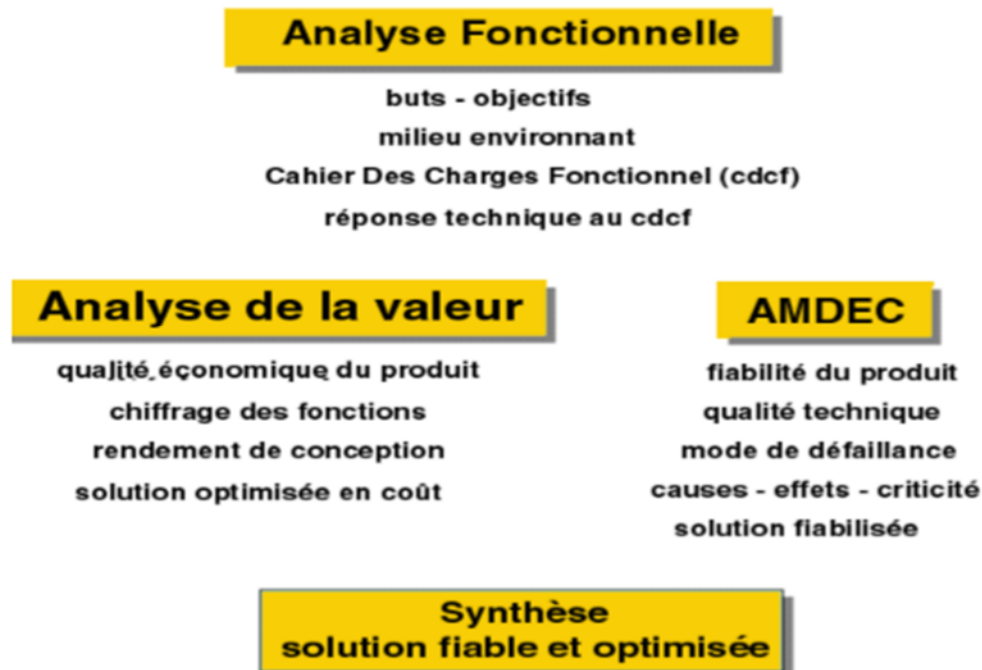
Le but de cette méthode d'analyse de la valeur (AV) est donc de concevoir un « produit » parfaitement adapté aux besoins de son utilisateur, et ce au coût le plus faible. [1]

## **I-2-Définition**

L'analyse fonctionnelle est une démarche qui consiste à recenser, caractériser, hiérarchiser et valoriser les fonctions du produit (système) pour satisfaire les besoins de son utilisateur.

Suivant le cas, l'analyse fonctionnelle concerne l'usage du produit ; c'est-à-dire les fonctions qu'il doit assurer pour satisfaire le besoin du client.

Le produit est alors considéré comme une « boîte noire » et seules les fonctions qui « sortent » de la boîte vers l'extérieur sont en prendre en considération. [1]



**Figure I-1 : la démarche d'analyse fonctionnelle**

## **I-3-Pourquoi l'analyse fonctionnelle**

Avant de rechercher des solutions, l'analyse fonctionnelle permet de définir de manière objective les besoins de l'utilisateur. Elle sert de référence tout au long de la conception du produit.

Par ailleurs au sein d'une entreprise, l'Analyse fonctionnelle permet de :

- créer une synergie autour du produit,
- élaborer une connaissance collective,
- libérer sa créativité,
- insuffler une dynamique à l'équipe-projet. [2]

## **I-4-L'utilisation de l'analyse fonctionnelle**

L'utilisation de l'analyse fonctionnelle peut se faire de deux manières, selon des objectifs distincts :

### **I-4-1-Mise en œuvre rapide**

Par la mise en œuvre rapide par un seul concepteur, lors des phases amont de la conception. [2]

### **I-4-2-Mise en œuvre collective**

Les effets de l'analyse fonctionnelle sont décuplés par une mise en œuvre collective. Il faut alors choisir un animateur et mettre en place un groupe de travail. [2]

### **I-4-3-Démarche**

Le décideur (ou pilote) est celui qui lance l'analyse fonctionnelle. L'animateur est interne ou externe à l'entreprise. Il connaît et maîtrise la méthode. Il aidera le groupe à produire le cahier des charges fonctionnel, en suivant les étapes de la méthode. [2]

## **I-5-Analyse de la valeur**

### **I-5-1-Historique**

L'analyse de la valeur est à l'origine une méthode de management américaine qui fut inventée au cours de la seconde guerre mondiale. A cette époque les entreprises américaines connurent des difficultés d'approvisionnement dues à la guerre et particulier en ce qui concerne les matériaux. Donc utiliser des matériaux de substitution qui s'avèrent convenir tout à fait pour l'usage qui en était fait, tout en ayant un cout bien moindre. C'est en partant de ce constat que L.D. MILES commença à réfléchir sur les fonctions d'un produit et non plus sur le produit lui-même, et fait part de trois observations :

- La productivité peut être faite en travaillant la conception du produit.
- Il faut aborder les produits, non par leurs composants (approche technique), mais par les services rendus (approche client).
- La mise en œuvre d'une méthode par un groupe pluridisciplinaire est plus efficace que la voie hiérarchisée traditionnelle.

L'analyse de la valeur connut un essor rapide aux Etats-Unis. Tout d'abord centrée sur les achats qui sont un secteur de l'entreprise particulièrement sensible aux notions de coût, elle envahit peu à peu tous les autres secteurs. [1]

### **I-5-2-Définition**

L'analyse de la valeur est une méthode compétitive organisée et créative visant la satisfaction du besoin de l'utilisateur par une démarche spécifique de conception à la fois fonctionnelle, économique et pluridisciplinaire".

L'analyse de la valeur est une méthode de travail en groupe pour concevoir ou optimiser un produit afin de satisfaire au mieux les besoins des utilisateurs au meilleur coût. Elle permet :

- De concevoir, au coût le plus faible, un produit parfaitement adapté aux besoins des utilisateurs.
- D'améliorer la qualité d'un produit sans en augmenter le coût et sans réduire le niveau des services rendus.
- De rechercher des solutions créatives qui répondent uniquement au besoin du client et qui permettent de faire des économies.

L'analyse de la valeur est caractérisée par l'utilisation de méthodes participatives qui permettent de traduire le besoin du client, non pas par un produit mais par des fonctions utiles. Le produit et sa valeur sont ainsi définis sur la base de ces fonctions qui satisfont au mieux le besoin du client. [6]

## **I-6-Notions fondamentales d'analyse de valeur**

### **I-6-1-Le besoin**

Le besoin est un sentiment de manque fondé sur le désir de posséder tel ou tel bien ou d'obtenir tel ou tel service.

La norme NF50-150, le définit comme étant un désir éprouvé par un utilisateur.

Le besoin est lié à un manque. Nos besoins sont les nécessités ou les désirs que nous ressentons. Les produits sont les objets techniques qui nous permettent de satisfaire nos besoins. Nous avons des besoins plus ou moins prioritaires.

Les besoins primaires sont liés à la survie de notre espèce et à son fonctionnement biologique(respirer, boire, manger, se protéger, etc.).[3]

### **I-6-2-Système**

Un système peut être défini de plusieurs façons :

- Ensemble d'éléments en interaction dynamique organisés en fonction d'un but (la plus générale).
- Outil de modélisation permettant de représenter et d'analyser des complexes d'éléments (matériels, abstrait ou conceptuels) caractérisés par leur nombre et un réseau de relations imbriquées.
- Ensemble fini, borné, caractérisé par des relations le reliant à son environnement et aux autres systèmes. [3]

A chaque instant, un système est caractérisé par un état (ensemble des valeurs prises à une époque par tous les éléments composant le système) :

- La variété d'un système est l'ensemble des états possibles d'un système (par exemple : cycles du lave-linge).
- L'état d'un système se définit par rapport au temps. [3]

### **I-6-3-Utilisateur**

Toute personne ou entité pour laquelle le produit est conçu et qui exploite au moins l'une de ses fonctions à un moment quelconque de son cycle de vie.

Il faut souligner d'emblée que l'utilisateur est la plupart du temps un groupe cible de personne et qu'il faudra donc savoir déterminer la bonne typologie des utilisateurs réels ou potentiels.

Il importe de cerner au mieux les besoins de cet utilisateur, personne ou entité, de caractériser sa demande selon différents critères d'appréciation du service attendu, ce qui conduit à l'élaboration du cahier des charges fonctionnel (CDCF). [3]

### **I-6-4-Conception**

Tous les objets autour de nous ont été conçus. Cependant, les objets ont aussi été fabriqués vendus, etc. L'activité de conception est préalable à la fabrication, à l'usage et à la disparition du produit.

Concevoir est doublement complexe :

- Le système à concevoir est complexe.

Le processus de conception est également complexe :

- Ils y participent beaucoup d'acteurs possédant des savoirs, des logiques et des objectifs hétérogènes
- Ces acteurs évoluent en même temps que le produit,
- Le processus est de plus en plus contraint par l'environnement socioéconomique : Qualité, coûts, délais, mais aussi l'éthique, le respect de l'environnement, etc.

En conséquence, le processus de conception est indéterministe ; on sait que l'on arrivera à un résultat, mais on ne peut jamais prévoir ce résultat. On a du mal à évaluer la qualité d'un processus de conception :

- On peut dire si une conception est mauvaise (ça ne fonctionne pas),
- Mais on ne peut que difficilement prévoir le succès d'un nouveau produit. La seule sanction est celle de l'usage. L'analyse fonctionnelle est un outil qui permet d'augmenter les chances de réussite. [3]

### **I-6-5-Etude d'un produit**

Si l'étude d'un produit est faite à partir d'un recensement incomplet des fonctions, notamment pour ce qui concerne les fonctions de service, l'utilisateur sera insatisfait de l'usage du produit car il ne répondra pas complètement à son attente.

Il faut, par conséquent, donner un caractère exhaustif à l'analyse fonctionnelle et pour ce faire utiliser des outils d'analyse performants, au sein d'un groupe de travail composé pour la circonstance.

Le groupe doit être pluridisciplinaire et les travaux conduits par un animateur compétent. Le résultat de l'analyse fonctionnelle est présenté sur un document intitulé Cahier des Charges Fonctionnel (CDCF), où chacune des fonctions est assortie de caractéristiques permettant de comprendre exactement ce qu'elle offre ; l'approche fonctionnelle des problèmes permet à un groupe ou à une personne expérimentée de porter un autre regard sur tout ce qui l'entoure. C'est un atout considérable dans les relations entre partenaires. Elle permet de ne jamais confondre objectifs et moyens pour les atteindre :

- Une machine-outil n'est plus un assemblage de constituants, mais un assemblage de fonctions.
- Les différents services au sein d'une entreprise ne sont plus des groupements d'hommes ou de femmes, mais des entités capables de remplir les fonctions nécessaires à la bonne marche de l'entreprise.

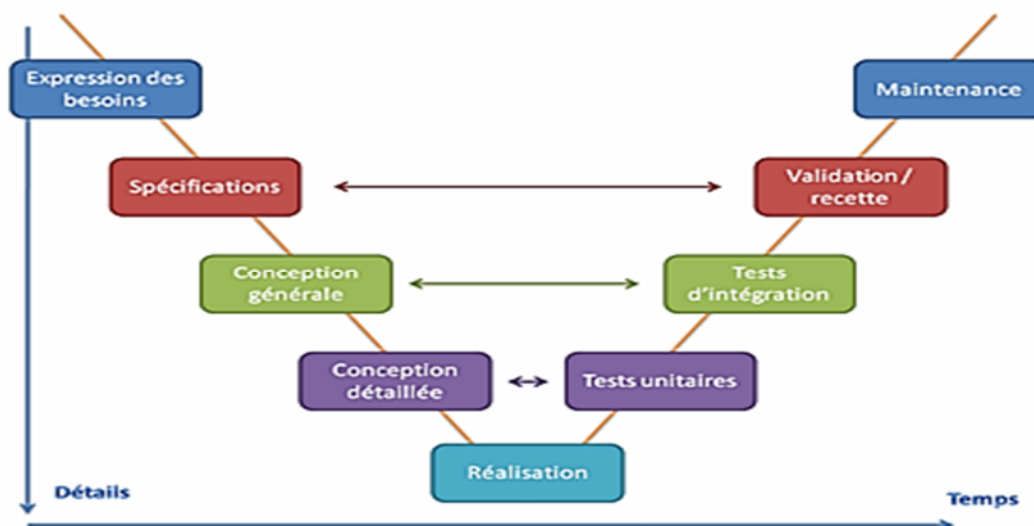
L'analyse fonctionnelle a pour but de recenser toutes les fonctions que doit satisfaire un produit pour répondre à un besoin. [2]

### **I-7-Cycle de vie d'un système**

Afin de maîtriser les aspects liés aux besoins des utilisateurs, il est important de bien comprendre ce que l'on appelle le cycle de vie d'un système ou d'un projet.

Le cycle en V se définit comme un modèle de gestion de projet composé d'une phase descendante, puis d'une phase ascendante.

Inspiré du modèle en cascade, ou waterfall model, il implique le même principe de gestion séquentielle et linéaire, les allers-retours en moins (le cycle en W comprend des ajustements après retour d'expérience). [1]



**Figure I-2 : Présentation schématique du cycle de vie d'un système**

La figure 2 citée ci-dessus de manière schématique le cycle de vie d'un système sous forme d'un V ce modèle de cycle vie classique dit « cycle en V », conçu à l'origine pour les logiciels.

#### **I-7-1-Les neuf étapes**

Les neuf étapes peuvent être regroupées en trois phases : ainsi, nous saisissons mieux le cheminement du projet :

**a. Phase 1 La conception (la partie descendante)**

1. l'expression des besoins et l'étude de faisabilité,
2. La définition des spécifications et du cahier des charges fonctionnel,
3. La conception générale/architecturale,
4. La conception détaillée.

**b. Phase 2 La mise en œuvre**

5. Par exemple, la réalisation des composants automobiles ou le codage en informatique

**c. Phase 3 la validation (la partie ascendante)**

6. Les tests unitaires, pour chaque composant ou fonctionnalité, cette étape fait écho à la conception détaillée et lui fait face sur le schéma du V ;
7. L'intégration et les tests d'intégration sur le produit fini, cette étape permet de vérifier le fonctionnement du système défini à l'étape de conception générale.
8. La validation, c'est-à-dire la conformité fonctionnelle du produit ou du logiciel par rapport aux spécifications communiquées par le client.
9. La recette ou le test d'acceptation par le client, cette étape est la validation de la conformité face à l'expression des besoins. [2]

**I-8-Plan de travail de l'analyse de la valeur**

Le plan de travail de l'analyse de la valeur a fait l'objet de définitions normatives (NF EN 1325-1 1996 et NF X-50-150) qui définissent ses caractéristiques fondamentales et les recommandations de sa mise en œuvre.

L'exploitation contractuelle de la méthode est soumise à un ordre logique et chronologique établi dans un plan de travail en sept phases qui sont les suivantes :

1. Orientation de l'action
2. Recherche de l'information
3. Analyse des fonctions et des coûts
4. Recherche d'idées et voies de solutions
5. Etude et évaluation des solutions
6. Bilan prévisionnel et proposition de choix
7. Suivi de la réalisation la démarche est progressive et prend en compte les résultats issus de la phase amant, et chaque phase peut être remise en cause par celles qui la suivent.

La méthode est considérée comme appliquée dans une entreprise qui conçoit, fabrique et distribue le produit.

Elle repose par ailleurs sur un groupe de travail pluridisciplinaire qui constitue la structure opérationnelle de l'action d'analyse de la valeur, ce groupe est animé par un chef de projet. [1]

### **I-8-1- Phase 1 Orientation de l'action**

Cette phase a pour but de définir les objectifs poursuivis dans le cadre de la démarche d'analyse de la valeur.

L'objectif de cette phase est d'aboutir à une compréhension et formalisation de la problématique à résoudre. Elle doit permettre de savoir s'il est intéressant de répondre à la demande, et dans l'affirmative, de construire la structure projet qui va supporter la conception de la réponse [1].

### **I-8-2- Phase 2 Recherche de l'information**

Cette phase a pour but de rassembler et de formaliser les données internes et externes relatives à l'objet de l'étude et à son environnement. Cela correspond à un état des lieux du domaine étudié.

Toutes les informations (techniques, industrielles, sociales, commerciales, réglementaires, ...) liées au besoin, aux produits concurrents, la conception, la fabrication et la distribution du produit doivent être rassemblées [1].

### **I-8-3- Phase 3 Analyse des fonctions et des coûts**

Analyse des fonctions et des coûts (Phase3) l'analyse fonctionnelle est la pierre angulaire de la méthode analyse de la valeur, c'est d'elle que dépend au final la qualité du produit.

L'objectif de cette phase est de chercher les fonctions principales et secondaires qui satisferont les besoins, puis à les traduire en fonctions techniques. [1]

### **I-8-4- Phase 4 Recherche d'idées et voies de solutions**

Il s'agit d'une étape difficile, qui souvent monopolise d'autres personnes que les membres du groupe de travail. On fait appel à un ergonomiste, un designer...Et on envisage la faisabilité des éléments des solutions abordées. [1]

L'objectif de cette étape est de trouver le plus grand nombre d'idées ou solutions pour chaque fonction à satisfaire.

### **I-8-5- Phase 5 Etude et évaluation des solutions**

Etudes et évaluations des solutions (phase 5) Les nombreuses idées qui sont apparues lors de la phase précédente vont amener à choisir une ou souvent plusieurs solutions qui seront esquissées pour faire ensuite l'objet d'un choix définitif. Comme nous l'avons déjà évoqué, on tiendra compte, dès l'esquisse d'une solution, de l'ordre de grandeur de son coût, des risques qu'elle présente, de sa faisabilité.

### **I-8-6- Phase 6 Bilan prévisionnel et proposition de choix**

C'est une étape importante où l'animateur et les membres du groupe de travail constituent un dossier argumenté à présenter au décideur, porteur du projet.

La démarche à suivre pour cette étape est :

1. Regroupement des solutions retenues et élaboration d'un bilan prévisionnel intégrant :

- les critères de sélection retenus,
- Les niveaux atteints ou estimés par chacune des solutions au regard des besoins exprimés par le demandeur dans le cahier des charges fonctionnel.
- Le chiffrage précis des coûts de chacune des solutions.
- La liste détaillée des avantages et inconvénients de chaque solution.
- Les conditions d'application.

2. Présentation au commanditaire.

3. Sélection d'une solution par le commanditaire.

Le produit de cette étape est une décision du commanditaire. [1]

### **I-8-7- Phase 7 Suivi de la réalisation**

Cette phase est souvent négligée car on arrive au terme du projet, le produit est commercialisé ou presque. Les membres du groupe de travail ne sont plus mobilisés et l'animateur, s'il est externe à l'entreprise, n'est plus présent. [1]

## **I-9-Quelques termes généraux**

### **I-9-1- La valeur**

Relation entre la contribution de la fonction (ou du sujet Av) à la satisfaction du besoin et le coût de la fonction.

- **Note 1** : Le terme valeur est également utilisé lorsque des éléments autres que le coût, tels que fiabilité, poids, disponibilité de ressources et délais sont pris en compte.
- **Note2** : Dans la signification (Av) initiale, la valeur était seulement le rapport entre fonctions et coûts. [5]

### **I-9-2-Analyse de la valeur**

Démarche créative et organisée utilisant un processus de conception fonctionnel et économique dont le but est d'augmenter la valeur d'un sujet AV.

- **Note 1** : Le sujet AV peut être un produit existant ou un nouveau en cours de développement.
- **Note 2** : Le processus analyse de la valeur est mis en œuvre par un groupe et caractérisé par le plan de travail AV. [5]

## **I-10-Les objectifs de l'entreprise**

Le succès actuel de l'analyse de la valeur repose sur sa capacité à répondre aux problématiques de l'entreprise. Dans un environnement concurrentiel mondialisé, les entreprises doivent en effet satisfaire à deux objectifs principaux :

- Réaliser des bénéfices sur les produits et les services
- Assurer leur propre pérennité

On notera que les bénéfices constituent des ressources pour assurer la pérennité. Ces deux objectifs se déclinent en deux missions principales :

- Produire au plus juste ce qui va influencer sur la réalisation des bénéfices.
- Satisfaire les clients, ce qui participe à assurer la pérennité de l'entreprise.

La première mission (produire au plus juste) concerne l'entreprise et son fonctionnement interne, la deuxième (satisfaire les clients) concerne l'entreprise au niveau de ses prestations externes. L'analyse de la valeur propose aussi d'ajuster le fonctionnement interne pour optimiser les prestations externes. Il s'agit donc d'optimiser les choix techniques. [1]

## **I-11- Avantages et inconvénients de l'analyse de la valeur**

### **I-11-1-Avantages L'analyse de la valeur**

- Permet d'améliorer une situation existante mais aussi de concevoir un nouveau produit.
- Constitue une approche transversale.

Fournit une aide efficace à l'entreprise pour :

1. Optimiser ses compétences et ses ressources,
2. Adapter sa stratégie industrielle et commerciale aux exigences concurrentielles de son marché,
3. Améliorer la qualité d'un "produit" sans en augmenter le coût ou d'en diminuer le coût sans réduire le niveau des services rendus.

### **I-11-2-Inconvénients**

- Méthode très analytique, assez lourde à mettre en œuvre
- Nécessite une forte implication des acteurs.
- Nécessite une parfaite maîtrise de la part de l'animateur. [5]

## **I-12- Utilisation de l'analyse fonctionnelle**

Elle s'utilise pour :

- Concevoir des produits nouveaux,
- Reconcevoir des produits. Dans chaque cas, la démarche s'articule en deux étapes distinctes :

- L'analyse fonctionnelle externe, qui vise à définir le produit au travers des services qu'il devra rendre,
- L'analyse fonctionnelle interne qui vise à optimiser l'architecture du produit par rapport aux services que celui-ci doit rendre.

### **I-13-Analyse fonctionnelle externe**

L'analyse fonctionnelle commencée par phase dite d'analyse fonctionnelle externe. Durant cette phase, le produit ou le système est considéré une boîte noire.

On examine ses interactions avec les éléments du milieu extérieur auxquels il doit être adapté. Ces interactions permettent de recenser, pour une position d'utilisation donnée, les fonctions des services ou fonctions de base, mais aussi les contraintes que le système doit être subir.

Lorsque l'analyse fonctionnelle concerne l'usage d'un produit, c'est à dire les fonctions qu'il doit assurer pour satisfaire le besoin du client.

Cette forme d'analyse est intitulée analyse fonctionnelle externe ou expression fonctionnelle du besoin. Elle exprime le point de vue du client utilisateur et met en évidence les fonctions de service ou d'estime. [1]

### **I-14-Analyse fonctionnelle interne**

Contrairement à analyse fonctionnelle externe, qui considérait le produit ou le système comme une boîte noire, l'analyse fonctionnelle interne se préoccupe des mécanismes internes afférents au fonctionnement du produit ou du système, en examinant comment les fonctions de services peuvent être satisfaites.

Lorsque l'analyse porte sur le produit lui-même, pour :

- Améliorer son comportement,
- Diminuer son coût,
- Améliorer sa fiabilité,
- Etc.

Il n'est plus considéré comme une boîte noire, mais au contraire l'analyse va porter sur l'intérieur de la boîte pour comprendre ses fonctionnalités internes.

Le produit est considéré comme un assemblage de constituants dont chacun remplit certaines fonctions vis-à-vis des autres.

L'analyse est alors intitulée analyse fonctionnelle interne. Elle exprime le point de vue du concepteur réalisateur du produit. Elle met en évidence les fonctions techniques. [1]

## **I-15- La démarche méthodologique de l'étape**

La démarche consiste à :

- Analyser le besoin.
- Les ordonnancer (arborescence des fonctions ou diagramme FAST, etc.).
- Les caractériser (tableau de critères).
- Les hiérarchiser (échelles de hiérarchisation des fonctions, méthode du tri croisé).
- Les valoriser (tableau de chiffrage des fonctions).
- Les synthétiser en les formalisant dans le cahier des charges fonctionnel (tableau de synthèse). [5]

## **I-16- Les diagrammes d'analyse fonctionnelle**

### **I-16-1- Méthode APTE**

La méthode APTE (Application aux Techniques d'Entreprise) est une méthode universelle pour la conduite d'un projet. En partant de l'expression d'un besoin ressenti et sans considérer a priori les solutions, elle permet d'évaluer l'ensemble des contraintes (techniques, économiques, culturelles...) qui affectent le projet. Elle constitue la première phase de conception débouchant sur l'édition du cahier des charges fonctionnelles. [6]

Cette méthode propose une démarche transversale dans la conduite d'un projet. L'approche fonctionnelle ne concerne pas seulement le produit et les services qu'il rend à son utilisateur, mais également les moyens mis en œuvre pour y parvenir. L'objectif ultime étant la compétitivité pour laquelle "augmentation de la qualité" et "réduction du coût" ne sont pas antagonistes sinon indissociables. [6]

### **I-16-2-Cahier des charges fonctionnelles du produit (CDCF)**

#### **• Définition du CDCF**

Le cahier des charges fonctionnel est constitué à partir d'une liste exhaustive des fonctions de service que doit fournir le produit.

La norme française NF X50-150, le définit de la manière suivante : « document par le quel le demandeur exprime son besoin (ou celui qu'il est chargé de traduire) en termes de fonctions de service et de contraintes. Pour chacune d'elles sont définis des critères d'appréciation et leurs niveaux. Chacun de ces niveaux doit être assorti d'une "flexibilité". Autrement dit, il s'agit d'un document définissant un-ou des- résultat (s)

Voulu (s) par le demandeur et non un produit précis pour l'obtenir. C'est le concepteur-réalisateur qui proposera un produit pour atteindre ce ou ces résultat (s). Les rôles respectifs du demandeur et du concepteur-réalisateur sont alors différenciés. [3]

- **Éléments constitutifs du CDCF**

Les principaux éléments constitutifs du CDCF sont :

- **La présentation générale de problème**

Dans cette partie seront présentés les points suivants :

La présentation du produit (synthèse de la formulation du besoin), son niveau d'intégration et des informations pour motiver le partenaire.

Le contexte du projet, les objectifs. Il s'agit d'apporter au concepteur ou fournisseur toutes les informations jugées utiles sur le contexte général du projet : limites de l'étude, étude déjà effectuées, suites prévues. [3]

- **L'expression fonctionnelle du besoin**

Elle est le résultat d'une analyse fonctionnelle du besoin. Elle constitue l'essentiel du CDCF et fournit une référence pour les deux parties en présence.

- **L'appel à variante**

S'il y a lieu, il peut être demandé aux concepteurs pressentis, au-delà d'une proposition répondant à l'expression fonctionnelle, une ou plusieurs autres propositions répondant à sa propre perception du besoin. Cette ouverture stimule l'innovation et peut permettre de sonder des voies plus ambitieuses. [3]

- **Le cadre de réponse**

Il est imposé aux concepteurs-réalisateurs dans le cas d'offres multiples afin de faciliter le dépouillement de ces dernières. La présentation fonctionnelle utilisée par le demandeur pour décrire les besoins sera reprise par le concepteur pour présenter sa proposition. Ce cadre de réponse porte sur chaque fonction et sur l'ensemble du produit.

- **Comment établir le CDCF**

Le CDCF est utilisé non seulement lorsque le demandeur et le concepteur-réalisateur appartiennent à des organismes commercialement différents, mais aussi lorsqu'ils appartiennent à la même entreprise.

Son élaboration nécessite la mise en place, chez le demandeur, d'une structure de travail analogue à celle mise en place pour une action analyse de la valeur. Les compétences des participants au groupe de travail portent sur la définition du besoin, l'utilisation du produit, son approvisionnement, sa diffusion, sa maintenance, son stockage etc. [3]

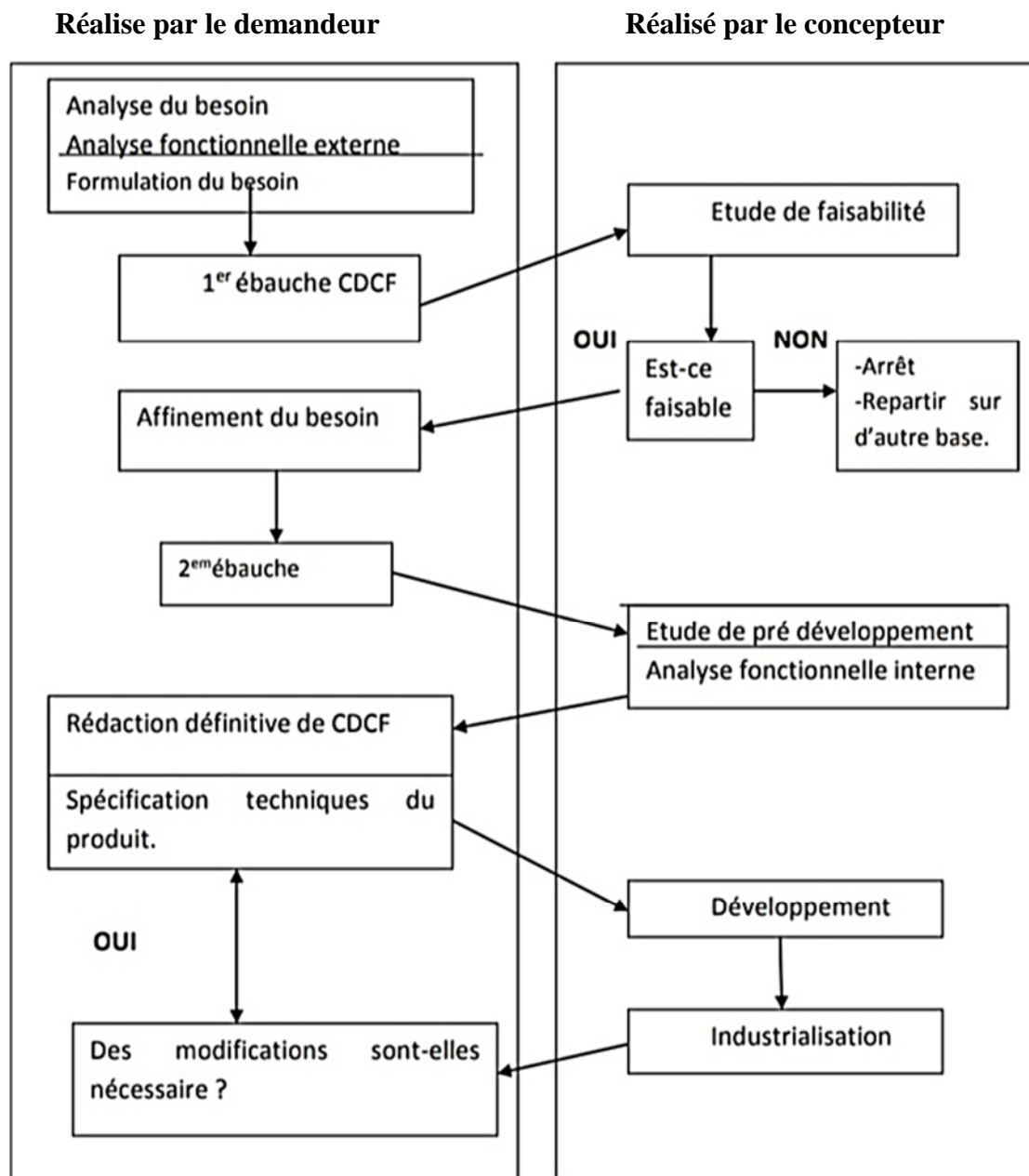


Tableau 1 : Schéma de l'élaboration du CDCF

### I-16-3-Diagramme FAST

La méthode FAST a été créée par Charles W. Bitheway ou d'analyse fonctionnelle systématique est couramment employée en matière d'analyse de valeur.

L'application des méthodes d'analyse fonctionnelle décrites précédemment aboutit à un grand nombre de fonction.

La méthode FAST présente l'avantage d'ordonner les fonctions suivant un ordre logique, elle contribue à la clarification de l'état fonctionnel du produit (et à la rédaction du cahier des charges fonctionnel).

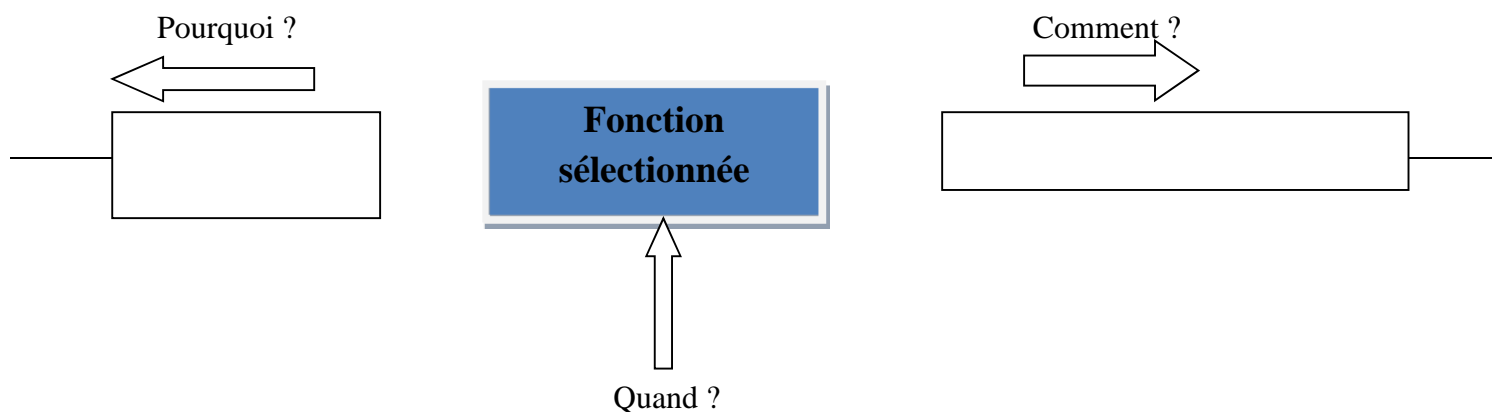
FAST est une aide à la préconception d'un produit ou d'un système. Il permet :

- D'ordonne les fonctions identifiées
- De vérifier la logique fonctionnelle
- D'avoir une connaissance du produit ou système étudié. [6]

- **La démarche de méthode FAST**

Technique graphique ; le système est représenté à l'aide d'un diagramme comportant trois régions délimitées par traits interrompus verticaux :

- La partie centrale correspond au domaine fonctionnel couvert par système,
- Dans la partie de gauche on trouve les fonctions de services du système
- Dans la partie droite on trouve les ressources extérieures au système à satisfaire les fonctions
- La partie centrale, on passe d'une fonction à une autre en se posant les questions pourquoi ? Comment ? Quand ? [6]



**Figure I-3 : schéma critique de diagramme FAST**

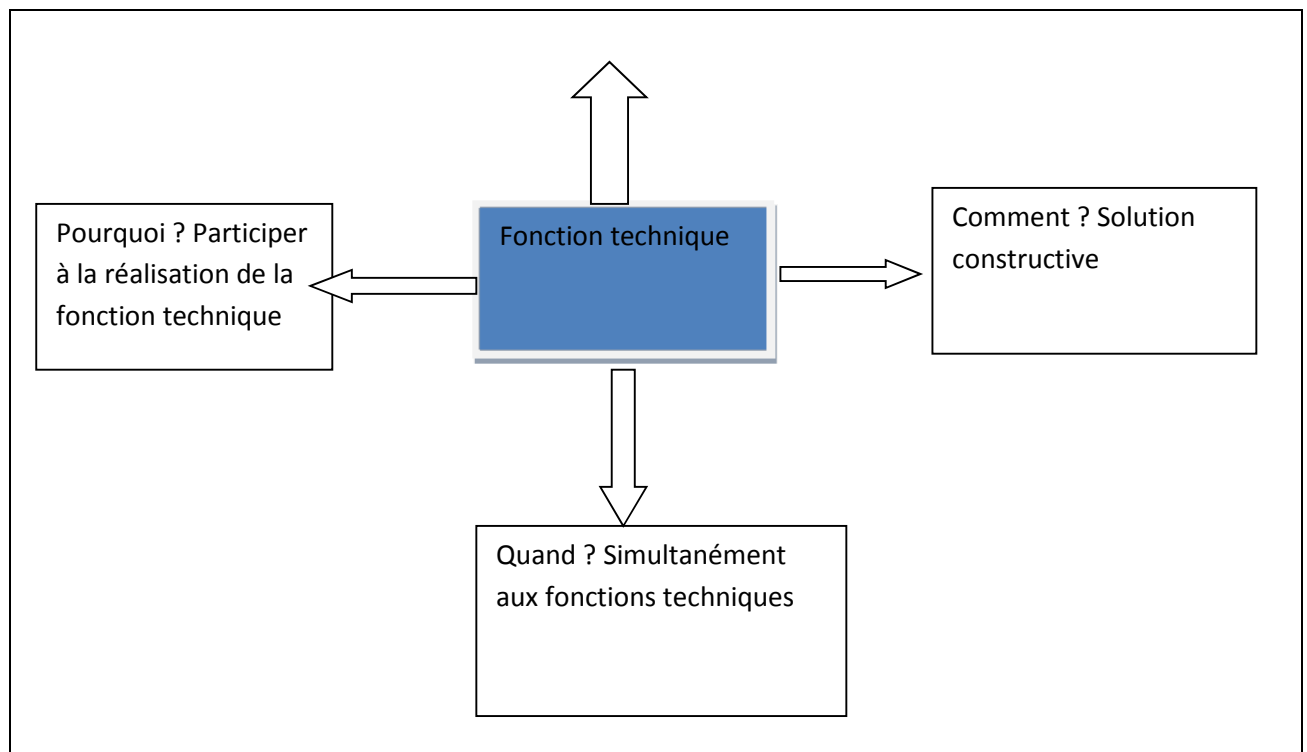


Figure I-4 : Lecture d'un diagramme FAST

- **Domaine d'application**

La méthode FAST est aussi bien utilisée pour décrire de système mécanique et des systèmes d'organisation que pour planifier des politiques d'entreprises. [6]

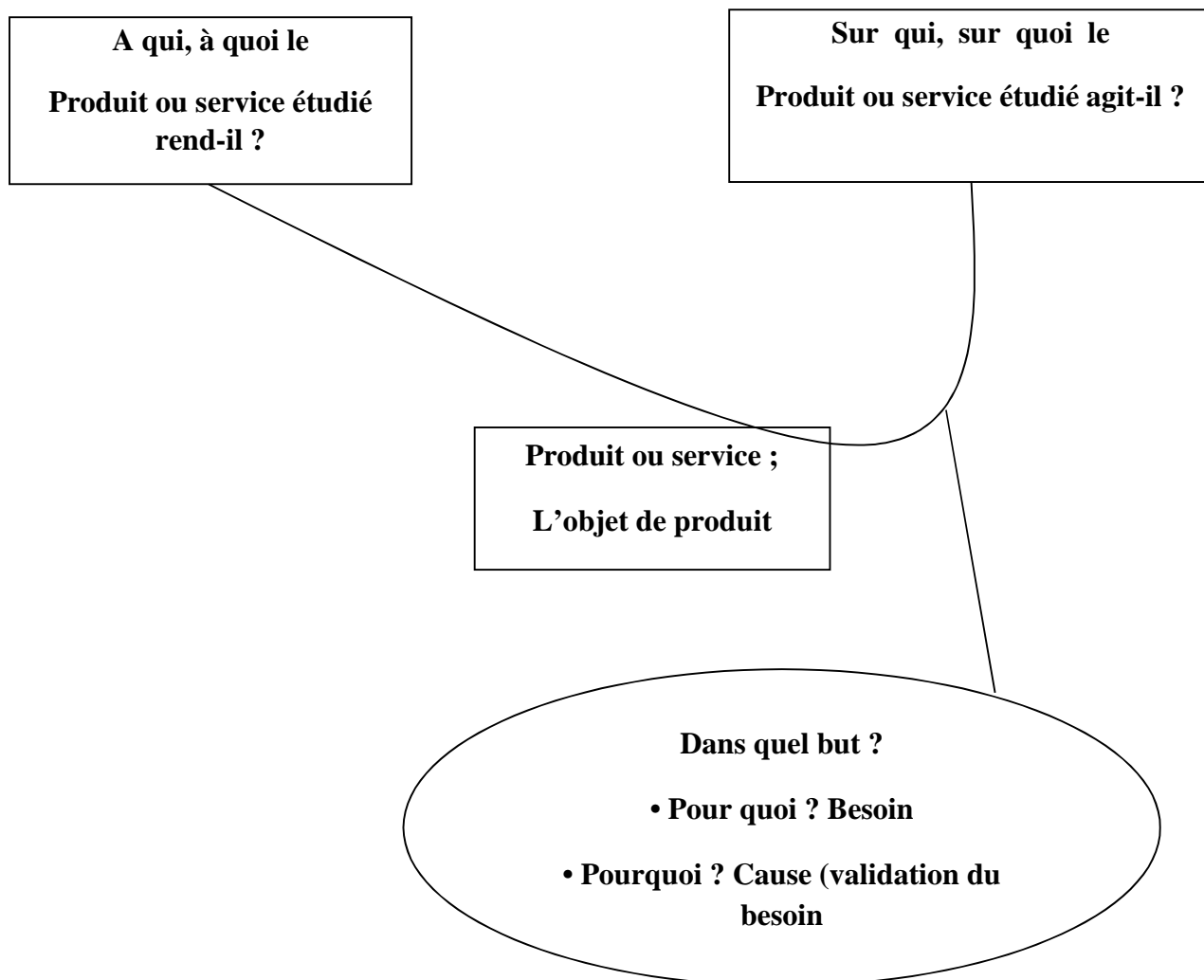
#### **I-16-4-La bête à corne**

Cet outil (qui est un des éléments de la méthode APTE) définit le besoin auquel répond le système. Souvent les acteurs d'un projet privilégient des solutions déjà connues sans analyser concrètement le besoin qui justifie le projet.

Avant d'imposer un « comment » ou une solution, il faut se tourner vers l'utilisateur et/ou le demandeur, pour aboutir de manière structurée à la solution, car un projet n'a de sens que s'il satisfait le besoin. Il convient donc d'exprimer le besoin et rien que le besoin dès le lancement d'un projet. Il s'agit d'explicitier l'exigence fondamentale qui justifie la conception, ou la préconception d'un produit.

Pour cela, il est essentiel de se poser les trois questions suivantes :

- A qui, à quoi le produit rend-il service ?
- Sur qui, sur quoi agit-il ?
- Dans quel but ? (Pour quoi faire ?) la bête à cornes est un outil de représentation de ces questions fondamentales. [4]



**Figure I-5 : Illustrations de la méthode « bête a corne ».**

### **I-16-5-La pieuvre**

Cet outil (issu de la méthode APTE) identifie les fonctions d'un système ou d'un produit, recherche les fonctions attendues et leurs relations dans l'analyse fonctionnelle du besoin (ou analyse fonctionnelle externe). [4]

- **Principe**

Isoler le produit et recenser les éléments extérieurs au produit. Ici les composants du milieu extérieur sont repérés 1, 2,3 ou 4.

Le produit crée une ou des relations entre 1 et 2, Il doit s'adapter à 3 et 4 : Il remplit des fonctions. [4]

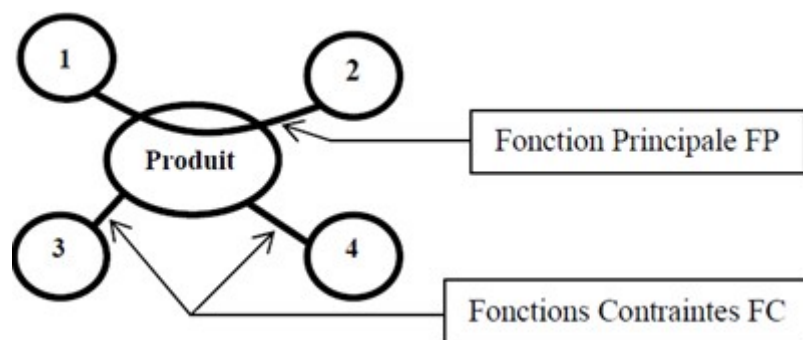


Figure I-6 : Les fonctions

➤ Mise en œuvre

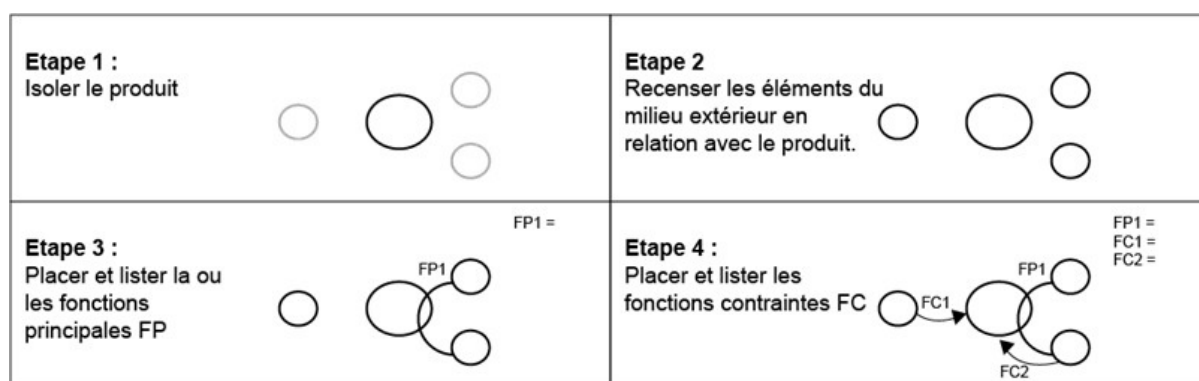


Figure I-7 : les étapes de la méthode pieuvre

• **Fonction principale**

Quelles sont les raisons pour lesquelles l'objet a été créé ? Pour chaque phase de son cycle de vie, il s'agit d'identifier les relations créées par l'objet entre deux ou plusieurs éléments de son milieu d'utilisation (extérieur à l'objet). Il faut ensuite exprimer le but de chaque relation créée, chaque but détermine ainsi une fonction principale :

Une fonction principale est exprimée par deux milieux extérieurs et un verbe. Fonctions contraintes :

Quelles sont les contraintes auxquelles l'objet doit satisfaire ? Pour chaque position d'utilisation, il s'agit de définir les contraintes imposées au produit par son milieu extérieur d'utilisation. Cela revient à identifier les relations entre l'objet et un élément du milieu d'environnement. Le but de ces relations est appelé fonction de contrainte. [4]

Une fonction de contrainte est exprimée par un milieu extérieur et un verbe. Elles peuvent parvenir de façon différente :

- Contrainte imposée par l'action d'un élément du milieu extérieur,
- Contrainte d'interface avec un produit existant,
- Exigence particulière (de l'utilisateur).

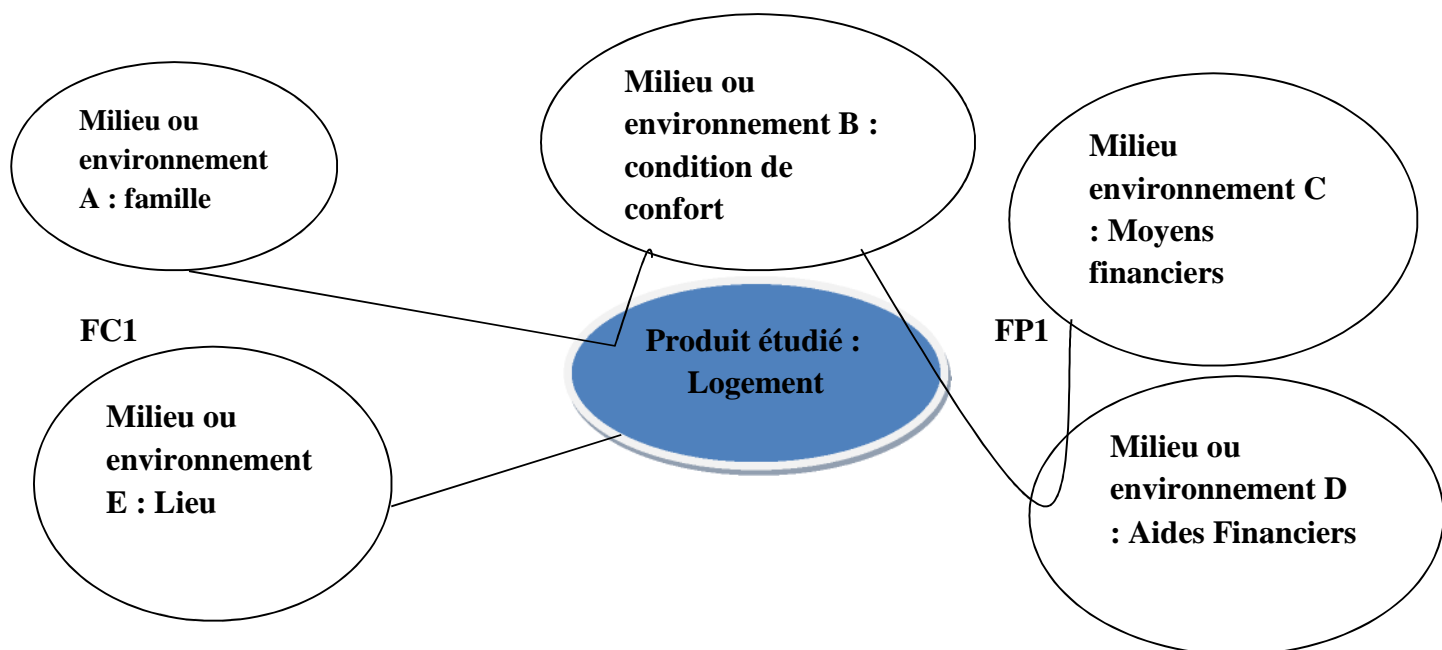
La méthode de recherche des fonctions proposée est simple et repose sur les principes suivants :

- Dans chaque situation de sa vie, le futur produit ou système va se trouver en contact direct avec un élément extérieur. Il convient donc d'abord de déterminer tous les éléments extérieurs au produit qui seront en contact avec lui.

- Chaque fois que le produit ou le système permet de mettre en relation deux éléments du milieu extérieur, il y a un service rendu. Donc, en prenant tous les éléments du milieu extérieur 2 par 2, chaque fois qu'il sera possible d'exprimer un service rendu « ça sert à X en agissant sur Y », il y aura une fonction principale.

- Chaque fois qu'un élément du milieu extérieur exerce une action sur le système, il y a une fonction de contrainte. L'ensemble des relations entre les fonctions et l'objet vont être représentées dans « la pieuvre ». [4]

**Exemple :** sur une famille :



**Figure I-8 : illustration de la méthode de pieuvre**

**I-16-6-Le tableau fonctionnel**

Il permet une caractérisation des fonctions principales ou de contraintes. [4]

• **Critères d'évaluation**

Paramètre retenu pour apprécier la manière dont une fonction est remplie ou une contrainte respectée [4]

• **Echelle d'évaluation ou niveau**

Repère dans l'échelle adoptée pour un critère d'appréciation d'une fonction tolérance accepté :

- **Flexibilité** : Indication sur les possibilités de moduler un niveau pour un critère [4]
- **Limites** : Niveau de critère d'appréciation au-delà ou en-deçà duquel le besoin est non satisfait (minimum, maximum) [4]

**Exemple** : sur une famille

Fonction	Critère	Niveau	Flexibilité Limites
<b>FP1</b> : loger une famille dans les conditions normales de confort	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre des membres.</li> <li>- Nombre de chambre nécessaires</li> </ul>	2 adultes, 3enfants 4 chambres	Aucune 3 chambres éventuellement
<b>FP2</b> : Définir le logement en fonction des moyens financiers disponibles, et des aides associées au type de logement	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aide personnalisée au logement</li> <li>- Salaire du couple</li> </ul>	Aucune 2000€ Max	Aucune ±130€
<b>FC1</b> : Respect les contraintes de lieu d'habitation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ecole des enfants</li> <li>- Lieu de travail du père</li> <li>- Lieu de travail de la mère</li> </ul>	Aucun Rayon de 30Km Rayon de 5 Km Rayon de 5 km	Aucun Rayon de 30 Km Rayon de 5 Km Rayon de 5 Km

**Tableau I-1 : le tableau fonctionnel**

**I-16-7-La méthode SADT**

C'est une méthode d'analyse et de conception des systèmes en facilitant la communication entre spécialistes de disciplines différentes ; elle fournit des outils pour :

- Concevoir d'une façon structurée des systèmes vastes ou complexes,
- Communiquer des résultats de l'analyse et de la conception dans une notation et précise, claire
- Contrôler l'exactitude, la cohérence et, de façon générale, la qualité de manière continue et systématique par des procédures particulières de critiques et d'approbations, documenter l'analyse du système, la chronologie de son étude, les décisions et les résultats courants,
- Travailler en répartissant et en coordonnant l'effort entre les membres d'une même équipe,
- Assurer correctement la direction du projet et maîtriser sa réalisation et son suivi. [6]

**• Domaine d'application**

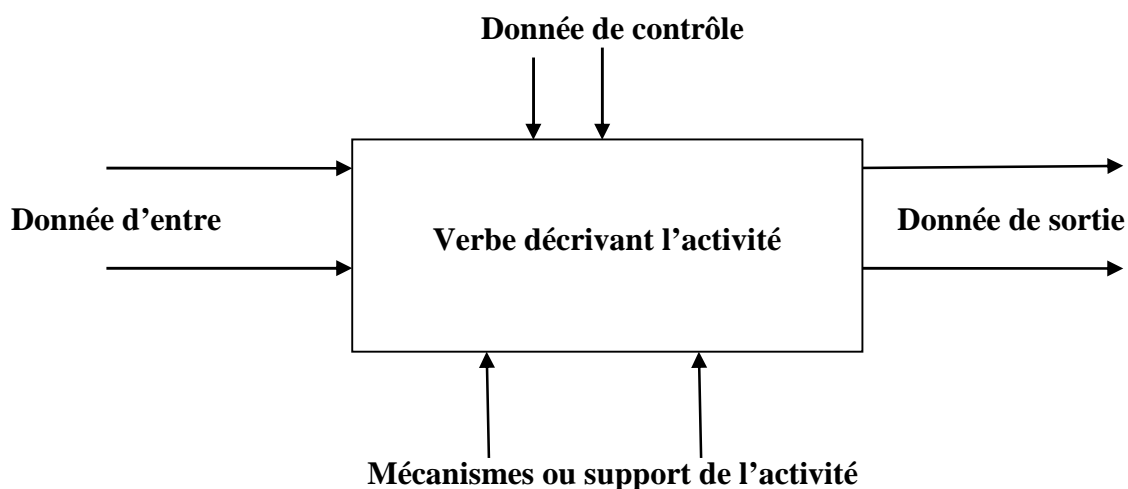
Bien que l'utilisation de SADT soit possible dans tous les domaines, particulièrement adaptée pour les systèmes et organisations qui intègrent de l'informatique. [6]

**• Démarche SADT**

SADT s'applique d'abord à l'analyse fonctionnelle de systèmes importants et complexes. Cette phase de développement d'un système d'étude début avec l'expression des exigences auxquelles doit répondre le système, et il se termine par la production de ses spécifications fonctionnelles.

Pendant la première phase, l'accent est porté sur l'analyse et la spécification du. « Quoi » (ce que le système doit faire). Une utilisation correcte de SADT exige que les considérations sur le « comment » soient, autant que possible, repoussées à la seconde phase.

Dans la première phase, et par souci de simplification (on ne peut faire bien qu'une seule chose à la fois), on se fixera un objectif unique soit un point de vue unique. Chaque spécialiste étant chargé de faire le SADT selon son point de vue exclusivement. [6]



**Figure I-9 : boîte d'activité**

### **I-17-Conclusion**

En conclusion, l'analyse fonctionnelle est une méthode puissante pour comprendre les fonctions et les interactions des différents composants d'un système ou d'un produit. Elle permet de décrire de manière précise et systématique les fonctions et les besoins du produit, ainsi que les interactions entre les différents composants pour assurer son bon fonctionnement.

L'analyse fonctionnelle peut être utilisée à différentes étapes du cycle de vie d'un produit, depuis la conception jusqu'à la maintenance en passant par la production et l'optimisation. Elle permet de rationaliser les processus de conception, de réduire les coûts et les délais de développement, d'optimiser la performance et la qualité des produits et de répondre aux besoins et aux attentes des clients.

En somme, l'analyse fonctionnelle est un outil indispensable pour les ingénieurs, les concepteurs et les décideurs pour comprendre les fonctions et les interactions des différents composants d'un système ou d'un produit et pour optimiser leur conception, leur production et leur maintenance. Et pour cela il existe plusieurs méthodes d'analyse comme dans notre cas on va utiliser la méthode AMDEC que on va entamer dans le deuxième chapitre pour étudier profondément cette méthode.

---

## **Chapitre II : La méthode AMDEC**

---

## **II-1-Introduction**

La maintenance est une activité essentielle pour assurer la disponibilité, la fiabilité et la performance des équipements et des installations d'une entreprise. Elle permet de détecter et de corriger les problèmes avant qu'ils ne causent des dommages importants, ce qui peut réduire les coûts de maintenance et de réparation, augmenter la durée de vie des équipements et améliorer la qualité des produits fabriqués.

L'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) est une méthode d'analyse et de prévention des défaillances qui vise à identifier les modes de défaillance potentiels, évaluer leurs conséquences et prioriser les actions préventives à mettre en place pour éviter ou réduire les conséquences des défaillances les plus critiques. Elle contribue ainsi à améliorer la fiabilité, la sécurité, la qualité et la satisfaction client tout en réduisant les coûts de maintenance et de réparation.

Dans cette perspective, ce chapitre se propose de présenter la maintenance et l'AMDEC en particulier et donner une idée générale sur cette méthode d'analyse.

## **Généralités sur la maintenance :**

### **II-2-Définition de la Maintenance**

La norme AFNOR NF X 60 010 [AFNOR, 2002] définit la maintenance par l'expression suivante : « La maintenance constitue l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état qui lui permet d'accomplir la fonction requise ». La maintenance vise la conservation de l'état préalablement défini (Le bon état) mais permet aussi la reconstitution et l'amélioration. L'entretien peut être vu comme une condition nécessaire mais insuffisante de la maintenance.

### **II-3-Les objectifs de la maintenance**

Les objectifs de la maintenance sont multiples et visent à assurer la disponibilité, la fiabilité, la sécurité et la performance des équipements et des installations d'une entreprise. Voici les principaux objectifs de la maintenance :

1. Assurer la disponibilité des équipements : l'un des objectifs majeurs de la maintenance est d'assurer la disponibilité des équipements et des installations pour éviter les temps d'arrêt et les pertes de production.
2. Garantir la fiabilité des équipements : la maintenance vise également à garantir la fiabilité des équipements et à éviter les pannes récurrentes, qui peuvent causer des perturbations importantes dans la production.
3. Améliorer la sécurité des travailleurs : la maintenance contribue également à améliorer la sécurité des travailleurs en prévenant les accidents de travail liés à des équipements défectueux ou mal entretenus.

4. Réduire les coûts de maintenance et de réparation : la maintenance préventive permet de détecter et de corriger les problèmes avant qu'ils ne causent des dommages importants, ce qui peut réduire les coûts de maintenance et de réparation.
5. Augmenter la durée de vie des équipements : la maintenance peut également prolonger la durée de vie des équipements en évitant leur détérioration prématurée.
6. Améliorer la qualité des produits : en maintenant les équipements en bon état de fonctionnement, la maintenance peut contribuer à améliorer la qualité des produits fabriqués.
7. Réduire l'impact environnemental : la maintenance peut également contribuer à réduire l'impact environnemental en prévenant les fuites, les déversements et les émissions polluantes

## **II-4-Types de maintenance**

### **II-4-1-Maintenance préventive**

Dans la définition de la maintenance préventive, nous incluons l'ensemble des contrôles visites, et interventions de maintenance effectuée préventivement. La maintenance préventive doit consister à suivre l'évolution de l'état d'un organe, de manière à prévoir une intervention dans un délai raisonnable (1 mois, par exemple) et l'achat de la pièce de remplacement nécessaire, donc on n'a pas besoin de la tenir en stock, si le délai normal le permet. Généralement on distingue trois types de maintenance préventive [8]

- **Maintenance préventive systématique**

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

- **Maintenance préventive conditionnelle**

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

### **II-4-2-Maintenance corrective**

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

La maintenance corrective c'est une politique de maintenance (dépannage / réparation) qui correspond à une attitude de réaction à des évènements aléatoires et qui s'applique après la

panne, donc qu'elle n'a pas été pensée puisqu'elle s'effectue après la défaillance. Deux types de maintenance corrective sont souvent distingués. [8]

- **Maintenance corrective palliative**

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

- **Maintenance corrective curative**

La maintenance corrective curative regroupe les activités de maintenance corrective ayant pour objet de rétablir un bien dans un état spécifié ou de lui permettre d'accomplir une fonction requise. Les activités du type réparation, modification ou amélioration doivent présenter un caractère permanent. [8]

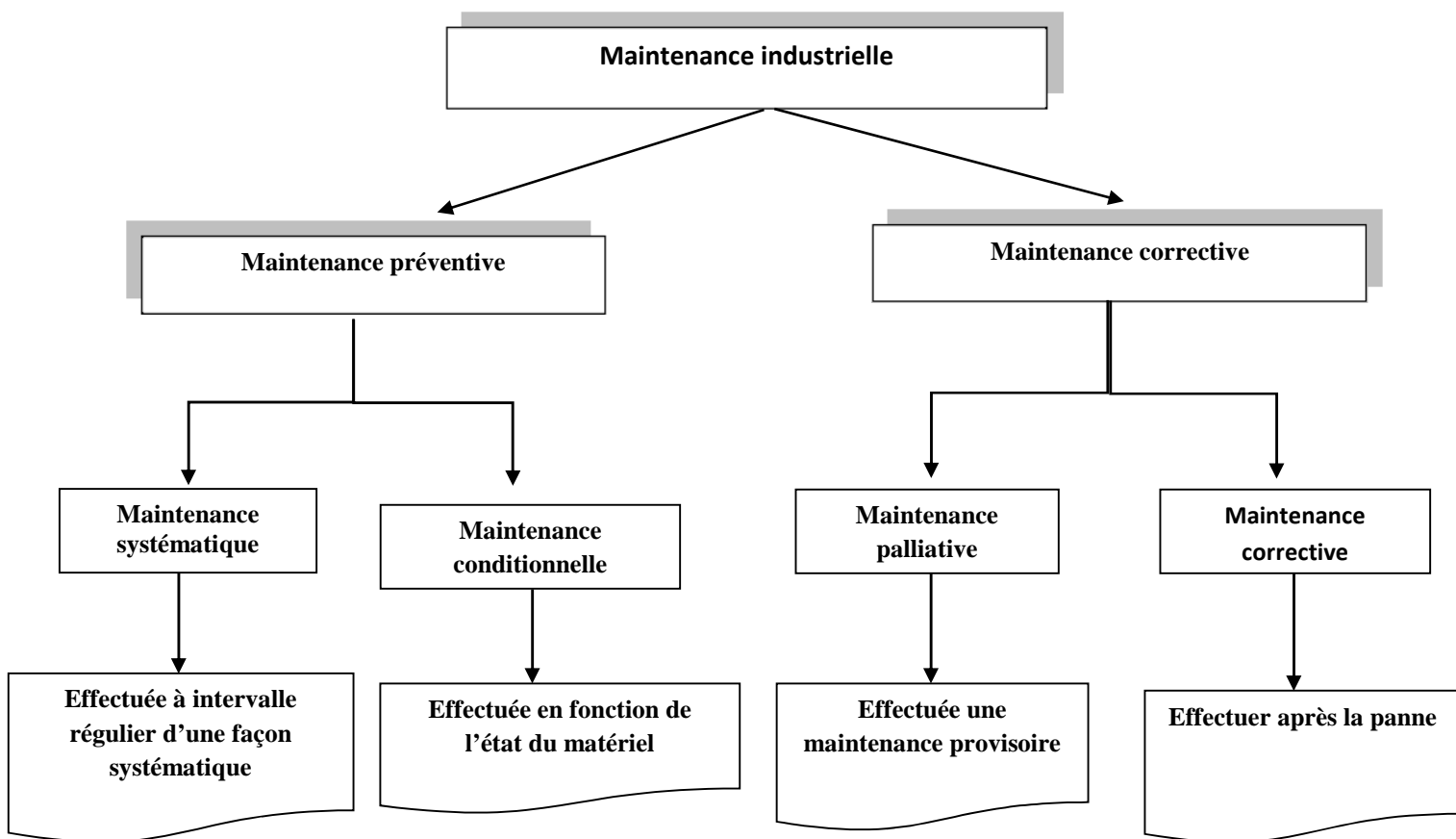


Figure II-1 : Les différents types de maintenance

## **Généralité sur la méthode AMDEC**

### **II-5-Les questions préalables à l'AMDEC**

#### **II-5-1- Pourquoi travailler de manière préventive ?**

Les raisons les plus judicieuses sont :

- Parce que la prévention fait partie intégrante de votre culture.
- Ou bien parce que vous souhaitez que la prévention devienne une priorité pour votre organisation.
- Ou encore, pour satisfaire vos clients et livrer des produits répondant toujours mieux à leurs attentes, avec un prix de revient en diminution.

Les moins bonnes raisons pourraient être :

- Parce que vos clients industriels l'exigent.
- Parce que les normes vous le demandent.

#### **II-5-2-Que peut apporter l'AMDEC à une organisation ?**

Deux notions étroitement liées répondent à cette question :

- La structuration d'une démarche préventive ;
- Une dynamique performante pour des équipes de travail.

#### **II-5-3-Ce que l'AMDEC ne peut pas apporter ?**

L'AMDEC n'est pas une méthode de résolution de problèmes. Elle aide à poser les « bonnes » questions, pour identifier les problèmes potentiels. Dans cette recherche méthodique, certains des problèmes listés seront des problèmes avérés, c'est inévitable. En dehors de ce constat, nous pouvons dire que vous n'êtes pas en présence d'une méthode de résolution de problèmes.

L'AMDEC seule n'est pas une méthode de résolution de problème, elle reste un outil d'anticipation de problèmes potentiels.

#### **II-5-4-Qui est concerné par l'AMDEC ?**

Tous ceux qui ont des clients à satisfaire, et qui veulent minimiser la prise de risque. Par exemple, les industriels qui souhaitent reproduire des objets à des centaines, des milliers, voire, des millions d'exemplaires sont parmi les plus grands utilisateurs.

### **II-6-Historique**

À l'origine était l'analyse de problèmes potentiels, le format générique qui permettait de travailler sur toute planification et d'identifier ce qui aurait pu aller mal. Cette logique de base a été reprise, puis spécialisée pour des produits, procédé, machines, et services.... Devenue un mode de raisonnement spécialisé, elle fut d'abord utilisée dans les années 1950 par l'industrie

aérospatiale et militaire américaine pour identifier les caractéristiques de sécurité, sous le nom de Failure Mode and Effects and Criticality Analysis (FMECA ou FMEA).

L'AMDEC fut pratiquée en France à partir des années 1960-1970, en premier lieu par les ingénieurs fiabilistes. Puis de grands groupes rédigèrent des manuels d'application de l'AMDEC (ou de la FMEA), et certains se donnèrent l'obligation, ainsi qu'à leurs fournisseurs, d'utiliser cet outil de prévention (par exemple Ford dans le référentiel Q 101, à partir de 1986). Certains constructeurs automobiles français utilisaient l'AMDEC depuis déjà une vingtaine d'années. [9]

## II-7-Définition

L'AMDEC, analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité, est un outil d'analyse performant qui permet de recenser de manière exhaustive les risques de dérive d'un processus, d'un produit ou d'un moyen de production.

Elle s'inscrit dans la logique de maîtrise des risques ; sa finalité est de mettre en place des plans d'actions préventives visant à éliminer ou réduire les risques liés à la sécurité de l'utilisateur, au non qualité, à la perte de productivité, à l'insatisfaction des clients. La logique AMDEC est sous quatre questions, pour tous les types d'AMDEC existantes. [10]

Modes De défaillance Potentielle	Effets possibles	Causes possibles	Plan de Surveillance
Qu'est-ce qui Pourrait aller mal ?	Quels pourraient Être les effets ?	Quelles pourraient Être les causes ?	Comment faire Pour voir ça ?

Tableau II-1 : Les quatre questions de base de l'AMDEC

## II-8-Définition normative (Norme AFNOR X 60-510 de décembre 1986.)

L'AMDEC est une méthode qualitative et inductive qui définit une règle ou une loi à partir de l'expérience : un raisonnement inductif visant à identifier les risques de pannes potentielles contenues dans un avant-projet de produit ou de système, quelles que soient les technologies, de façon à les supprimer ou à les maîtriser. [2]

## II-9-Définition des termes relative à la méthode AMDEC

- **Criticité** : la criticité est le produit mathématique de l'évaluation de l'occurrence et de la sévérité.  $Criticité = (S) \times (O)$ . Ce nombre est employé en priorité pour des éléments nécessitant un niveau de qualité supérieur.

- **Contrôle** : les contrôles (conception et procédé) sont les mécanismes empêchant la cause d'une défaillance de survenir.
- **Défaillance** : une défaillance se présente lorsqu'un produit, un composant ou un ensemble ne fonction pas au moment prévu, ne s'arrête pas au moment prévu.

## **II-10-Objectifs de l'AMDEC**

L'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) est une méthode d'analyse et de prévention des défaillances qui vise à atteindre plusieurs objectifs :

- Identifier les modes de défaillance : l'objectif principal de l'AMDEC est d'identifier Tous les modes de défaillance potentiels d'un produit, d'un processus ou d'un système.
- Évaluer les conséquences des défaillances : l'AMDEC permet d'évaluer les conséquences de chaque mode de défaillance en termes de coûts, de sécurité, de qualité, de satisfaction client, etc.
- Prioriser les actions préventives : en évaluant la criticité de chaque mode de défaillance, l'AMDEC permet de prioriser les actions préventives à mettre en place pour éviter ou réduire les conséquences des défaillances les plus critiques.
- Optimiser la fiabilité et la sécurité : en identifiant et en prévenant les défaillances potentielles, l'AMDEC contribue à améliorer la fiabilité et la sécurité des produits, des processus et des systèmes.
- Réduire les coûts de maintenance et de réparation : en prévenant les défaillances et en mettant en place des actions préventives, l'AMDEC permet de réduire les coûts de maintenance et de réparation.
- Améliorer la satisfaction client : en évitant les défaillances et en améliorant la qualité des produits et des processus, l'AMDEC contribue à améliorer la satisfaction client.

## **II-11-Différents types d'AMDEC**

Il existe différents types d'AMDEC :

### **II-11-1-AMDEC machine**

Elle se focalise sur un moyen de production afin de diminuer le taux de rebuts, le taux de panne et analyse de la conception des équipements de production pour améliorer leur disponibilité. [11]

### **II-11-2-AMDEC produit**

Elle permet de verrouiller la conception des produits, ceci consiste à étudier les plans et caractéristiques d'un produit afin de détecter préventivement les situations qui peuvent conduire à une fonction non ou mal réalisée. [11]

**II-11-3-AMDEC processus**

Elle permet de valider la gamme de contrôle d'un produit afin qu'elle réponde aux spécifications définies, elle consiste à rechercher dans un processus de fabrication l'ensemble des situations qui peuvent conduire à un produit défectueux. [11]

**II-11-4-AMDEC organisation**

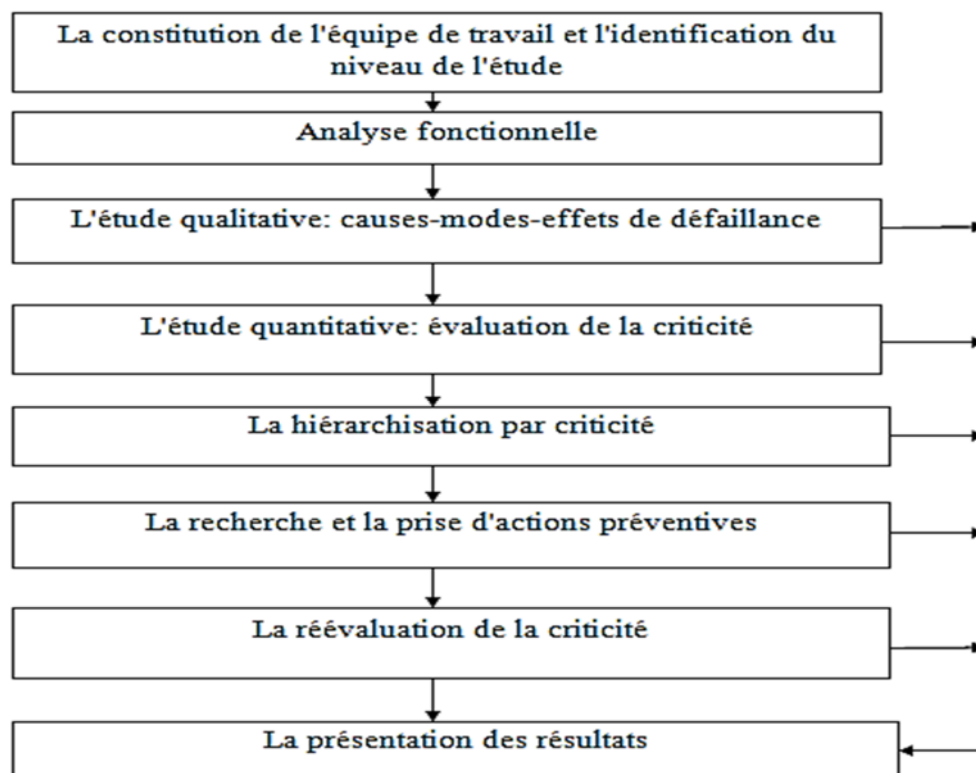
Elle s'applique aux différents niveaux du processus d'affaires : du premier niveau qui englobe le système de gestion, le système d'information, le système de production, le système personnel, le système marketing et le système finance, jusqu'au dernier niveau comme l'organisation d'une tâche de travail. [11]

**II-11-5-AMDEC service**

Elle s'applique pour vérifier que la valeur ajoutée réalisée dans le service corresponde aux attentes des clients et que le processus de réalisation de service n'engendre pas de défaillance.[11]

**II-12-Les étapes de la méthode AMDEC**

La méthode s'inscrit dans une démarche en huit étapes Comme dans Plusieurs démarches, voir (figure2) il y a une phase préparatoire qui consiste en une collecte de données pour réaliser l'étude. [11]



**Figure 2 : Les étapes de la méthode AMDEC**

### **II-12-1-La constitution d'un groupe de travail**

Il s'agit de constituer l'équipe multidisciplinaire qui aura à réaliser l'étude. Les personnes impliquées dans une étude AMDEC-processus, par exemple, représentent les services de recherche et développement, des achats, du marketing, de la maintenance, de la qualité, des méthodes et de la fabrication. La présence d'un animateur bien formé à des techniques spécifiques de la démarche et du travail en équipe est une condition de succès de l'application de la méthode.

### **II-12-2-L'analyse fonctionnelle**

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 produit, les fonctions contraintes et les fonctions élémentaires :

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

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

- Définir le besoin à satisfaire.
- Définir les fonctions qui correspondent au besoin.
- Établir l'arbre fonctionnel afin de visualiser l'analyse fonctionnelle.[11]

### **II-12-3- L'étude qualitative des défaillances**

Celle-ci consiste à identifier toutes les défaillances possibles, à déterminer les modes de défaillance, à identifier les effets relatifs à chaque mode de défaillance, à analyser et à trouver les causes possibles et les causes les plus probables des défaillances potentielles. Pour réaliser cet objectif, on s'appuie sur l'analyse fonctionnelle. À partir des fonctions définies on cherche directement les défaillances potentielles.

### **II-12-3-Les modes de défaillance**

La norme AFNOR X 60510 propose une liste de 33 modes de défaillance relatifs aux parties « commande ». Indiquer dans le tableau, mais généralement on travaille souvent avec 5 modes de défaillance qui sont :

- Perte de la fonction.
- Fonctionnement intempestif
- Refus de s'arrêter.
- Refus de démarrer

- Fonctionnement dégradé

1	Défaillance structurelle (rupture)	19	Ne s'arrête pas
2	Blocage physique ou coincement	20	Ne démarre pas
3	Vibrations	21	Ne commute pas
4	Ne reste pas en position	22	Fonctionnement prématuré
5	Ne s'ouvre pas	23	Fonctionnement après le délai prévu (retard)
6	Ne se ferme pas	24	Entrée erronée (augmentation)
7	Défaillance en position ouverte	25	Entrée erronée (diminution)
8	Défaillance en position fermée	26	Sortie erronée (augmentation)
9	Fuite interne	27	Sortie erronée (diminution)
10	Fuite externe	28	Perte de l'entrée
11	Dépasse la limite supérieure tolérée	29	Perte de la sortie
12	Dépasse la limite inférieure tolérée	30	Court-circuit (électrique)
13	Fonctionnement intempestif (inopportun)	31	Court-ouvert (électrique)
14	Fonctionnement intermittent (discontinu)	32	Fuite (électrique)
15	Fonctionnement irrégulier	33	Autres conditions de défaillance exceptionnelles suivant les caractéristiques du système, les conditions de fonctionnement et les contraintes opérationnelles
16	Indication erronée		
17	Ecoulement réduit		
18	Mise en marche erronée		

**Tableau II-2 : Modes de défaillance génériques [4]**

- **Cause de défaillances**

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

- **Effet de défaillances**

Ce sont les conséquences subies par l'utilisateur. Sont les effets locaux sur l'élément étudié du système et les effets de la défaillance sur l'utilisateur final du produit ou du service. [11]

#### **II-12-4-L'étude quantitative**

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

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

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

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

#### **4. Critère G (Gravité)**

Le critère de gravité évalue le risque pour l'utilisateur ainsi que pour le système et le service rendu. A chacun des effets d'une défaillance correspondent un indice de gravité. Le critère de gravité, comme celui de fréquence, doit être très précis dans ses définitions, la sévérité et la gravité étant des notions subjectives. [11]

Niveau de la gravité G		Définition
Gravité mineure	1	Défaillance mineure : -Arrêt de production inférieur à 2 minute - aucune dégradation du matériel.
Gravité significative	2	Défaillance significative : -Arrêt de production de 2 à 20 minutes, ou repos possible d'intervention -Remise en état de courte durée ou petite réparation sur place nécessaire. -Déclassement du produit
Gravité moyenne	3	Défaillance moyenne : -Arrêt de production de 20 à 60 minutes. -Chargement du matériel défectueux nécessaire. -Retouche du produit nécessaire ou rebat (non qualité détectée à la production).
Gravité majeure	4	Défaillance majeure : -Arrêt de production de 1 à 2 heures. -Intervention importante sur sous ensemble -Production des pièces non-conformes, non détectées.
Gravité catastrophique	5	Défaillance catastrophique : -Arrêt de production supérieurs à 2 heures. -Intervention lourde nécessitant des moyens coûteux -Problème de sécurité du personnel ou l'environnement.

Tableau II-3 : Grille de cotation de la gravité.

- **Critère F (fréquence)**

Le critère de fréquence indique le niveau de probabilité d'apparition d'une défaillance, donc, de la fiabilité en quelque sorte. La définition des niveaux de fréquence doit être précise comme le montre le tableau. Se limiter à des termes tels que : faible, possible, certaine, ou forte consiste à prendre le risque d'écarts d'interprétation entre les différents lecteurs ou utilisateurs de l'analyse.

Niveau de la fréquence F		Définitions
Fréquence très faible	1	Défaillance rare : mois d'une défaillance par année.
Fréquence faible	2	Défaillance possible : mois d'une défaillance par trimestre.
Fréquence moyenne	3	Défaillance fréquente : mois d'une défaillance par semaine.
Fréquence forte	4	Défaillance très fréquente : plusieurs défaillances par semaine

**Tableau II-4 : Grille de cotation de la fréquence.**

• **Critère D (non-détection)**

Le critère D est l'indice de non détectabilité. Il s'évalue à partir du mode de défaillance par une note estimée allant de 1 (dégradation élémentaire) à 4 (défaillance soudaine).

Niveau de détection D		Définition
Détection Evident	1	Défaillance détectable 100 % -Détection à coup sûr de la cause de la défaillance. -Signe avant-coureur évidant d'une dégradation
Détection possible	2	Défaillance détectable : Signe avant-coureur de la défaillance facilement détectable mais nécessitant une action particulière de l'opérateur (visite, contrôle visuel...)
Détection improbable	3	Défaillance détectable : Signe avant-coureur de la défaillance difficilement détectable, peu exploitation au nécessitant une action au moyens complexes (démontage, appareillage...)
Détection impossible	4	Défaillance détectable : -Aucun signe avant-coureur de la défaillance

**Tableau II-5 : Grille de cotation de la détection.**

**II-12-4-Calcul de la criticité**

La criticité s'obtient en faisant le produit des indices des critères précédents. Cette valeur de criticité s'établie souvent sur une échelle de 1 à 64 (4\*4\*4), elle permet de connaître à partir de

ses propres critères d'évaluation le caractère critique de chacune des causes de défaillance potentielle pour chacun des composants d'un système.

$$C = G * F * D$$

### **II-12-5-La hiérarchisation**

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

**L'échelle de criticité** C'est une liste d'articles ou de processus critiques. Le classement est fait par ordre décroissant généralement en quatre catégories ( $C > 100$  ;  $100 > C > 50$  ;  $50 > C > 20$  ;  $20 > C$ ). Ce classement permet de moduler les actions préventives, leur priorité variant en fonction de la catégorie.

### **II-12-6-La recherche des actions préventives/correctives**

Après le classement des différents modes de défaillances potentielles d'après les indices de criticité, le groupe désigne les responsables de la recherche des actions préventives ou correctives. En pratique, le groupe de travail s'attache à réduire l'indice de criticité par des actions qui visent :

- La réduction de la probabilité d'occurrence (exemple : par la modification de la conception du produit ou du processus)
- La réduction de la probabilité de non-détection (exemple : par la modification de la conception du processus ou par la modification du système de contrôle)
- La réduction de la gravité de l'effet de défaillance (exemple : par la modification de la conception)

### **II-12-7-Le suivi des actions prises et la réévaluation de criticité**

C'est le moment de vérité pour la méthode. Un nouvel indice de criticité est calculé de la même façon que lors de la première évaluation, en prenant en compte les actions prises.

L'objectif de cette réévaluation est de déterminer l'impact et l'efficacité des actions prises.

### **II-12-8-La présentation des résultats**

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

### **II-12-9-Mise au point de la fiche d'analyse AMDEC**

La fiche AMDEC regroupe tous les éléments qui concernent la défaillance comme le montre ce tableau :

Analyse Fonctionnelle		Analyse de défaillance					Estimation de criticité				Mesures
Composant		Fonction	Mode De défaillance	Cause	Effet local	Effet système	G	F	D	C	Mesure Envisagées
Nom	Rep										
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Tableau II-6 : Fiche AMDEC [15]

## II-13-Présentation des éléments de la fiche AMDEC

### II-13-1-Analyse fonctionnelle

- **Colonnes 1 et 2 :**

Les colonnes 1 et 2 se déduisent de l'analyse fonctionnelle préliminaire nécessaire à la conception du système. Elles reprennent la liste des sous-ensembles ou des composants du système étudié, avec leurs fonctions associées.[15]

### II-13-2-Analyse des défaillances

- **Colonne 3 : modes de défaillance**

Est la façon dont un produit, un composant, un ensemble, un processus ou une organisation manifeste une défaillance ou s'écarte des spécifications. Perte de fonction

- Fonctionnement intempestif
- Refus de s'arrêter
- Refus de démarre
- Fonctionnement dégradé

- **Colonne 4 : causes de défaillance**

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

- **Colonnes 5 et 6 : effets de la défaillance**

Les effets d'une défaillance sont les effets locaux sur l'élément étudié du système et les effets de la défaillance sur l'utilisateur final du produit ou du service.

**II-13-3-Estimation de criticité**

- **Colonnes 7, 8 et 9**

**G** : est l'indice de gravité. Il s'évalue à partir des effets par une note estimée de 1 à 5. Suivant les systèmes, la gravité « relative » peut s'estimer sur plusieurs critères : sécurité des personnes, des biens, défauts de qualité, perte de disponibilité, pénalisation de la production, etc.

**F** : est l'indice d'occurrence. Il s'évalue à partir des probabilités des causes par une note estimée de 1 (improbable) à 5 (fréquent). Il est parfois possible de faire correspondre ces indices à des valeurs chiffrées. Par exemple, estimer O en fonction du taux de défaillance ! Exprimé en panne/heure.

**D** : est l'indice de non-défectabilité. Il s'évalue à partir du mode de défaillance par une note estimée allant de 1 (la dégradation « qui prévient ») à 4 (défaillance soudaine).

- **Colonne 10 : estimation de Ic indice de criticité**

Chaque mode de défaillance identifié sera caractérisé par son indice de criticité :

$$Ic = G \times F \times D$$

Valeur de taux de défaillance $\square$ en panne/heure	$\square < 10^{-6}$	$10^{-6} < \square < 10^{-5}$ 5	$10^{-5} < \square < 10^{-4}$ 4	$10^{-4} < \square < 10^{-3}$ 3	$\square > 10^{-3}$
Estimation de l'indice d'occurrence O	1	2	3	4	5
Appréciation qualitative	Improbable	Très rare	Assez rare	Peu fréquent	Fréquent

**Tableau II-7 : Indices d'occurrence**

## **II-13-4-MESURES**

### **Colonne 11 : mesures envisagées**

Elle est souvent décomposée suivant les rubriques possibles :

- Modifications de conception,
- Moyens de détection ou consignes de surveillance ou inspections périodiques,
- Dispositif de remplacement, reconfiguration, repli,
- Observations, recommandations.

## **II-14-Avantages et inconvénients de l'AMDEC**

### **II-14-1-Avantages de la méthode AMDEC**

La maîtrise des risques à l'aide de la méthode AMDEC permet de mener des actions préventives, c'est-à-dire de résoudre les problèmes avant que ceux-ci ne se présentent. Si cette méthode est suivie tout au long du cycle de vie du produit, la production en sera améliorée et débarrassée de problèmes majeurs on peut citer quelques avantages comme :

- La satisfaction du client.
- Le pilotage de l'amélioration continue.
- L'amélioration de la communication.
- L'amélioration de la stabilité des produits, procédés, services, machines...
- La réduction des coûts.
- L'optimisation des contrôles.
- L'élimination des causes de défaillances.
- L'expérience écrite. [9]

### **II-14-2-Inconvénients de la méthode AMDEC**

L'AMDEC nécessite une connaissance poussée de la question à étudier. En général, un brainstorming avec plusieurs personnes impliquées de la conception à la livraison du produit est nécessaire. Pour cela, il faut donc qu'une équipe puisse se mettre d'accord sur les modes de défaillance étudiés. Cette méthode est, de ce fait, lourde à mettre en place. [9]

## **II-15-Les aspects de la méthode AMDEC**

### **II-15-1-L'aspect qualitatif**

Elle consiste à recenser les défaillances potentielles des fonctions du système étudié, de rechercher et d'identifier les causes des défaillances et d'en connaître les effets qui peuvent affecter les clients, les utilisateurs et l'environnement interne ou externe. [9]

### **II-15-2-L'aspect quantitatif**

Elle Consiste à estimer le risque associé à la défaillance potentielle. Le but de cette estimation est l'identification et la hiérarchisation des défaillances potentielles. Celles-ci sont alors mises en évidence en appliquant certains critères dont, entre autres, l'impact sur le client. La hiérarchisation des modes de défaillance par ordre décroissant, facilite-la recherchent la prise d'actions prioritaires qui doivent diminuer l'impact sur les clients ou qui élimineraient complètement les causes des défauts potentiels. [9]

## **II-16-Autres exploitations possibles de l'AMDEC**

- Détecter des causes communes de défaillance.
- Traiter les effets communs par un arbre de défaillance.
- Mettre en place de la maintenance conditionnelle.

## **II-17-AMDEC machine**

### **II-17-1-Définition**

L'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leurs criticité) machine est une méthode d'analyse et de prévention des défaillances des machines industrielles. Cette méthode permet d'identifier les modes de défaillance potentiels des différents composants d'une machine, d'évaluer leurs conséquences en termes de coûts, de sécurité et de qualité, et de déterminer les mesures préventives à mettre en place pour éviter que ces défaillances ne se produisent.

L'AMDEC machine permet ainsi d'optimiser la fiabilité et la sécurité des machines industrielles tout en réduisant les coûts de maintenance et de réparation.[9]

### **II-17-2-Les intérêts**

L'AMDEC est une méthode d'analyse de risques qui peut être utilisé pour évaluer les risques associe à une machine dans un processus de production. L'AMDEC machine présente plusieurs avantages, notamment :

- **Identification des modes de défaillance potentiels**

L'AMDEC machine permet d'identifier les modes de défaillance potentiels de la machine, ce qui permet de prendre des mesures préventives pour éviter que ces défaillances ne se produisent.

- **Évaluation des conséquences des défaillances**

L'AMDEC machine permet d'évaluer les conséquences des défaillances de la machine, en termes de coûts, de sécurité, de qualité, etc. Cela permet de prioriser les actions à mettre en place pour réduire les risques les plus critiques.

- **Détection des défaillances**

L'AMDEC machine permet d'identifier les moyens de détection des défaillances, ce qui permet de mettre en place des procédures de maintenance préventive pour minimiser les temps d'arrêt de la machine.

- **Réduction des coûts**

L'AMDEC machine permet de réduire les coûts associés aux défaillances de la machine en identifiant les mesures préventives à mettre en place pour éviter que ces défaillances ne se produisent.

- **Amélioration de la qualité**

L'AMDEC machine permet d'améliorer la qualité des produits fabriqués en réduisant les risques de défaillances de la machine, ce qui permet de réduire les coûts de non-qualité.

## **II-18-Mise en place de l'AMDEC machine**

Elle se fait par 4 étapes :

**Etape 1 :** initialisation de l'étude qui consiste :

- La définition de la machine à analyser.
- La définition des objectifs à atteindre.
- Constitution de groupe de travail.

**Etape 2 :** description fonctionnelle de la machine qui consiste :

- Découpage de la machine.

**Etape 3 :** analyse AMDEC qui consiste :

- Analyse des mécanismes de défaillances.
- Recherche des causes et des effets.
- Évaluation de la criticité.
- Propositions d'actions correctives.

**Etape 4 :** synthèse de l'étude/décisions qui consiste :

- Bilan des travaux.
- Décision des actions à engager. [9]

## **II-19-Cas d'application**

L'AMDEC machine est particulièrement destinée aux :

- Constructeurs (AMDEC prévisionnelle)
- Utilisateurs de machines (AMDEC opérationnelle)

### **II-20-AMDEC opérationnelle**

Elle est utilisée en période d'exploitation, pour améliorer le comportement d'un matériel critique et pour mettre au point le plan de maintenance d'une nouvelle installation ou pour optimiser des actions de maintenance (choix, procédure, stocks).

L'AMDEC machine est essentiellement destinée à l'analyse des modes de défaillance d'éléments matériels (mécaniques, hydrauliques, pneumatiques, électriques, électroniques.). Elle peut aussi s'appliquer aux fonctions de la machine

### **II-21-AMDEC prévisionnelle**

En phase de conception, pour vérifier certains points particuliers (élément nouveau, spécifique ou complexe) dont on connaît mal le comportement. Elle permet l'amélioration de la conception, la validation d'une solution technique par rapport à un cahier des charges ou une exigence spécifique, la mise en place des dispositions d'assurances qualité, la préparation d'un plan de maintenance. On la met en pratique quand les composants sont définis, avant que les plans de détail ne soient figés. [9]

### **II-22-Conclusion**

En conclusion, l'AMDEC est un outil d'analyse de risques largement utilisé dans l'industrie pour améliorer la qualité des produits et réduire les coûts associés aux erreurs de conception. L'AMDEC peut être appliqué à toutes les étapes du cycle de vie d'un produit, depuis la conception jusqu'à la production et même après la mise sur le marché.

L'AMDEC implique une approche systématique et rigoureuse pour identifier les modes de défaillance potentiels, évaluer leur gravité, leur fréquence d'occurrence et leur détection, et prendre des mesures préventives pour éviter leur apparition ou leur propagation.

L'AMDEC peut être utilisé de manière isolée ou en combinaison avec d'autres méthodes d'analyse de risques pour maximiser l'efficacité de la gestion des risques dans un projet ou une entreprise. Cependant, il est important de garder à l'esprit que l'AMDEC ne peut pas garantir l'élimination complète des risques, mais peut plutôt aider à réduire leur probabilité d'occurrence et à minimiser leur impact.

En fin de compte, l'AMDEC est un outil précieux pour les entreprises qui cherchent à améliorer la qualité de leurs produits, à réduire les coûts et à renforcer la satisfaction des clients en minimisant les risques de défaillance. On passe au chapitre des éléments dynamique des glissières qui est notre cas à étudier.

---

## **Chapitre III : Éléments dynamique des glissières**

---

### III-1-Introduction

Les machines-outils sont des équipements mécaniques utilisés pour façonner les matériaux en pièces finies. Elles sont utilisées dans une grande variété de secteurs industriels, tels que la construction automobile, l'aérospatiale, l'électronique, la production de biens de consommation, etc. Les machines-outils peuvent être manuelles ou automatisées, et elles sont souvent équipées d'éléments dynamiques tels que les glissières pour permettre des mouvements précis et contrôlés.

Les éléments dynamiques sont les composants d'une machine-outil qui sont responsables de la transformation de l'énergie en mouvement. Ils comprennent les systèmes de transmission, les moteurs, les engrenages, les courroies, les poulies, les glissières, etc.

Les glissières sont des éléments essentiels des machines-outils qui permettent aux éléments mobiles tels que les outils, les pièces et les axes de se déplacer de manière contrôlée et précise.

L'importance des éléments dynamiques dans le fonctionnement des machines-outils ne peut être surestimée. Des éléments de qualité inférieure peuvent causer des vibrations, des inexactitudes et des défaillances prématurées, ce qui peut entraîner des retards de production et des coûts supplémentaires. Les éléments dynamiques doivent être choisis avec soin et entretenus régulièrement pour garantir un fonctionnement sûr et efficace des machines-outils.

## Généralité sur les machines-outils

### III-2-Historique

Il y a 3500 ans avant Jésus-Christ, les potiers ont utilisé un tour pour façonner l'argile et créer des vases, tandis que les artisans du bois ont fabriqué des objets avec un tour à bois. Cette méthode de travail précise et rapide a donné naissance au principe de la machine-outil.

Jusqu'au 16<sup>e</sup> siècle, les seules machines existantes étaient des tours (pour façonner l'argile et le bois).

En 1760, le maître fondeur Jan Verbruggen invente une machine à calibrer les canons et que Jacques Vaucanson, inventeur, construit la première perceuse. Invention qui deviendra un organe essentiel aux machines-outils.

Avant la fin du 19<sup>e</sup> siècle, de nombreuses machines ont été inventées, mais c'est pendant la révolution industrielle que leur utilisation et leurs performances ont connu une évolution vraiment significative. Grâce à ces inventions, les machines-outils ont acquis la capacité de tailler, limer et percer avec une précision extrême, permettant ainsi la fabrication de toutes sortes de pièces.

---

## Chapitre III : Éléments dynamiques des glissières

---

L'invention de l'électricité par Thomas Edison a révolutionné les machines-outils en remplaçant le système de moteur unique par des moteurs individuels pour chaque machine. Cela a réduit les accidents, la consommation d'énergie et amélioré les conditions de travail.



Figure III-1 : Tour à bois

### III-3-Définition

Les machines-outils sont des équipements mécaniques utilisés pour façonner les matériaux en pièces finies. Elles sont utilisées dans plusieurs secteurs de l'industrie, tels que la construction automobile, l'aérospatiale, l'électronique, la production de biens de consommation, etc.

Les machines-outils peuvent être manuelles ou automatisées, et elles sont souvent équipées d'éléments dynamiques tels que les glissières pour permettre des mouvements précis et contrôlés.

Les machines-outils permettent l'enlèvement de matière par le déplacement relatif de la pièce ou de l'outil, selon 3 axes possibles :

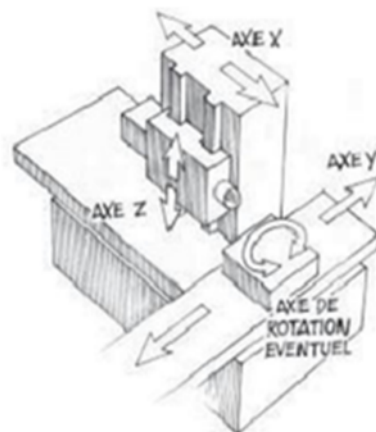


Figure III-2 : Schéma de déplacement de pièce ou l'outil

### III-4-Procédés d'usinage

L'usinage consiste à enlever de la matière en excès sur des pièces brutes pour leur donner la forme, les dimensions et la précision requises par le dessin de définition. Cette opération est réalisée à l'aide de machines-outils spécifiques, telles que :

- Le tour
- La fraiseuse
- La rectifieuse
- Perceuse
- Raboteuse

#### III-4-1-Tournage

Lors du tournage, la pièce est en rotation autour de son axe tandis que l'outil s'engage dans sa surface à une profondeur donnée. L'outil avance de manière continue, parallèlement ou perpendiculairement à l'axe de la pièce. Cette opération est réalisée à l'aide d'une machine-outil appelée tour. Voir figure. [13]



**Figure III-3 : machine-outil : le tour**

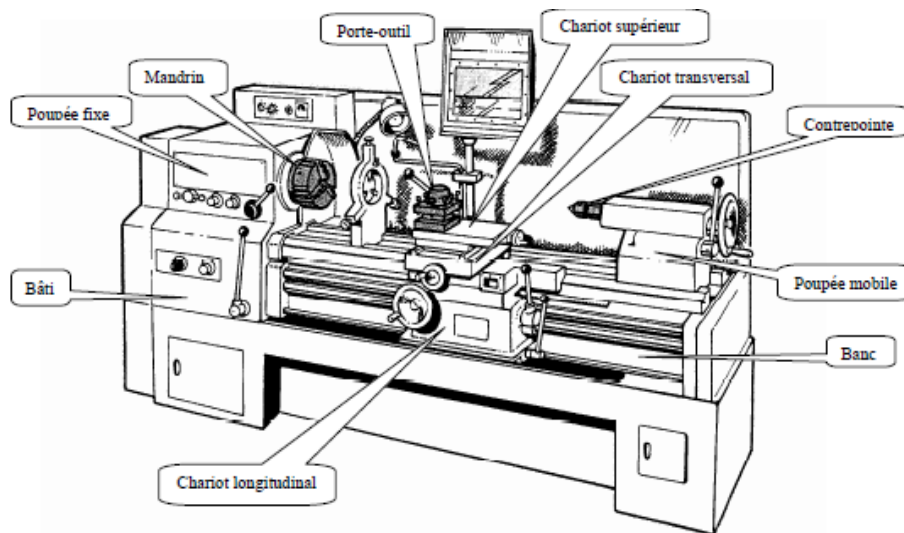


Figure III-4 : schéma d'un tour

Les tours de tour employés dans l'industrie sont

- Les tours parallèles.
- Les tours revolver.
- Les tours en l'air.
- Les tours verticaux ;
- Les tours multibroches.

### III-4-2- Perçage

Pendant le perçage, la pièce est fixe tandis que l'outil est animé de deux mouvements continus simultanés, le mouvement de coupe et le mouvement d'avance suivant l'axe de l'outil. Le perçage s'effectue sur des machines à percer appelées perceuses voire figure

Les perceuses les plus couramment utilisées en pratique sont :

- Perceuses sensibles
- Perceuses à colonne
- Perceuses radiales
- Perceuses horizontales
- Perceuses multibroches [12]



**Figure III-5 : une perceuse**

### **III-4-3-Fraisage**

Le fraisage est une opération d'usinage qui consiste à enlever des copeaux de matière en excès sur une pièce en rotation autour d'un axe. L'outil de fraisage, appelé fraise, est animé d'un mouvement de rotation et d'un mouvement d'avance.

Le mouvement de rotation de la fraise permet d'enlever la matière, tandis que le mouvement d'avance de l'outil permet de déplacer la fraise le long de la surface de la pièce. Les fraises sont disponibles en différents types et tailles, selon la forme et la taille de la pièce à usiner.

Le fraisage est couramment utilisé dans l'industrie pour produire des pièces aux formes complexes et précises, telles que des engrenages, des rainures, des cannelures, des filetages, etc. [14]

Les différents fraiseuses utilisées dans l'industrie :

- La Fraiseuse horizontale.
- La fraiseuse verticale.
- La Fraiseuse universelle.



Figure III-6 : Fraiseuse fv 1.5

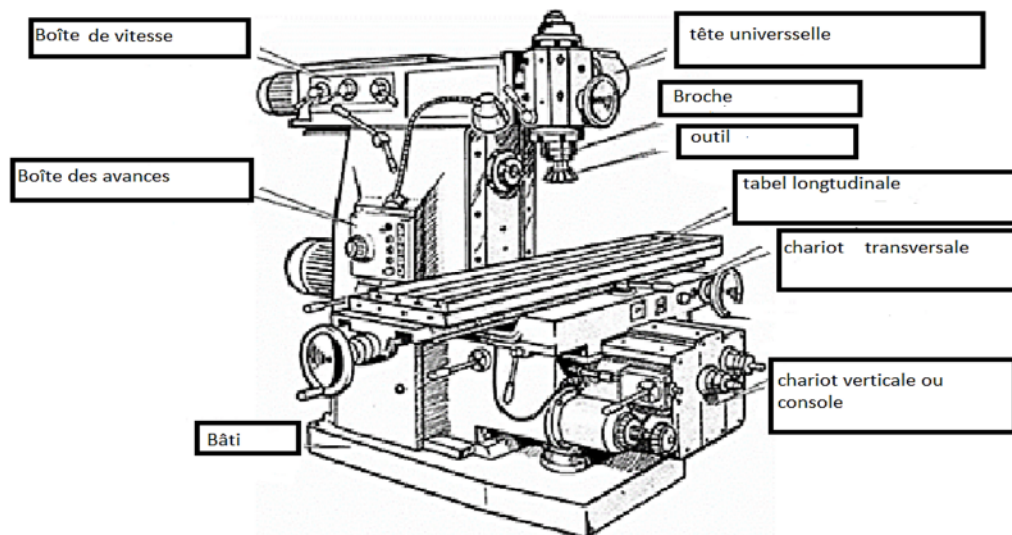


Figure III-7 : schéma sur les éléments d'une fraiseuse

### III-4-4-Rectification

La rectification est une opération d'usinage qui consiste à enlever la matière en excès sur une pièce à l'aide d'une meule abrasive voir figure 8. Cette opération permet d'obtenir des surfaces très lisses et très précises, avec une très faible rugosité. La meule abrasive est animée d'un mouvement de rotation, tandis que la pièce est maintenue fixe ou en rotation selon le type de rectification.

La meule est souvent constituée d'abrasifs tels que l'oxyde d'aluminium, le carbure de silicium, le diamant ou le nitrure de bore cubique. Selon le type de rectification et les exigences de précision. On trouve plusieurs types de rectifieuses, sont :

## Chapitre III : Eléments dynamiques des glissières

- Les rectifieuses planes,
- Les rectifieuses cylindriques,
- Les rectifieuses sans centres,
- Les machines de super finition,
- Les affûteuses.[12]



Figure III-8 : Rectifieuses

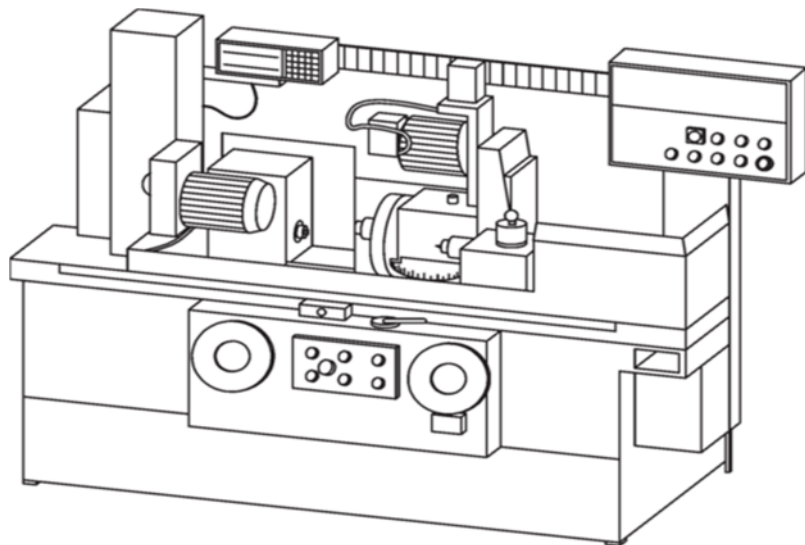


Figure III-9 : Schéma d'une rectifieuse

### III-4-5-Rabotage

Le rabotage est une opération d'usinage qui consiste à enlever des copeaux de matière en excès sur une surface plane ou profilée d'une pièce en mouvement, à l'aide d'un outil de coupe appelé rabot.

Le mouvement du rabot est soit manuel, soit automatique, selon le type de machine utilisée. Le rabot est constitué d'un corps en fonte, sur lequel est monté un support porte-outil,

et d'un outil de coupe réglable en hauteur et en inclinaison. Le rabotage permet d'obtenir des surfaces très lisses et très planes, avec une très faible rugosité. Le rabotage est couramment utilisé pour rectifier des surfaces planes, telles que les tables de machines-outils, les faces de moulage, les surfaces de glissement. [12]

### III-5-Description de la machine

La notation des éléments de commande laisse voir la figure 4 de présentées dans cette partie des instructions de service laquelle est réservée aux illustrations.

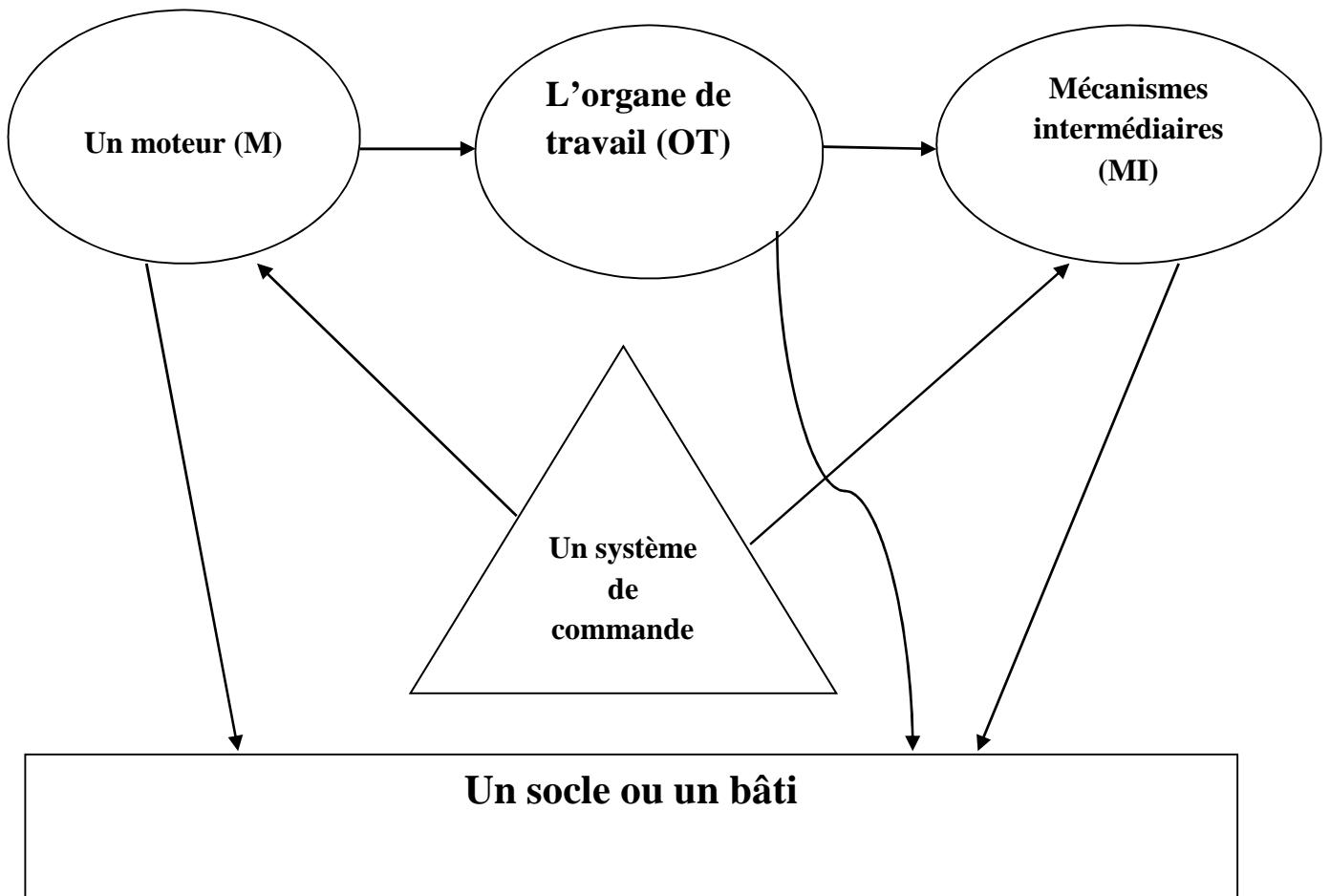
Pour pouvoir mettre en fonctionnement le moteur principal et par conséquent aussi le moteur du système de refroidissement et du moteur de l'avance rapide. [13]

### III-6-Les composants machine-outil

Machine à outil un équipement mécanique destiné pour exécuter un usinage plus précision et une puissance adapte. Les machines-outils sont des équipements utilisés pour façonner, couper, percer, meuler, former et usiner différents matériaux. Elles sont composées de divers éléments qui coopèrent pour accomplir les opérations d'usinage.

Voici les principaux composants d'une machine-outil :

- Un moteur (M), en général électrique (comme source d'énergie) ; Ou machine réceptrice qui peut être la broche de la machine-outil.
- Un système de commande pour coordonner les paramètres entre moteur et organe de travail en fonction des conditions d'exploitation de cette machine.
- Un socle ou un bâti sur lequel sont montés tous ces organes.
- Mécanismes intermédiaires (MI) ou la transmission : c'est l'ensemble des organes qui permettent la transmission de l'énergie (ou le mouvement) du moteur vers les organes de réception. [13].



**Figure III-10 : Schéma des composants de machine-outil**

### III-6-1-Le moteur

Le moteur dans une machine-outil joue un rôle essentiel dans son fonctionnement. Il fournit l'énergie mécanique nécessaire pour entraîner les différents composants et effectuer les opérations d'usinage.

Moteur a pour fonction d'actionner le mouvement entre les éléments de la machine-outil (rotation de la broche, mandrin) selon un sens et une vitesse définie.

Voici quelques rôles clés du moteur dans une machine-outil :

- Entraînement de l'organe de travail
- Contrôle de la vitesse
- Contrôle de l'avance
- Précision et répétabilité
- Fonctionnalités avancées



**Figure III-11 : moteur d'une machine-outil**

### **III-6-2-L'organe de travail**

La broche est l'organe de travail principal d'un tour ou d'une perceuse. Elle maintient et fait tourner la pièce à usiner. L'outil de coupe, quant à lui, est utilisé pour enlever la matière de la pièce et peut prendre différentes formes en fonction de l'opération à effectuer.

Dans une fraiseuse, la tête de fraisage est l'organe de travail qui maintient les fraises pour réaliser des opérations de fraisage.

L'organe de travail est généralement commandé par le système de commande de la machine-outil, qui peut être manuel, semi-automatique ou entièrement automatisé.

Il est essentiel de choisir l'organe de travail approprié en fonction du matériau à usiner, de l'opération à réaliser et des spécifications de la machine-outil pour obtenir des résultats optimaux.

### III-6-3- Socle ou un bâti

C'est la structure de la machine qui assure plusieurs fonctions :

- Il est l'élément qui tient ensemble les différents éléments fonctionnels de la machine. Il en assure la position relative qui permettra l'usinage des surfaces de la pièce à usiner
- Il fixe la machine au sol dans une position et une attitude compatible avec le personnel qui utilisera ou entretiendra la machine.

Le bâti assure souvent d'autres fonctions :

- Servir de réservoir au liquide de coupe qui assure des fonctions de refroidissement (de la pièce, de l'outil, des copeaux) et de transport de copeaux ;
- Servir de réceptacle aux copeaux

### III-6-4-Mécanismes intermédiaires de machine à outil

Les machines-outils sont des machines qui utilisent une source d'énergie pour enlever de la matière d'un objet brut pour le transformer en une pièce usinée de précision.

Les mécanismes intermédiaires sont les composants de la machine-outil qui transmettent le mouvement et l'énergie de la source d'énergie (par exemple, le moteur) à l'outil de coupe.

Voici quelques exemples de mécanismes intermédiaires couramment utilisés dans les machines-outils :

- **Le système d'entraînement**

Il convertit la puissance de la source en mouvement linéaire ou rotatif pour le déplacement de la pièce et/ou de l'outil de coupe.

- **Les vis de précision**

Ce sont des vis avec une faible hélice qui permettent un mouvement précis et répétable de la pièce et/ou de l'outil.

- **Les engrenages**

Ils transmettent la puissance et le mouvement entre les différents composants de la machine-outil. Ils peuvent également changer la vitesse de rotation ou le couple de sortie.



**Figure III-12 : la partie des engrenages de la machine à outils**

- **Les roulements**

Ils réduisent la friction et permettent un mouvement plus fluide et plus précis des composants de la machine-outil.



**Figure III-13 : le roulement**

- **Les systèmes de contrôle**

Ils régulent le mouvement et la puissance transmis aux différents composants de la machine-outil pour assurer une précision et une qualité de production optimales.

- **Les courroies**

Les courroies sont des composants couramment utilisés dans les machines-outils pour transmettre la puissance et le mouvement du moteur aux différents éléments de la machine.

Elles permettent de transférer le couple de rotation d'un arbre moteur vers les arbres des composants en mouvement, tels que la broche, la table de travail, les axes de déplacement, etc.



**Figure III-14 : La courroie**

- **Les chariots**

Le chariot est l'organe sur le quel est monté l'outil, la pièce ou le montage porte-pièce ou porte-outil et qui permet le déplacement dans une seule direction.

Les chariots peuvent être dotés d'une tête carrée ou d'un porte-outil américain le jeu du chariot sur la glissière prismatique se règle à l'aide d'un lardon en coin.

Le chariot peut être relié au guidage du bac par les vis. Dans le sens transversal, il est possible de déplacer le chariot soit au moyen d'une avance mécanique commandée par le levier de séquence soit au moyen d'un volant à main. [12]

### **III-7-Les glissières**

#### **III-7-1-Définition**

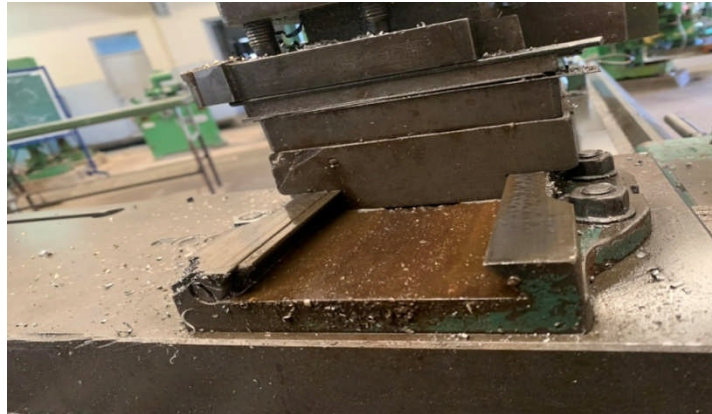
Ce sont des rails ou des guides qui maintiennent le mouvement de la pièce et/ou de l'outil dans une direction précise.

Le rôle des glissières est d'éliminer au chariot cinq degrés de liberté de façon à permettre entre le support de glissières et le chariot un déplacement unidirectionnel qui est en général linéaire. La glissière, charge localement le bâti.

Leur liaison doit être conçue de façon que le bâti travaille comme : Une poutre ; ou un caisson et donc, de façon prévisible, calculable.

La liaison idéale chariot/glissière doit être sans jeu ni frottements, ou plus exactement, elle ne devrait avoir qu'un frottement de type hydrodynamique de façon à permettre une erreur de

positionnement nulle à l'arrêt, et afin de communiquer un amortissement aussi fort que possible à la liaison chariot/bâti. [12]

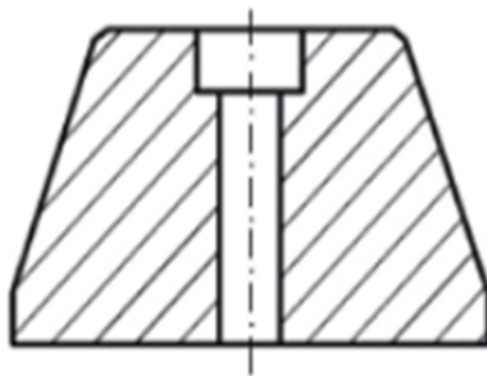


**Figure III-15: glissière d'une machine-outil**

### III-8-Les différents types des glissières

#### III-8-1-Définition des glissières prismatiques

Les glissières prismatiques sont des surfaces de guidage rectilignes et parallèles, souvent en forme de prismes, qui facilitent le mouvement linéaire des composants de la machine-outil. Elles sont généralement fabriquées en fonte ou en acier et sont usinées avec précision pour garantir un ajustement précis et une faible friction.



**Figure III-16 : Schéma de glissière prismatique**



**Figure III-17 : glissière prismatique**

### **III-8-2-Fonctionnement des glissières prismatiques**

Le fonctionnement des glissières prismatiques repose sur le principe du guidage linéaire. Elles permettent aux différentes parties de la machine-outil de se déplacer le long de leur axe de manière précise et répétable. Le mouvement est généralement réalisé à l'aide de systèmes d'entraînement tels que des vis à billes ou des systèmes de guidage linéaire.

- Surface de guidage
- Composants mobiles
- Système de guidage

### **III-8-3-Définition des glissières circulaires**

Les glissières circulaires sont des éléments mécaniques utilisés pour permettre des mouvements de rotation réguliers et contrôlés. Elles sont couramment utilisées dans les machines et les mécanismes où une rotation fluide et précise est nécessaire, tels que les tables rotatives, les axes de pivotement et les dispositifs de positionnement.

Les glissières circulaires sont généralement constituées d'un anneau externe fixe et d'un anneau interne qui peut tourner à l'intérieur de l'anneau externe. Entre les deux anneaux, des éléments de friction, tels que des billes ou des rouleaux, sont placés pour réduire le frottement et faciliter la rotation.



Figure III-18 : glissière circulaire d'une machine

### III-8-4-Le fonctionnement des glissières circulaires

Repose sur le principe de rotation régulière et contrôlée autour d'un point central.

- **Structure**

Les glissières circulaires sont généralement composées de deux parties principales : un anneau externe fixe et un anneau interne mobile. L'anneau interne est souvent monté sur un arbre ou un axe, tandis que l'anneau externe est fixé au support ou à la structure environnante.

- **Éléments de friction**

Entre les deux anneaux, des éléments de friction, tels que des billes ou des rouleaux, sont placés pour réduire le frottement lors de la rotation.

Ces éléments de friction sont répartis de manière régulière autour de l'anneau interne et permettent une rotation fluide.

- **Contrôle et positionnement**

Les glissières circulaires peuvent être utilisées pour contrôler et positionner avec précision des éléments attachés à l'anneau interne. Des systèmes d'entraînement peuvent être connectés à l'anneau interne pour exercer une force de rotation et permettre des mouvements précis.

### III-8-5-Définition des glissières plates

Les glissières plates, également appelées glissières linéaires plates, sont des dispositifs mécaniques utilisés pour guider et supporter des mouvements linéaires rectilignes dans des machines et des équipements. Elles sont couramment utilisées dans diverses applications

---

## Chapitre III : Eléments dynamiques des glissières

---

industrielles, notamment les machines-outils, les équipements de mesure, les équipements d'automatisation et les systèmes de transport linéaire.

Les glissières plates sont généralement composées d'un rail de guidage fixe et d'un chariot ou d'un coulisseau qui se déplace le long du rail. Le rail de guidage est une surface plate et lisse, tandis que le chariot est équipé de patins, de roulements ou de billes qui glissent sur le rail pour permettre un mouvement linéaire sans à-coups.

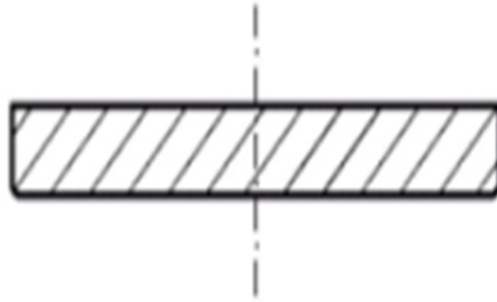


Figure III-19 : schéma des glissières plates

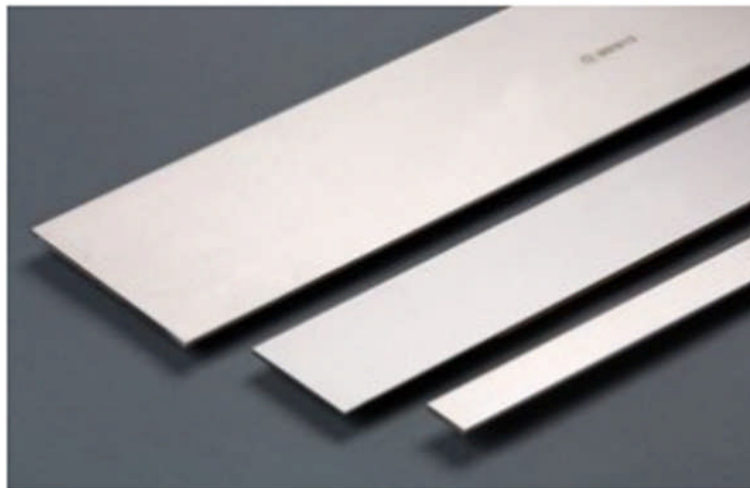


Figure III-20 : glissières plates

### III-8-6-Fonctionnement des glissières plates

Les glissières plates, également connues sous le nom de glissières linéaires plates, fonctionnent en permettant un mouvement linéaire rectiligne fluide entre un chariot et un rail de guidage fixe.

- **Structure**

Les glissières plates sont composées de deux parties principales :

Le rail de guidage fixe et le chariot mobile. Le rail de guidage est une surface plate et lisse, tandis que le chariot est équipé de patins, de roulements ou de billes qui glissent sur le rail.

---

## Chapitre III : Eléments dynamiques des glissières

---

- **Montage du chariot**

Le chariot est fixé à l'élément que vous souhaitez déplacer, par exemple une machine ou un équipement. Il est généralement monté sur des patins ou des roulements qui sont en contact avec la surface du rail de guidage.

- **Surface de glissement**

La surface du rail de guidage est usinée avec précision pour offrir une surface plane et lisse. Cela permet au chariot de glisser en douceur le long du rail sans à-coups ni jeux excessifs.

- **Réduction de la friction**

Pour réduire la friction et faciliter le mouvement, le chariot peut être équipé de patins en polymère, de roulements à billes ou de rouleaux. Ces éléments roulent ou glissent sur la surface du rail, minimisant ainsi la résistance et permettant un mouvement linéaire fluide.

- **Précision de positionnement**

Les glissières plates offrent une précision de positionnement élevée, permettant un déplacement précis et reproductible du chariot le long du rail.

### III-8-7-Définition des glissières à galets

Les glissières à galets sont des dispositifs mécaniques utilisés pour guider et supporter des mouvements linéaires dans des machines et des équipements. Elles sont conçues pour offrir une friction réduite et une capacité de charge élevée tout en permettant un mouvement linéaire fluide.

Les glissières à galets sont composées d'un rail de guidage et d'un chariot équipé de galets. Le rail de guidage présente des surfaces de contact lisses et prévues pour guider les galets du chariot. Les galets, quant à eux, sont des roulements de petite taille montés sur le chariot. Ils sont généralement placés en plusieurs rangées pour répartir la charge et améliorer la stabilité du mouvement.



**Figure III-21 : glissières à galets**

Figure

### III-8-8-Fonctionnement des glissières à galets

Les glissières à galets fonctionnent en utilisant des galets pour guider et faciliter le mouvement linéaire d'un chariot le long d'un rail de guidage.

- **Structure**

Les glissières à galets sont composées de deux éléments principaux ; le rail de guidage et le chariot :

- **Le rail de guidage** : est généralement une piste ou une rainure profilée qui comporte des chemins pour accueillir les galets.
- **Le chariot** : est équipé de galets montés sur des axes ou des pivots qui roulent le long du rail.

- **Montage du chariot**

Le chariot est fixé à l'objet ou à l'équipement à déplacer. Il est généralement monté de manière à ce que les galets soient en contact avec les surfaces du rail de guidage. Le chariot peut être équipé de plusieurs rangées de galets pour une meilleure stabilité.

- **Galets**

Les galets sont des roulements de petite taille, souvent sous la forme de billes ou de rouleaux, qui roulent le long du rail de guidage. Ils sont conçus pour minimiser la friction et faciliter un mouvement linéaire fluide.

- **Réduction de la friction**

Les galets roulent sur les surfaces du rail de guidage, réduisant ainsi la friction par rapport à une surface de glissement plane. Cela permet au chariot de se déplacer plus facilement avec moins de résistance.

- **Précision de positionnement**

Les glissières à galets offrent une précision de positionnement élevée, permettant un déplacement linéaire précis et reproductible du chariot le long du rail.

### III-9-Les matériaux utilisés pour les glissières

Les glissières utilisées dans les machines-outils sont généralement fabriquées à partir de matériaux solides et résistants qui offrent une bonne résistance à l'usure et à la friction. Les matériaux couramment utilisés pour les glissières de machine-outil :

- **Fonte**

La fonte est souvent utilisée pour les glissières de base ou de lit de la machine. Elle offre une bonne résistance à la compression et une excellente stabilité dimensionnelle.

- **Acier**

L'acier est utilisé dans de nombreuses applications de glissières de machine-outil en raison de sa résistance et de sa durabilité. L'acier peut être utilisé pour les glissières de guidage, les glissières de broche, les glissières linéaires, etc.

- **Bronze**

Le bronze est un matériau fréquemment utilisé pour les paliers lisses des glissières. Il offre une bonne résistance à l'usure et une faible friction, ce qui permet un mouvement fluide.

- **Alliage cuivreux**

Les alliages cuivreux sont largement utilisés dans les glissières en raison de leurs excellentes propriétés mécaniques et de leur résistance à l'usure

### **III-10-Les éléments dynamiques des glissières**

#### **III-10-1-Le pignon**

Le pignon est un composant clé qui s'engage avec la crémaillère pour générer le mouvement linéaire de la glissière. La crémaillère est une barre dentée fixée à la structure de la machine, tandis que le pignon est un engrenage rotatif monté sur l'axe d'entraînement de la glissière.

Lorsque le pignon tourne, ses dents s'engrènent avec les dents de la crémaillère, ce qui entraîne le déplacement linéaire de la glissière le long de l'axe. Cela permet de positionner avec précision l'outil ou la pièce travaillée sur la machine-outil.

#### **III-10-2-Crémaillère**

La crémaillère de glissière d'une machine-outil est un composant spécifique qui est utilisé pour le mouvement linéaire des glissières dans la machine. Les glissières sont des éléments qui permettent le déplacement des axes de travail de la machine-outil, tels que l'axe X, l'axe Y et l'axe Z.

La crémaillère de glissière se présente sous la forme d'une barre dentée, souvent en acier trempé, fixée à la structure de la machine. Cette crémaillère est conçue pour s'engrèner avec un pignon correspondant monter sur l'axe de mouvement de la glissière.

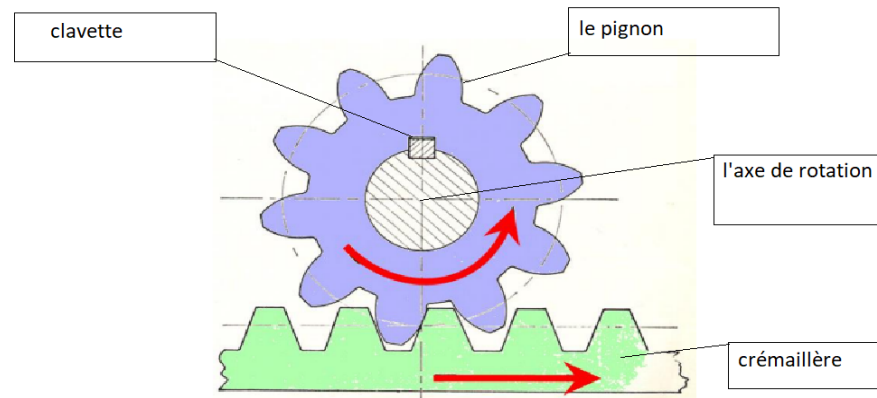


Figure III-22 : La crémaillère

### III-10-3-La vis mère

La vis mère, également connue sous le nom de vis de guidage ou de vis de translation, est un élément important utilisé dans les systèmes de glissières de machine-outil pour le mouvement linéaire des axes. Elle est principalement utilisée pour les axes d'avance tels que l'axe X et l'axe Z.

La vis mère est composée d'une tige filetée et d'un écrou correspondant. La tige filetée est fixée à la structure de la machine-outil et l'écrou est monté sur la glissière qui se déplace le long de la vis mère. Lorsque la vis mère tourne, l'écrou se déplace en translation linéaire le long de la tige filetée, permettant ainsi le mouvement de la glissière.



Figure III-23 : vis mère de glissière

### III-11-Le système de graissage et lubrification

#### III-11-1-Lubrification de machine-outil

La lubrification des machines-outils est essentielle pour assurer un fonctionnement fluide, réduire l'usure et prolonger la durée de vie des composants. Dans la construction de la machine nous avons

##### ➤ Sélection du lubrifiant

Il est important de choisir le lubrifiant approprié en fonction des exigences spécifiques de la machine-outil. Les lubrifiants utilisés peuvent être des huiles, des graisses ou des liquides de refroidissement spéciaux, en fonction des zones de lubrification et des conditions de fonctionnement. Il est recommandé de se référer aux spécifications du fabricant de la machine-outil pour déterminer les lubrifiants recommandés.

##### ➤ Points de lubrification

Les machines-outils comportent plusieurs points de lubrification, tels que les paliers, les vis, les engrenages, les glissières, les guidages linéaires, etc. Il est important de localiser ces points et de s'assurer qu'ils sont correctement lubrifiés régulièrement.

#### III-11-2-Graissage manuel

##### ➤ Préparation

Avant d'appliquer la graisse, assurez-vous de nettoyer soigneusement les surfaces des glissières et des blocs de guidage pour éliminer toute saleté ou résidus. Utilisez un solvant approprié et un chiffon propre pour effectuer le nettoyage.

##### ➤ Application de la graisse

Appliquez la graisse uniformément sur les surfaces de glissement des glissières. Utilisez une petite quantité de graisse, mais assurez-vous qu'elle est répartie de manière régulière sur toute la longueur des glissières. Si nécessaire, utilisez un pistolet à graisse ou un applicateur spécifique pour faciliter l'application.

##### ➤ Entretien régulier

En plus du graissage, assurez-vous de nettoyer et d'inspecter régulièrement les glissières pour détecter les signes d'usure, de dommages ou de contamination. Remplacez la graisse si elle devient contaminée ou si elle perd ses propriétés lubrifiantes



**Figure III-24 : graissage de machine-outil manuellement**

### **III-12-Le graissage des glissières**

Le graissage des glissières d'une machine-outil est essentiel pour assurer un mouvement linéaire fluide, réduire l'usure et maintenir la précision des mouvements.

Le cycle de graissage par huile du réservoir jusqu'au point de graissage des glissières étudié dans notre cas. Le graissage automatique des glissières est une technique utilisée dans les machines-outils pour assurer une lubrification continue des surfaces de glissement. Il vise à réduire la friction et l'usure, tout en améliorant les performances et la durée de vie des glissières.

### **III-13-Les huiles**

#### **III-13-1-Introduction**

Les lubrifiants utilisés dans l'industrie, et en particulier les huiles de graissage, peuvent être très différents les uns des autres, tant au point de vue nature, c'est-à-dire composition chimique qu'au point de vue propriétés physiques, et l'on s'est efforcé de définir des caractéristiques et des méthodes d'essai ayant pour objet d'identifier ces lubrifiants et de les classer ou, d'une façon plus générale, de guider le choix de l'utilisateur.

Les méthodes d'essai sont devenues de plus en plus nombreuses au fur et à mesure que se perfectionnait la technique industrielle, c'est-à-dire en même temps que les conditions de fonctionnement des machines devenaient de plus en plus sévères. On peut cependant les classer en trois catégories :

- Essais physiques,
- Essais Chimiques
- Essais Mécaniques. [16]

### III-13-2-Définition

Le frottement est une caractéristique permettant d'évaluer la sévérité du chargement dans un contact. Ainsi, la lubrification qui consiste à maintenir un film d'huile entre les corps en contact (dentures d'engrenages par exemple) est un moyen efficace pour réduire le frottement et ses conséquences, l'usure par exemple. La présence du Lubrifiant dans le contact entre les profils conjugués joue le rôle de film séparateur, c'est le troisième corps. [16]

### III-13-3-Propriétés caractéristiques des huiles

Un lubrifiant destiné pour une application bien déterminée doit présenter des propriétés bien définies pour cet emploi. Ces propriétés sont indiquées dans un cahier des charges, une norme ou une spécification. Certaines sont reprises, sous forme résumée, dans les fiches techniques destinées aux utilisateurs. [16]

- **Couleur**

La couleur d'une huile de base est d'autant plus claire qu'elle est mieux raffinée. Pour les huiles de pétrole, elle varie généralement du blanc pur au rouge foncé en passant par le jaune citron et le jaune orange, on l'évalue par comparaison avec des verres étalons numérotés en colorations N.P.A (National Petroleum Association). La présence d'additifs assombrissent pratiquement toujours les huiles de base. [16]

- **Masse volumique**

La masse volumique d'un liquide à une température donnée est la masse de l'unité de volume. Pour les produits pétroliers, elle est mesurée à 15 °C et exprimée en kg/m<sup>3</sup> ou encore en kg/dm<sup>3</sup> ou g/cm<sup>3</sup>. [16]

- **Densité**

La densité d'une substance est le rapport de sa masse volumique à la masse volumique d'un corps de référence. Elle se mesure à 15 °C par rapport à l'eau à 4 °C.

Les valeurs courantes pour les huiles de pétrole s'étalent entre 0,85 et 0,95, et dépendent de l'origine des produits. Certains lubrifiants synthétiques ont des densités bien plus élevées, jusqu'à 1,5. La comparaison de la densité d'une huile usagée avec celle de l'huile neuve permet de détecter d'éventuelles pollutions. [16]

- **Viscosité**

De toutes les propriétés des huiles, la viscosité est certainement la plus importante. Elle détermine les pertes en frottement, la capacité de charge et l'épaisseur du film d'huile. Selon la norme NF T60.100 la viscosité d'un liquide est la propriété de ce liquide, résultant de la

résistance qu'opposent ses molécules à une force tenant à les déplacer par glissement dans son sein. Ainsi la viscosité d'un fluide est la résistance opposée par ce fluide à tout glissement interne de ses molécules les unes sur les autres. Autrefois, la viscosité s'appelait coefficient de frottement interne.[16]

### III-14-Les différentes huiles lubrifiant des glissières

Il existe différents types d'huiles lubrifiantes qui peuvent être utilisées pour lubrifier les glissières de machine-outil. Le choix de l'huile dépendra des exigences spécifiques de la machine-outil, du type de glissières et des conditions de fonctionnement. Voici les différents types d'huile :

- TSKA 68
- TSKA 32
- TSK A 46

TSKA : est une entreprise spécialisée dans la distribution exclusive des plus grandes marques nationales et internationales de lubrifiants et additifs auto. La 32, 46 et 68 c'est la viscosité d'huile lubrifiant.

### III-15- Conclusion

Les machines-outils jouent un rôle crucial dans l'industrie en permettant la fabrication de pièces précises et complexes. Elles sont utilisées dans une grande variété d'applications, façonner, couper, percer, fraiser, meuler ou former des matériaux tels que le métal, le bois, le plastique et bien d'autres. Elles sont utilisées dans des secteurs tels que l'automobile, l'aérospatiale, l'électronique, l'industrie médicale, l'énergie et bien d'autres encore.

Les glissières occupent une place essentielle dans les machines-outils en assurant un mouvement précis et fluide des composants mobiles. Elles sont souvent conçues pour offrir une grande stabilité, une faible friction et une durabilité élevée, ce qui permet d'obtenir des performances optimales lors de l'usinage ou de la fabrication de pièces.

Grâce à leur évolution constante et à l'intégration de technologies avancées, les machines-outils continuent de jouer un rôle central dans la fabrication de produits de haute qualité dans de nombreux secteurs industriels. Pour le dernier chapitre de notre mémoire on passe à l'application de la méthode AMDEC.

---

## **Chapitre IV : Application de la méthode AMDEC**

---

### IV-1-Introduction

Cette étude a été réalisée sur les machines à outil principalement sur les glissières l'un des éléments dynamiques de ce dernier. L'intérêt économique de la maintenance réside dans l'anticipation des anomalies potentielles. La maîtrise de tous les éléments du processus de fabrication est essentielle pour mettre en place des mesures correctives efficaces. L'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) joue un rôle crucial dans cet objectif, en tant qu'outil incontestable pour améliorer les coûts de maintenance.

### IV-2-Application de la démarche AMDEC

#### IV-2-1-Etape 1 : initialisation

L'étude porte sur le graissage de glissières des machines-outils en contribution avec la méthode AMDEC et proposer des actions correctives afin d'éviter les pannes et aboutir à notre principal objectif qui est le graissage permanent des glissières.

Notre groupe de travail se constitue d'un opérateur avec des connaissances approfondies du système de graissage des glissières et des machines-outils.

#### IV-2-2- Etapes 2 : décomposition fonctionnelle

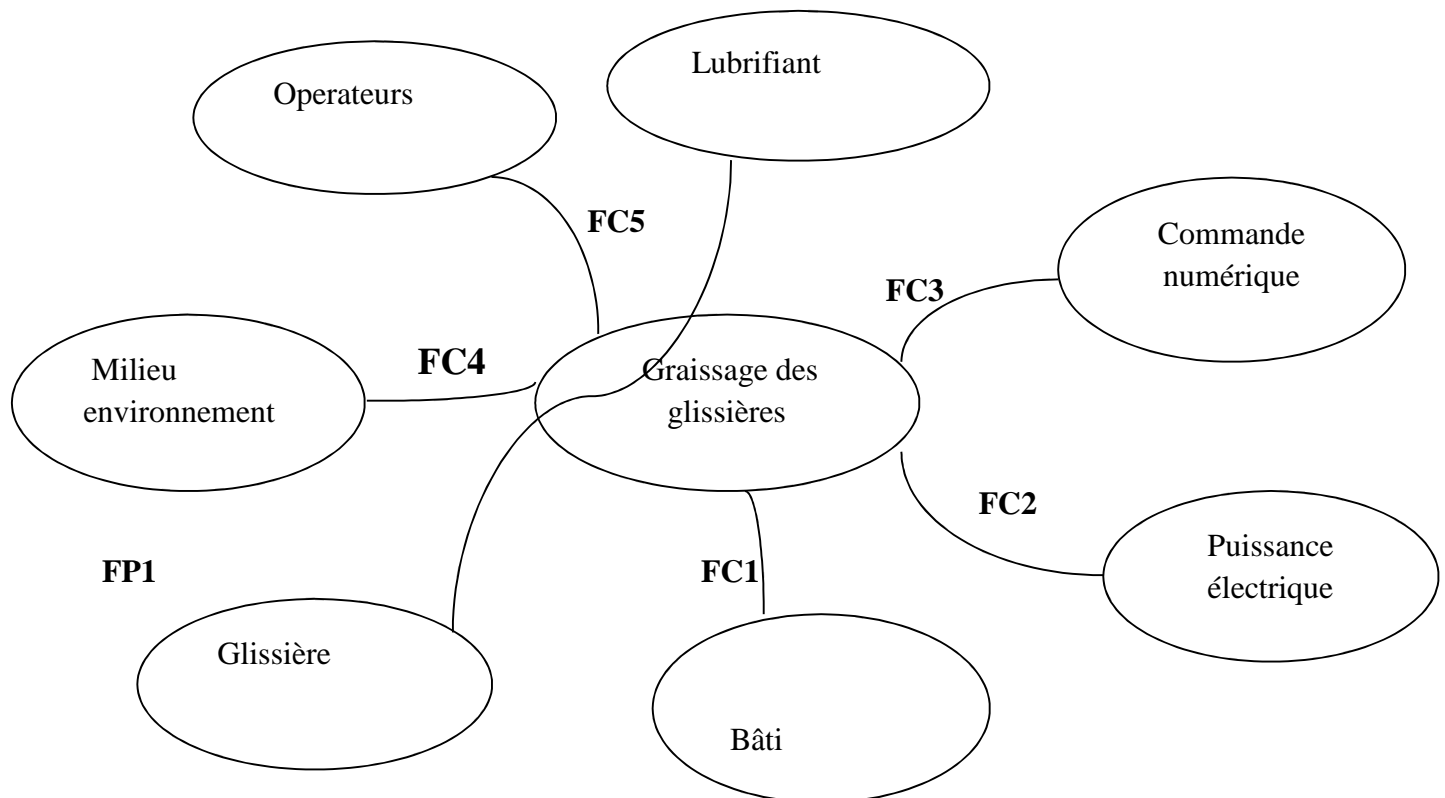


Figure IV-1 : Découpage FAST 1 du système

### IV-3-Définition des principales fonctions du système

**FP1** : assurer le graissage de glissières.

**FC1** : être fixé à la machine.

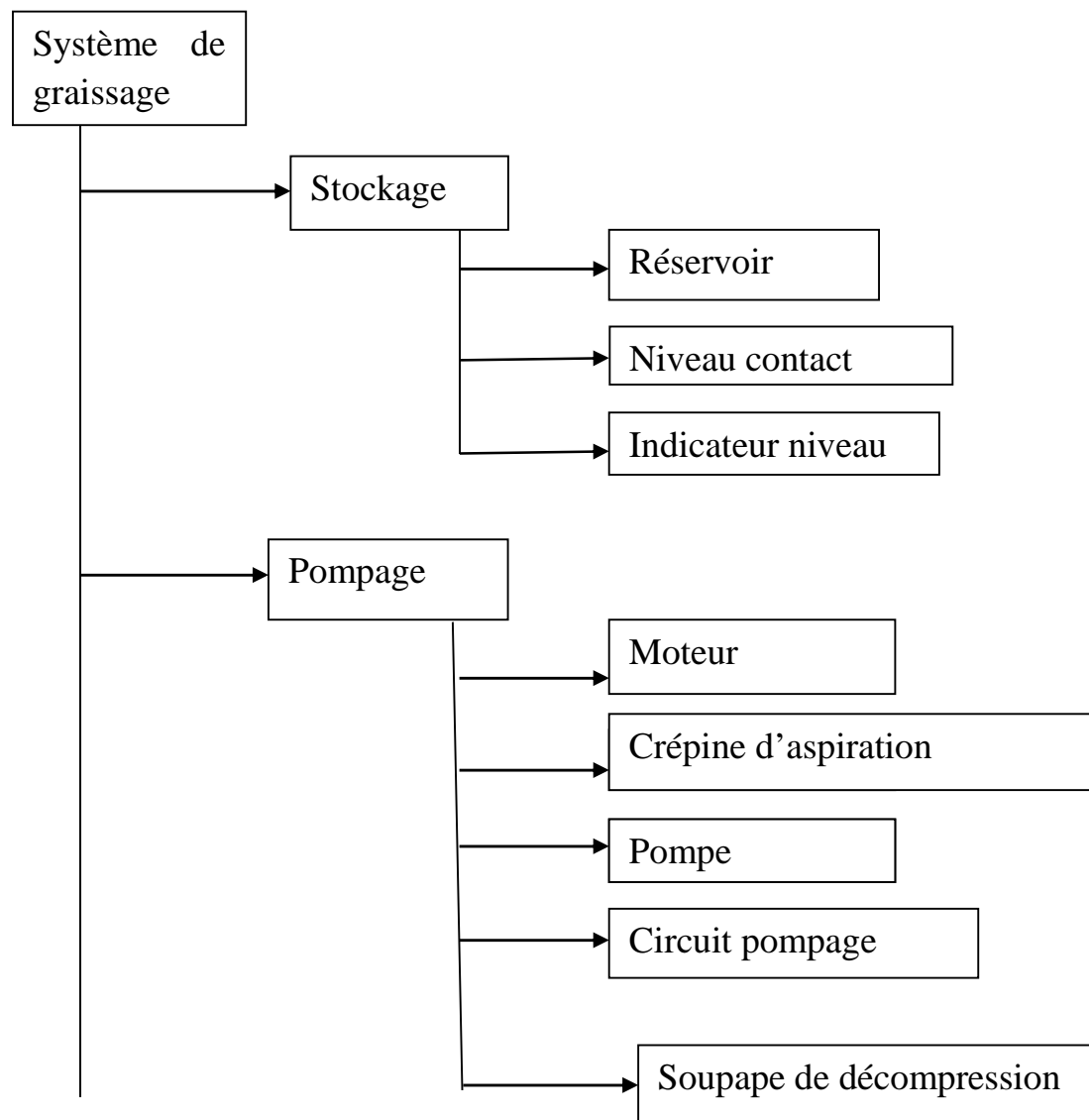
**FC2** : alimenter le système avec l'électricité.

**FC3** : être contrôlé par une commande numérique.

**FC4** : Milieu d'environnement

**FC5** : être accessible par l'opérateur.

### IV-4-Découpage FAST 2ème niveau



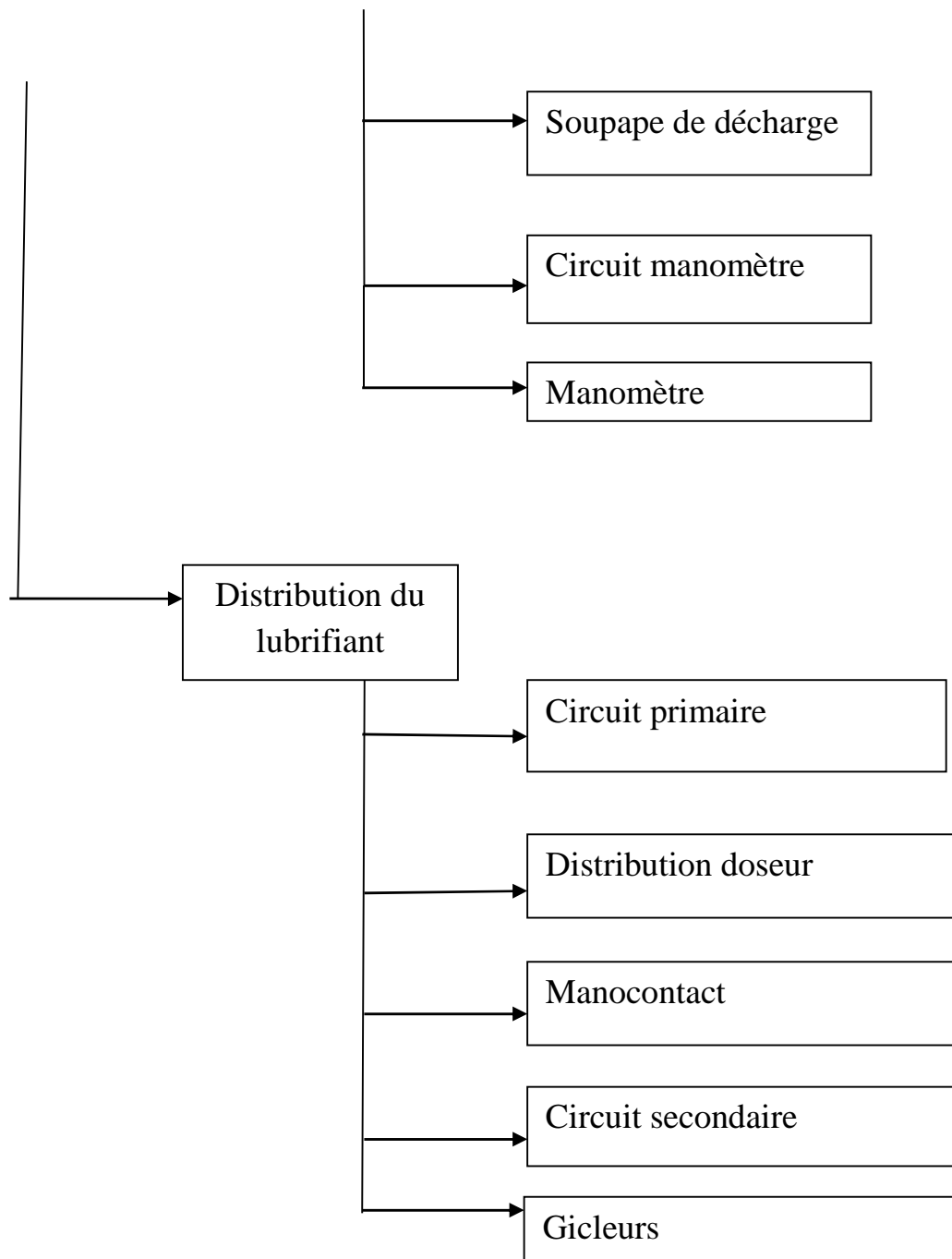
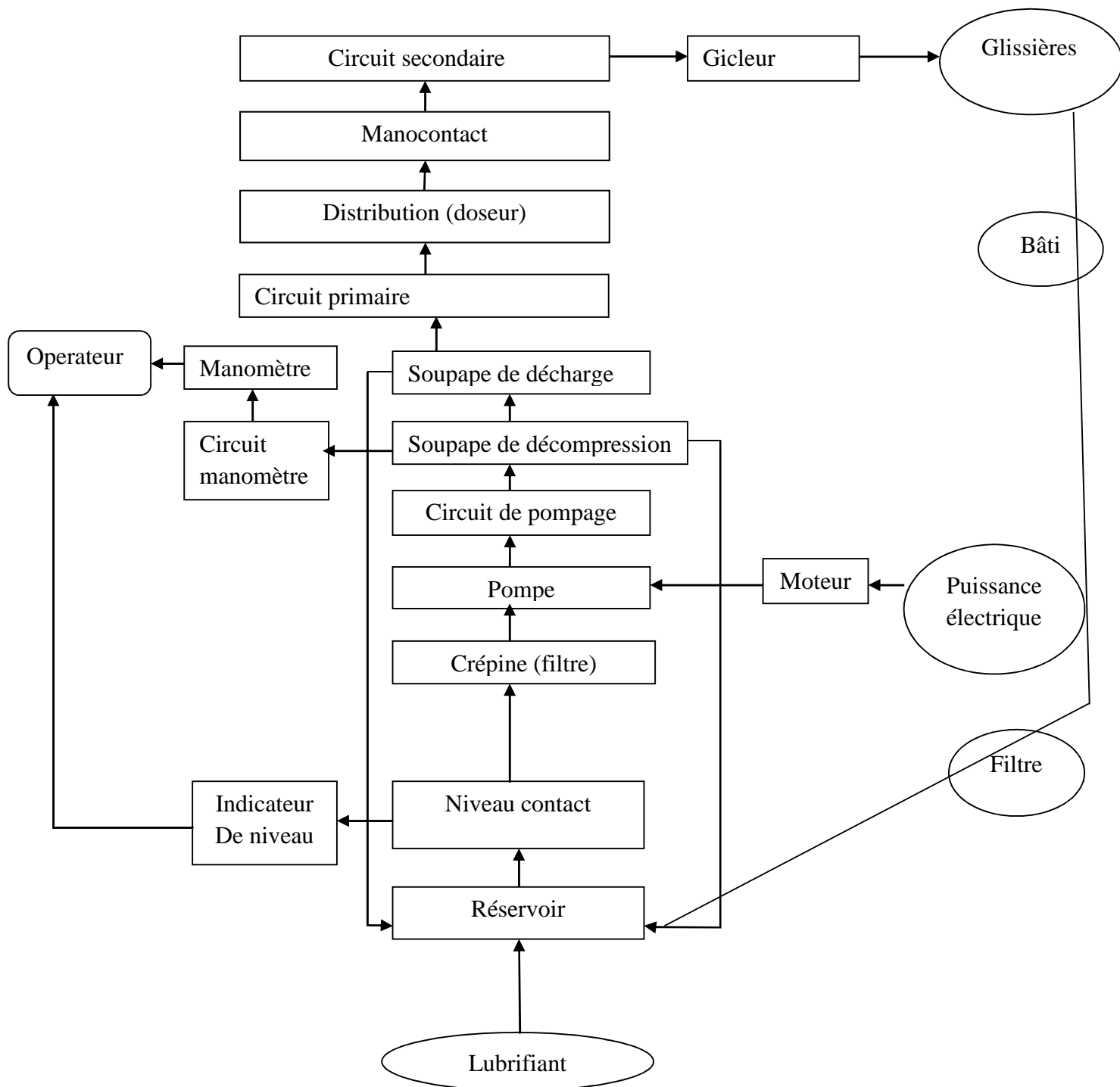


Figure IV-2 : Découpage FAST 2 du système

On peut le décomposer en 3 sous-systèmes :

- **Sous-système A : stockage**
- **Sous-système B : pompage**
- **Sous-système C : distribution**



**Figure IV-3 : Décomposition approfondie du système**

### IV-5-Tableau des éléments

Eléments	Fonctions	Commentaire
Réservoir	Recevoir le lubrifiant	Il reçoit et réserve les lubrifiant
Niveau contact	Vérifier la présence suffisante d'huile dans le réservoir	La vérification de l'huile lubrifiant dans le réservoir
Indicateur de niveau	Indiquer le niveau d'huile dans le réservoir	Indiquer la quantité de l'huile dans le réservoir
Moteur	Entrainer la pompe	Moteur asynchrone triphasé
Circuit pompe	Etablir la liaison hydraulique entre la pompe et la soupape de décompression	Tuyaux en aluminium
Crépine d'aspiration	Filtrer le lubrifiant	Il filtre et nettoye les lubrifiant après chaque utilisation
Pompe	Générer un débit de lubrifiant	Pompe à engrenage
Soupape de décompression	Décompresser le circuit primaire a la fin du cycle	Pression de décharge
Soupape de décharge	Eviter une pression dans le circuit primaire	Pression de décharge
Circuit manomètre	Etablir la liaison hydraulique entre la soupape de décompression et le manomètre	Pression de d'charge
Manomètre	Indiquer la pression du lubrifiant dans circuit interne	Pression d'huile
Circuit primaire	Etablir la liaison hydraulique entre la soupape de décharge et le distribution doseur	Pression de d'charge
Distributeur doseur	Distribuer la quantité exacte dans le circuit secondaire	Un doseur automatique
Manocontact	Vérifier si la pression est suffisante dans le circuit secondaire	Pression d'huile
Circuit secondaire	Etablir la liaison entre le distributeur doseur et le gicleur	Tuyaux en aluminium
Gicleur	Distribuer le lubrifiant vers les glissières	C'est le transporteur de lubrifiant vers les glissières

**Tableau IV-1 : Tableau des éléments**

**IV-6-Analyse des mécanismes de défaillance**

**IV-6-1-Sous-système A : stockage**

<b>AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ</b>					
<b>Analyse fonctionnelle</b>		<b>Analyse de défaillance</b>			
<b>Elément</b>	<b>Fonction</b>	<b>Mode de défaillance</b>	<b>Cause</b>	<b>Effet</b>	<b>Détection</b>
Réservoir	Stocker le lubrifiant	Fuite	Corrosion	Dégradation De l'environnement	Visuel (fuite sur le sol)
Crépine D'aspiration	Filtrer le lubrifiant	Colmatage	Présence d'impuretés	Arrêt machine	-Visuel -Basse pression
		Mauvais filtrage	Détérioration crépine	Usure pompe	
Niveau contact (capteur de niveau)	Vérifier la présence suffisante de lubrifiant dans le réservoir	Pas de détection	Fatigue de la partie mécanique du capteur	La pompe ne démarre pas	Visuel
			Capteur HS	La pompe ne démarre pas	
		Détection permanent	Fatigue de la partie mécanique du capteur	La pompe ne s'arrête pas	
Indicateur de niveau	Indiquer le niveau de lubrifiant dans le réservoir	Colmatage	Elément endommagé	-Perte de lubrification -Surchauffe	Visuel

**Tableau IV-2 : sous-système A**

## Chapitre IV : Application de la méthode AMDEC

### IV-6-2-Sous-système B : pompage

#### AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ

Analyse fonctionnelle		Analyse de défaillance			
Elément	Fonction	Mode de Défaillance	Cause	Effet	Détection
Moteur	Entrainer la pompe	-pas de rotation	Pas d'alimentation	Arrêt machine	-Inspection visuel -diagnostique
			Absence de commande		
		Moteur HS			
		-rotation inverse	Erreur de câblage		
Pompe	Débiter lubrifiant sous pression	Pas de débit	Rupture accouplement	Arrêt machine	-visuel -Diagnostic de panne
			Casse interne ou blocage	Arrêt machine et détérioration moteur	
		Débit insuffisant	Usure interne Lubrifiant non conforme	Arrêt machine	
Soupape de décompression	Décompresser le circuit primaire en fin de cycle	Obturation	Impuretés	Arrêt machine	Visuel (manomètre)
		Blocage	Grippage / Ressort casse/impureté	Arrêt machine	
Circuit pompe	Etablir la liaison hydraulique entre la pompe et la soupape de décompression	Obturation	Impuretés dues à l'usure	Arrêt machine	Visuel (Manomètre)
		Fuite	Joint défectueux		
Soupape de décharge	Eviter une surpression dans le circuit primaire durant le cycle	Fuite  Déclenchement à la pression trop faible	Fatigue ressort	Arrêt machine	Visuel (manomètre)
			Impuretés		
			Casse ressort		
			Déréglage		
Manomètre	Indiquer la pression dans les circuits internes	Indication erronée	Déréglage	Mauvaise lecture	Visuel
Circuite Manomètre	Etablir la liaison hydraulique entre la soupape de décompression et manomètre	Obturation	Impuretés dues à l'usure	Pas d'indication de pression	-Manque de pression -Manque de graissage
		Fuite	Raccorde desserrées / joint défectueux	Indication de pression erronée	

**Tableau IV-3 : sous système B : pompage**

## Chapitre IV : Application de la méthode AMDEC

### IV-6-3- Sous système C

AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					
Analyse fonctionnelle		Analyse de défaillance			
Élément	Fonction	Mode de Défaillance	Cause	Effet	Détection
Circuit Primaire	Etablir la liaison hydraulique entre la soupape de décharge et les distributeur doseur	Obturation	Impuretés dues à l'usure	Arrêt machine	-Inspection régulière
		Fuite	Raccords desserrés / Joints défectueux		-manque de pression
Distributeur Doseur	Distribuer l'exacte quantité de lubrifiant dans le circuit secondaire	Blocage	Grippage/ Impuretés / usure joints	Arrêt machine	-Inspection régulière
		Fuite	Raccords desserrés / Joints défectueux		-Manque de graissage
		Obturation	Impuretés		
Manocontact	Surveillance de pression	Casse	Usure	-Mauvaise lecture	Visuel
Circuit secondaire	Etablir la liaison hydraulique entre les distributeurs doseur et les gicleurs	Obturation	Impuretés dues à l'usure	Arrêt machine	-Basse pression -Inspection régulière
		Fuites	Raccords desserrés / joints défectueux		
Gicleur	Distributeur lubrifiant vers les glissières	Bouchés	Impuretés	Arrêt machine	-visuel -manque de graissage
Manocontact	Vérifier si la pression est suffisante dans le circuit secondaire	Pas détection	Capteur HS	Arrêt machine	Visuel
		Détection permanente		Lubrification permanente	

Tableau IV-4 : sous-système C distribution

**IV-7-Analyse AMDEC**

Chaque élément a été soumis à une analyse AMDEC, et sa criticité "C" a été évaluée à l'aide de trois indicateurs suivants :

- **F : la fréquence d'apparition d'une défaillance.**
- **G : la gravité de la défaillance.**
- **N : la probabilité de non détection de la défaillance.**

La valeur de « C » est obtenue par le produit des 3 notes :

$$C = F \times G \times N$$

**➤ Fréquence :**

Note	Critère
<b>1</b>	Une à deux fois par ans
<b>2</b>	Au moins une fois par 6 mois
<b>3</b>	Au moins une fois par 3 mois
<b>4</b>	Au moins une fois par mois

**Tableau IV-5 ; Grille de cotation « Fréquence »**

**➤ Gravité :**

Note	Critère
<b>1</b>	Pas d'arrêt de graissage
<b>2</b>	Arrêt < 1 heure
<b>3</b>	1 heure < Arrêt ≤ 1 jour
<b>4</b>	Arrêt > 1 jour

**Tableau IV-6: Grille de cotation « Gravité »**

## Chapitre IV : Application de la méthode AMDEC

### ➤ Détection

Note	Critère
<b>1</b>	Détection évidente : détection à coup sûr de la défaillance
<b>2</b>	Détection possible : signe avant-coureur de la défaillance facilement détectable
<b>3</b>	Détection improbable : signe avant-coureur de la défaillance difficilement détectable
<b>4</b>	Détection impossible

Tableau IV-7 : Grille de cotation « Détection »

#### IV-7-1-Sous-système A : stockage

AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ						
Élément	Détection	Estimation de la criticité				Action corrective
		F	G	D	C	
Réservoir	- visuel	1	3	4	12	MPA : Nettoyer et visiter le réservoir
Crépine D'aspiration	-Visuel -Basse pression	1	3	3	9	Amélioration : grille sur le bouchon de remplissage
		1	2	3	6	MPA : Changer crépine PR : 1 crépine
Indicateur de niveau	-visuel	1	1	4	4	PR : 1 indicateur

Tableau IV-8 : sous-système A

## Chapitre IV : Application de la méthode AMDEC

### IV-7-2-Sous système B : pompage

AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ						
Elément	Détection	Estimation de la criticité				Action corrective
		F	G	D	C	
Moteur	-Inspection visuel -diagnostique	1	2	4	8	Contrôle alimentation
		1	1	4	8	Contrôle contacteur
		1	4	4	16	1 moteur
		1	2	4	8	Instruction maintenance
Pompe	-visuel -Diagnostic de panne	1	4	4	16	Pr : accouplement
		1	4	4	16	PR : joint /pompes /moteur Amélioration : thermique moteur
		1	4	3	12	MPT : Vérifier montée de pression
		1	4	3	12	Formation du « graisseur »
Circuit pompe	Visuel (manomètre)	1	4	3	12	MPT : vérifier montée en pression
		1	4	3	12	MPT : resserrer les tuyaux PR : joint/raccords/tuyaux
Soupape de décompression	Visuel (Manomètre)	1	4	3	12	MPT : vérifier montée en pression
		1	4	3	12	MPT : vérifier montée en pression
Soupape de décharge	Visuel (Manomètre)	1	4	3	12	MPT : vérifier montée en pression
		1	4	4	16	MPT : vérifier montée en pression
		1	4	4	16	PR : soupape
		1	4	4	16	Maintenance niveau 1 : réglage quotidien
Manomètre	Visuel	1	1	4	4	PR : manomètre
Circuit manomètre	Visuel	1	1	4	4	MPT : vérifier montée en pression
		1	1	4	4	MPT : vérifier montée en pression MPA : resserrer les tuyaux PR : joints/ raccords/tuyaux

Tableau IV-9 : sous-système B

## Chapitre IV : Application de la méthode AMDEC

### IV-7-3-Sous système C : graissage

AMDEC - ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ						
Elément	Détection	Estimation de la criticité				Action corrective
		F	G	D	C	
Circuit Primaire	-Inspection régulière -manque de pression	1	4	3	12	MPT : vérifier montée en pression
		1	4	3	12	MPT : vérifier montée en pression MPA : resserrer les tuyaux
Distributeurs Doseurs	-Inspection régulière -Manque de graissage	1	4	3	12	MPT : vérifier montée en pression
		1	4	3	12	MPA : resserrer les tuyaux PR : joints/ raccords/ tuyaux
		1	4	3	12	MPT : vérifier montée en pression
Manocontact	-visuel	1	3	4	12	PR : 1 détecteur
		1	3	4	12	PR : 1 détecteur
Circuit secondaire	-Basse pression -Inspection régulière	1	4	3	12	MPT : vérifier montée en pression
		1	4	3	12	MPT : vérifier montée en pression MPA : resserrer les tuyaux PR : joints / raccords/tuyaux
Gicleur	-Visuel -Manque de graissage	2	3	2	12	MPT : vérifier montée en pression

**Tableau IV-10 : sous-système C**

**IV-8-Classement des éléments par leur criticité**

Sous système A	Criticité	Sous système B	Criticité	Sous système C	Criticité
		Moteur	16	Circuit primaire	12
Crépine d'aspiration	9	Circuit de pompage	24	Circuit secondaire	12
Réservoir	12	Pompe	16	Distributeurs Doseur	12
Niveau de contact (capteur de niveau)	12	Soupape de décompression	12	Gicleur	12
Indicateur de niveau	4	Soupape de décharge	16	Manocontact	12
		Manomètre	4		

**Tableau IV-11 : Grille de classement des éléments**

**IV-9-Interprétation des résultats de l'analyse**

La mise en pratique de cette méthode, qui repose sur l'analyse AMDEC, démontre son efficacité pour réduire les occurrences de défaillances. Effectivement, cette approche permet :

- De précisément définir les exigences de sécurité des opérations.
- D'identifier de manière précise les fonctions critiques du système.

## Chapitre IV : Application de la méthode AMDEC

La criticité des conséquences de différentes fonctions critiques pour le système, a été appréciée selon des échelles de probabilité et de gravité. Au niveau de la fiabilité du système, nous avons identifié les composants sur lesquels une attention particulière doit être portée.

Le cas traité dans le cadre de ce travail a été développé suivant une méthode logique et structurée. Elle permet de maîtriser le système à étudier tout en identifiant les maillons faibles.

On peut classer la criticité en 3 catégories représentées ci-dessous par le tableau 1 :

Catégorie	Niveau de criticité
1	$1 \leq C < 8$ Criticité négligeable
2	$8 \leq C < 16$ Criticité moyenne
3	$16 \leq C \leq 32$ Criticité élevée

Tableau IV-12 : tableau de criticité

**1<sup>ère</sup> catégories :**

Sous-système A	Criticité	Sous-système B	Criticité	Sous-système C	Criticité
Indicateur de niveau	4	Manomètre	4		

Tableau IV-13 : 1ere catégorie

## Chapitre IV : Application de la méthode AMDEC

### 2<sup>ème</sup> catégorie :

Sous-système A	Criticité	Sous-système B	Criticité	Sous-système C	Criticité
Réservoir	12	Soupape de décomprison	12	Circuit primaire	12
Niveau de contacte	12			Gicleur	12
Crépine d'aspiration	12			Distributeurs Doseur	12
				Circuit secondaire	12
				Manocontact	12

Tableau IV-14 : 2<sup>ème</sup> catégorie

**3<sup>ème</sup> catégorie :**

<b>Sous-système A</b>	<b>Criticité</b>	<b>Sous-système B</b>	<b>Criticité</b>	<b>Sous-système C</b>	<b>Criticité</b>
		Circuit de pompage	<b>24</b>		
		Moteur	<b>24</b>		
		Pompe	<b>16</b>		
		Soupape de décharge	<b>16</b>		

**Tableau IV-15 : 3<sup>ème</sup> catégorie**

### **IV-10-Action d'amélioration**

Pour améliorer le rendement du système de graissage des machines-outils, les actions de maintenance doivent se concentrer sur la troisième catégorie en appliquant une maintenance régulière (contrôle, nettoyage, lubrification, etc.) et systématique (changement périodique de des pièces de rechanges).

Pour la deuxième catégorie, une maintenance conditionnelle doit être appliquée. Pour la première catégorie, une maintenance corrective est suffisante.

### **IV-11-Conclusion**

L'application de la méthode AMDEC offre de nombreux avantages, notamment une gestion proactive des risques, une amélioration de la fiabilité et de la sécurité, une optimisation des performances et une réduction des coûts.

En utilisant cette approche analytique, les organisations peuvent prendre des décisions éclairées pour assurer la qualité et la durabilité de leurs produits et processus, tout en renforçant leur compétitivité sur le marché.

---

## **CONCLUSION GENERALE**

---

### Conclusion générale

Ce travail a étudié l'amélioration de la fonction maintenance en utilisant la méthode AMDEC. Cette méthode permet d'identifier les modes de défaillance, évaluer leurs effets et déterminer leur criticité, afin d'optimiser les stratégies de maintenance et améliorer la fiabilité des équipements industriels.

Une étude de cas est appliquée sur le système de graissage des glissières des machines-outils nous a permis de :

- Définir précisément les prérequis de sécurité opérationnelle.
- Déterminer les fonctions critique du système.
- Établissements de la politique de maintenance du système et de ses composants.

Nous avons identifié les composants nécessitant une attention particulière en termes de fiabilité du système. Cette approche nous a permis d'améliorer la maîtrise du système étudié en identifiant ses points faibles et en déterminant les types de maintenance à appliquer à chaque sous-système et composant.

Ces travaux font partie d'une démarche globale visant à étudier la sécurité et à mettre le système en question dans des conditions d'exploitation optimales. Cependant, cela requiert des efforts considérables pour atteindre cet objectif, et il est nécessaire de publier les résultats obtenus afin de partager les connaissances acquises



---

## **Références bibliographiques**

---

---

## Références bibliographiques

---

[1] **Ali AZARIAN et Yann POLLET**, *Analyse fonctionnelle des systèmes*, paris : presses des mines, collection les cours, 2016.

[2] **UNIVERSITE D'ORLEANS IUT d'ORLEANS** Département Génie Mécanique et Productique ; Analyse fonctionnelle « Gérard Baillarguet » *Analyse fonctionnelle Conditions Initiales à l'Identique*.

[3] **M. SMAILI Mr Y. BALOUL** ; Mémoire master ; thème : conception d'un moteur *fonction au G.P.L.* Encadré par : **S. LARB** ; *Promotion 2017*.

[4] **P. SEVERIN** ; cours « *Analyse fonctionnelle* » des métiers de l'hôtellerie et du tourisme de Toulouse. Biotechnologie santé environnement.

[5] **MENDACI Farid et SAIM Djaffar** ; Mémoire master ; thème : *Conception d'une scie diamantée*. Dirigé par : **M. NECHICHE**. Promotion 2014-2015.

[6] **Gilles ZWINGELSTEIN** ; *La maintenance basée sur la fiabilité (guide pratique d'application de la RCM) diagnostique et maintenance*, 1996.

[7] **Ismahène HADJ KHALIFA** ; thèse présentée en vue d'obtenir le grade de docteur ; thème : *Approches de modélisation et d'optimisation pour la conception d'un système interactif d'aide au déplacement dans un hypermarché*. École centrale de Lille « automatique et informatique industrielle ».

[8] **Lyes CHERIFI** ; Mémoire master ; thème : *Conception d'un GRAFCET et application de la méthode de maintenance AMDEC de la machine Battage Polyester au niveau de l'EATIT de DRAA BEN KHEDDA*. Dirigé par : Mr. SLIMANI ; Promotion 2021/2022.

[9] **Gérard LANDY** ; *guide pratique AMDEC* ; 2ème édition.

[10] **R. Bigret, J.L FÉRON**. Livre avec la collaboration de **C. PACHAUD** ; *Diagnostic - maintenance disponibilité des machines tournantes (modèle-mesurage-analyses-des vibrations)*. Décembre 1994.

[11] **Joseph KELADA** ; *cours La méthode AMDEC* École des HEC – 1994.

[12] **Abdelaziz CHALAL** ; Mémoire master ; thème : *étude AMDEC de la fraiseuse HURON mu par les outils de la maintenance industrielle au niveau de l'unité amm arcelormittal – annaba*. DIRECTEUR DU MEMOIRE : TADJINE. K

[13] **catalogue de machine-outil** : *instructions de service tour parallèle universel SN 40 C-50 C*.

[14] **Catalogue de machine-outil** : instructions de service fraiseuse.

[15] **Smail BENISSAAD** ; *cours de maintenance industrielle tec 336* ; département de génie mécanique ; année universitaire 2007-2008.

[16] **Jean AYEL** ; *Technique de l'ingénieur Lubrifiants - Propriétés et caractéristiques* ;  
10 août 1996.

---

## Résumé

---

---

## Résumé

---

La maintenance est un élément très important et essentielle pour assurer la disponibilité, la fiabilité et la performance des équipements et des installations d'une entreprise. L'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) est une méthode d'analyse et de prévention des défaillances qui vise à identifier les modes de défaillance potentiels, évaluer leurs conséquences. Elle contribue ainsi à améliorer la fiabilité, la sécurité, la qualité et la satisfaction client.

Les machines-outils sont des équipements mécaniques utilisés pour façonner les matériaux en pièces finies qui se composent de plusieurs éléments statiques et dynamique. Ces derniers sont responsables de la transformation de l'énergie en mouvement, parmi ces organes dynamiques on trouve les glissières ; qui sont des rails ou des guides qui maintiennent le mouvement de la pièce et/ou de l'outil dans une direction précise, qui ont le rôle d'éliminer au chariot cinq degrés de liberté d'une manière qui permet un déplacement unidirectionnel en général linéaire.

**Mots-clés : AMDEC, analyse fonctionnelle, machine-outil, glissières**

---

## Abstract

---

Maintenance is an essential element in ensuring the availability, reliability and performance of a company's equipment and installations. FMECA (Failure Mode, Effect and Criticality Analysis) is a failure analysis and prevention method designed to identify potential failure modes and assess their consequences. It thus contributes to improving reliability, safety, quality and customer satisfaction.

Machine tools are mechanical equipment used to shape materials into finished parts, which are made up of several static and dynamic elements. The latter are responsible for transforming energy into motion. Among these dynamic elements are the slides, which are rails or guides that maintain the movement of the workpiece and/or tool in a precise direction, and which have the role of eliminating five degrees of freedom from the slide in a way that allows unidirectional, generally linear, movement.

**Key words: FMECA, functional analysis, machine tool, slide**

