

People's Democratic Republic of Algeria
Ministry of Higher Education and Scientific Research
Mohamed Boudiaf University of M'sila
Faculty of Technology

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة المسيلة
كلية التكنولوجيا



Département de Génie Mécanique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de :

MASTER

En Génie Mécanique

Option : Fabrication Mécanique et Productique

Présenté par :

Lalibi Med EL Khalil & Bahri Djamel Eddine El Ibrahimy & Zergane Med Haroun

Thème

RENOVATION DUNE FRAISEUSE AU NIVEAU DES ATELIERS DU HALL DE TECHNOLOGIE DE L'UNIVERSITE DE M'SILA

Devant le jury composé de :

NOM et Prénom	Grade	Qualité
Lhadi	MCB	Président
Makri Hocine	MCB	Encadreur
Bourezeg Abdelkarim	/	Co-Encadreur
Areslane	MCA	Examineur

Année Universitaire : 2023 / 2024

Dédicace

*Je désire dédier les fruits de ce modeste travail
A celle qui est dans mon cœur, qui a veillé pour notre confort
et qui a sacrifié beaucoup pour notre réussite:*

Ma chère famille.

*A celui qui m'a toujours appris comment réfléchir
avant d'agir, à celui qui m'a*

*Soutenu tout au long de ma vie scolaire et
universitaire, à celui qui n'a jamais épargné un effort
pour mon bien,*

ET

*Qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues
années de sacrifices et de privations pour m'aider à
avancer dans la vie*

*Ames chères amis et amies qui m'ont accompagné tout au long
de ce parcours universitaire:*

Mes binômes Med Elkhalil et Med haroune

A tous les collègues de ma promotion.

A tous mes professeurs du primaire au supérieur.

Et à tous ceux qui me sont chères.

A ma bien aimée L'ALGERIE

BAHRI DJAMEL EDDINE

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à:

Ma famille, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude et qui n'a jamais cessé de son aide et son encouragement durant toute la période universitaire. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

Toute la famille et mes amis.

LALIBI MED ELKHALIL

Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

Nous tenons en premier lieu à remercier le Bon Dieu pour le courage et la patience qui nous a donné afin de mener ce projet à terme.

A ma très chère mère qui est toujours à mes côtés pour son amour et son soutien inconditionnels.

À la mémoire de mon père

*A mes chers amis,
Amies de par l'université qui n'ont cessé de m'encourager.*

ZERGANE MED HAROUNE

Remerciements

Nous remercions surtout Dieu pour la santé et le courage qu'il nous a donné pour accomplir ce travail.

Nous remercions nos chers parents qui ont travaillé dur dans la vie pour la réussite de leurs enfants. Nous espérons que Dieu les protégera et leur accordera santé et prospérité.

Nous tenons à remercier le Professeur. MAKRI HOCINE, le superviseur, pour ses observations et ses directives si précieuses, qui nous ont beaucoup aidés dans l'élaboration de ce travail et pour sa disponibilité. Nous tenons à remercier également l'ingénieur BOUREZGUE Abdelkrim, le Co-superviseur, pour nous avoir accueilli dans le hall de technologie, pour son aide précieuse, sa disponibilité et ses conseils précieux, et pour sa disponibilité.

Nous remercions également le Professeur. KHODJA DJALEL, pour son aide si précieuse dans la programmation du variateur.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous les professeurs de la Faculté de Technologie en général et aux professeurs du Département de Génie Mécanique de l'Université de M'sila en particulier qui ont contribué à notre formation.

TABLE DES FIGURES

CHAPITRE I. L'USINAGE ET LES MACHINES ASSOCIEES

Figure I.1	Classification des procédés d'usinage.	04
Figure I.2	Illustration du 1 ^{er} tour à bois actionné manuellement	05
Figure I.3	Un tour et une perceuse avec une source de puissance manuelle	05
Figure I.4	Atelier d'usinage avec machines alimentées par courroies	06
Figure I.5	Machine alimentée par moteur et courroies	06
Figure I.6	Vue d'ensemble et composantes d'un tour parallèle	09
Figure I.7	Chaîne cinématique d'un tour parallèle	09
Figure I.8	Les formes obtenues sur un tour	10
Figure I.9	Tours à copier	10
Figure I.10	Tours semi-automatiques (TSA)	11
Figure I.11	Tours automatiques	11
Figure I.12	Tours automatiques multibroches	12
Figure I.13	Tours à commande numérique	12
Figure I.14	schéma représentatif de la perceuse à colonne	13
Figure I.15	Chaîne cinématique d'une perceuse	13
Figure I.16	Principe de construction d'une perceuse	14
Figure I.17	Perceuse à colonne	14
Figure I.18	Perceuses radiale	15
Figure I.19	Perceuses à multibroches	15
Figure I.20	Perceuses a broches multiples	16
Figure I.21	Chaîne cinématique d'une Raboteuse	16
Figure I.22	Raboteuse	17
Figure I.23	Principe du rabotage sur raboteuses	17
Figure I.24	Vue et principe de fonctionnement de l'étau-limeur	18
Figure I.25	Chaîne cinématique de l'étau-limeur	18
Figure I.26	Mortaiseuse	18
Figure I.27	Principe d'œuvre des mortaiseuses	19
Figure I.28	Opérations de rectification	19
Figure I.29	Rectifieuse plane	19

Figure I.30	Rectifieuse cylindrique et les opérations de rectification	20
Figure I.31	Les composantes d'une Fraiseuse universelle	21
Figure I.32	Chaîne cinématique d'une fraiseuse	21
Figure I.33	Les formes obtenues sur fraiseuse	21
Figure I.34	Fraiseuses horizontale et verticale	22
Figure I.35	Fraiseuse universelle	23
Figure I.36	Fraiseuses spéciales	23
Figure I.37	Fraiseuse à C.N.C 3 axes	
CHAPITRE II. USINAGE PAR FRAISAGE		
Figure II.1	Composantes d'une fraiseuse universelle	26
Figure II.2	Différents types d'architectures de fraiseuse	28
Figure II.3	Bâtis à colonne verticale	29
Figure II.4	Bâtis à portique horizontal	30
CHAPITRE III. APERCUE GENERAL DE LA MAINTENANCE		
Figure III.1	Objectifs de la maintenance	38
Figure III.2	Diagramme des méthodes de maintenance	39
Figure III.3	Intervention préventive systématique	40
Figure III.4	Structure du service maintenance	42
Figure III.5	Structure de la documentation du service maintenance	46
CHAPITRE IV. LA RENOVATION D'UNE FRAISEUSE		
Figure IV.1	Présentation de la machine	49
Figure IV.2	Caractéristiques techniques	50
Figure IV.3	Chaîne cinématique de la fraiseuse FUW 315	51
Figure IV.4	Schéma cinématique de la fraiseuse FUW 315	51
Figure IV.5	État actuel de la machine	52
Figure IV.6	Vérification des Armoires électriques	53
Figure IV.7	Le contacteur avec auxiliaire de commande	53
Figure IV.8	Boîte de commande en vue de face et arrière ouverte	54
Figure IV.9	Les cartes électroniques des variateurs de vitesse principal à gauche et auxiliaire à droite.	54
Figure IV.10	Moteurs de la table a gauche et le moteur de la broche à droite	55
Figure IV.11	Circuit imprimé de la carte électronique du variateur auxiliaire	56
Figure IV.12	Nouveaux moteur et variateur	56

Figure IV.13	Moteur et Flasque remplacés	57
Figure IV.14	Dessin de définition du flasque modifié	57
Figure IV.15	Brut pour flasque adapté	57
Figure IV.16	Flasque modifié et monté sur moteur	59
Figure IV.17	Variateur adapté au moteur	60

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre III

Tableau III.1.Les cinq niveaux de maintenance	45
--	-----------

RESUME

Arabe

يهدف هذا المشروع إلى إعادة تأهيل ماكينة الطحن الصناعية القديمة من خلال حل مشاكلها الميكانيكية والكهربائية. بعد تشخيص شامل، تم وضع خطة عمل لإجراء الإصلاحات والتعديلات الضرورية، بما في ذلك استبدال الأجزاء البالية وإدماج مكونات جديدة أكثر أداءً. الهدف هو تحسين موثوقية الماكينة ودقتها وسلامتها والأداء الشامل لها. سيتم أيضاً وضع خطة للصيانة الوقائية ودليل تشغيل لضمان استمرارية هذه التحسينات. سيؤدي هذا المشروع إلى إعطاء هذا المعدات الأساسية حياة ثانية، مع تقدير الكفاءات الفنية للفريق.

Anglais

The project aims to restore a aging industrial milling machine by resolving its mechanical and electrical problems. After a thorough diagnosis, an action plan is defined to carry out the necessary repairs and modifications, including the replacement of worn parts and the integration of new higher-performance components. The objective is to improve the reliability, precision, safety and overall performance of the machine. A preventive maintenance plan and an operating manual will also be put in place to ensure the sustainability of these improvements. This project will give a second life to this essential equipment, while valuing the technical skills of the team.

Français

Le projet vise à remettre en état une fraiseuse industrielle vieillissante en résolvant ses problèmes mécaniques et électriques. Après un diagnostic approfondi, un plan d'action est défini pour effectuer les réparations et les modifications nécessaires, notamment le remplacement de pièces usagées et l'intégration de nouveaux composants plus performants. L'objectif est d'améliorer la fiabilité, la précision, la sécurité et les performances globales de la machine. Un plan de maintenance préventive et un manuel d'utilisation seront également mis en place pour en assurer la pérennité. Ce projet permettra de redonner une seconde vie à cet équipement essentiel tout en valorisant les compétences techniques de l'équipe.

Sommaire

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS	x
TABLE DES FIGURES	x
LISTE DES TABLEAUX	x
RESUME	x
INTRODUCTION GÉNÉRAL	01
CHAPITRE I. L'USINAGE ET MACHINES ASSOCIEES	
I.1 Introduction	03
I.2 L'usinage	03
I.2.1 Procédés d'usinage	03
I.3 Les machines-outils	04
I.4 Aperçu historique sur le développement des machines-outils	05
I.5 Classement général des machines-outils	06
I.5.1 Critères de classement	06
I.6 Éléments de machines	08
I.7 Différent types des machines-outils	09
I.7.1 Le tour.....	09
I.7.1.1 Classification des machines de tournage	10
I.7.2 Les perceuses	13
I.7.2.1 Principe de fonctionnement.....	13
I.7.2.2 Classification des machines de Perçage.....	14
I.7.3 Les raboteuses	16
I.7.4 Rectifieuse	19

I.7.4.1	Les machines de rectification.....	19
I.7.5	Les Fraiseuses	20
I.7.5.1	Classification des fraiseuses	22
I.8	Conclusion	24
CHAPITRE II. USINAGE PAR FRAISAGE		
II.1	Introduction	26
II.2	Les composants d'une fraiseuse.....	26
II.3	Caractéristiques de la fraiseuse	27
II.4	Construction des fraiseuses	29
II.4.1	Les bâtis (formes et matériaux)	29
II.4.1.1	Types de bâtis de fraiseuse	39
II.4.1.2	Caractéristiques importantes des bâtis de fraiseuse	30
II.4.1.3	Matériaux de construction des bâtis de fraiseuse	30
II.4.2	La broche	31
II.4.2.1	Caractéristiques principales d'une broche de fraiseuse ..	31
II.4.2.2	Types de broches de fraiseuse	31
II.4.3	La tête universelle	32
II.4.3.1	Avantages de la tête universelle	32
II.4.3.2	Types de têtes universelles	32
II.4.4	Les transmissions (construction des BV et BA)	33
II.4.4.1	Types de transmissions	33
II.4.4.2	Composants d'une transmission	33
II.4.4.3	Fonctionnement d'une transmission	33
II.4.5	Les guidages	34

II.4.5.1	Types de guidages	34
II.4.5.2	Matériaux des guidages	34

CHAPITRE III. APERÇUE GENERAL DE LA MAINTENANCE

III.1	Introduction	36
III.2	Histoire de la maintenance industrielle	36
III.3	Stratégies de maintenance	37
III.4	Définitions et rôle de la maintenance	37
III.4.1	Définitions normatives	37
III.4.2	Objectifs de la fonction maintenance	37
III.5	L'importance de la maintenance	38
III.6	Types de maintenance	39
III.6.1	Maintenance corrective	40
III.6.1.1	Maintenance palliative	40
III.6.1.2	Maintenance curative	40
III.6.2	Maintenance préventive	40
III.6.2.1	Maintenance systématique	40
III.6.2.2	Maintenance préventive prévisionnelle	41
III.6.2.3	Maintenance préventive conditionnelle	41
III.7	Objectives visés par la maintenance préventive	41
III.8	Les missions de la maintenance	42
III.9	Structure du bureau de maintenance	42
III.9.1	Bureau de méthode.....	42
III.9.2	Bureau d'ordonnancement	43
III.9.3	Bureau de réalisation	43

III.9.4	Magasin pièces de rechange	43
III.10	Opérations de la maintenance	44
III.10.1	Opérations de la maintenance corrective	44
III.10.2	Opérations de la maintenance préventive	44
III.11	Organisation de la maintenance	45
III.12	Documentation en maintenance	46
III.12.1	Documentation générale	46
III.12.2	Documentation stratégique	47
III.13	Conclusion.....	47

CHAPITRE IV. LA RENOVATION D'UNE FRAISEUSE

IV.1	Présentation de la machine	49
IV.2	Caractéristiques techniques	49
IV.3	Chaîne cinématique de la machine	51
IV.4	Plan de maintenance	51
IV.5	Bilan général du diagnostic de la machine	55
IV.6	Remise en marche	60
IV.7	CONCLUSION GENERALE.....	61

INTRODUCTION GENERAL

INTRODUCTION GENERAL

Le recours aux machines dans les processus industriels est un élément essentiel pour atteindre l'efficacité et la productivité élevée. Les machines et équipements industriels modernes sont des outils essentiels, car ils améliorent la compétitivité des entreprises et contribuent à atteindre leurs objectifs plus efficacement. Les machines se caractérisent par leur capacité à effectuer des tâches mécaniques avec une vitesse et une précision élevées, ce qui entraîne une productivité accrue et une qualité de produit améliorée. De plus, les machines contribuent à réduire le travail humain requis et améliorent l'environnement de travail en réduisant les risques et les blessures causés par le travail manuel. Cependant, une panne ou un dysfonctionnement des machines peut avoir des effets négatifs sur la productivité et les processus industriels en général. L'impact d'une panne sur la productivité comprend la perte de temps précieux qu'il faut pour réparer une machine en panne, ce qui entraîne des arrêts de travail et des retards dans les projets et les commandes. La panne entraîne également le coût de la réparation de la machine et du remplacement des pièces endommagées, ce qui entraîne des coûts supplémentaires pour l'entreprise [1]. Par conséquent, l'importance de la maintenance dans le maintien en service du parc industriel est un facteur décisif pour minimiser l'apparition de pannes et de dysfonctionnements dans les machines. Des opérations de maintenance régulières et préventives maintiennent les performances des machines à un haut niveau d'efficacité et de fiabilité.

Le rôle de la maintenance comprend la réalisation de contrôles périodiques et de maintenance préventive pour vérifier l'état des machines et diagnostiquer d'éventuels problèmes avant qu'ils ne surviennent. Grâce à la maintenance préventive, les dysfonctionnements éventuels peuvent être identifiés et corrigés tôt avant qu'ils ne se transforment en dysfonctionnements majeurs qui affectent la productivité. Cela contribue à éviter les temps d'arrêt de la production et les produits de mauvaise qualité. De plus, la maintenance permet de prolonger la durée de vie des machines et de réduire les coûts engendrés par leur remplacement par des neuves.

L'objectif de ce mémoire est la remise en état d'une machine-outil appartenant au parc pédagogique du hall de technologie de l'Université Mohamed Boudiaf de M'sila. Ce travail s'inscrit dans le cadre de la maintenance curative du moment que celle-ci est à l'arrêt depuis bien longtemps. La première tâche consiste à faire un constat général de la machine pour identifier la partie défectueuse, puis procéder au démontage de l'ensemble et les sous-ensembles jusqu'à l'organe endommagé ou celui qui est responsable du dysfonctionnement. La deuxième tâche consiste à explorer toutes les possibilités de réparation s'il y a lieu, si non voir les éléments à remplacer. La tâche suivante consiste à engager la réparation proprement dite. Une fois achevée, il faut procéder au remontage de la machine. La dernière tâche consiste à faire les essais de mise en marche durant une période pour s'assurer de l'aboutissement de toute la procédure.

Le manuscrit est subdivisé en quatre chapitres ;

Le premier chapitre est dédié à l'usinage et machines associées. Dans le deuxième chapitre on traite l'usinage par fraisage. Le troisième chapitre intitulé : aperçue général de la maintenance, est réservé à la présentation de la maintenance du point de vue théorique. Au quatrième chapitre on expose la partie pratique du sujet. Ici on étale toute la procédure du diagnostic jusqu'à la remise en service. Bien sûr, on termine avec une conclusion.

CHAPITRE I

L'USINAGE ET LES MACHINES ASSOCIEES

I.1. Introduction

En mécanique industrielle, la fabrication d'une pièce à partir d'une quantité de matière livrée sous forme de produits semi-finis (tôles, barres, etc.) requiert la mise en œuvre d'un ensemble de techniques. L'une d'entre elles est l'usinage, qui consiste à procéder à un enlèvement de matière par un outil coupant [2]. L'usinage est la succession d'opérations d'enlèvement de matière, définies par la gamme d'usinage préalablement établie par le bureau des méthodes à partir du dessin de définition issu du bureau d'études [2]. L'usinage s'effectue, en respectant les règles de la coupe des métaux, sur des machines-outils classiques ou automatisées [2].

I.2. L'usinage

On appelle usinage toute opération de mise en forme par enlèvement de matière à l'aide d'une machine-outil destinée à conférer à une pièce des dimensions et un état de surface (écart de forme et rugosité) situés dans un intervalle de tolérance donné [2]. D'un point de vue économique, le secteur industriel de l'usinage a une importance non négligeable puisqu'il produit environ 2,5 % du produit national brut d'un pays développé [2].

La mise en forme par usinage concerne en premier lieu les matériaux métalliques, mais de manière moins conséquente, toutes les autres classes de matériaux (céramiques, polymères, bois et matériaux dérivés, matériaux composites, verres, semi-conducteurs, etc..), selon des modalités spécifiques, dépendant des caractéristiques du procédé et du matériau [2].

I.2.1 Procédés d'usinage

Les procédés d'usinage sont extrêmement variés et leur distinction se fait suivant trois critères essentiels [3] :

- La date de leurs apparitions ; on distingue, les procédés traditionnels et les non traditionnels.
- Les phénomènes physiques correspondant ; procédés de coupe, par abrasion, et procédés physico-chimiques.
- Le type des machines et des outils utilisés ; En fonction des outils et des machines utilisées, on distingue différents procédés d'usinage. Dans ce contexte, les procédés les plus répandus sont le tournage, fraisage, perçage, rectification, rabotage, ...etc. La fabrication débute avec ce que l'on appelle un matériau brut, elle le modifie jusqu'à ce qu'il soit conforme au dessin de définition établi selon les exigences techniques du bureau d'études.

Le classement des procédés d'usinage peut être résumé par le diagramme de la figure ci-après :

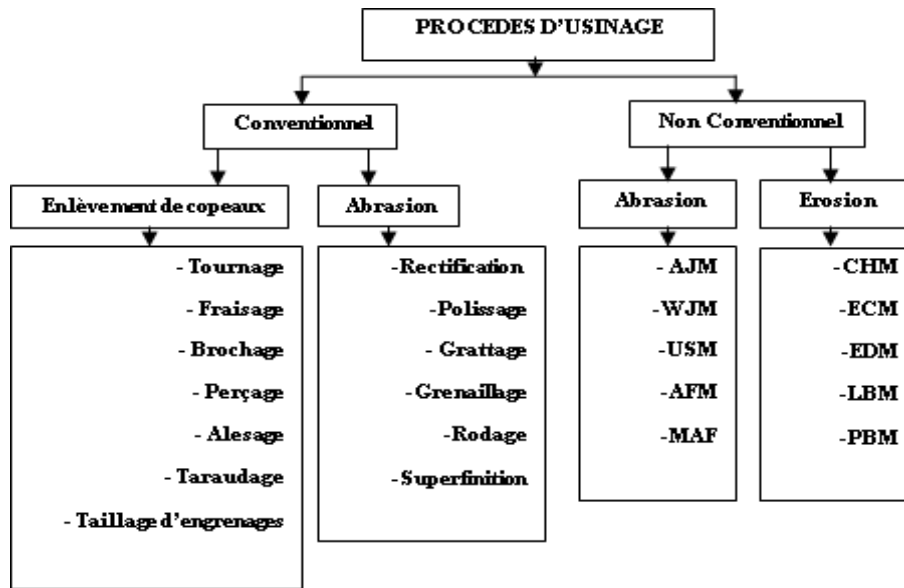


Figure I.1. Classification des procédés d'usinage.

Les procédés d'usinage modernes et leurs abréviations :

Usinage par Jet Abrasif,	(AJM) : Abrasive Jet Machining
Usinage par Jet D'eau,	(WJM) : Water Jet Machining
Usinage par Ultrasons ,	(USM) : Ultrasonic Machining
Usinage par Ecoulement Abrasif,	(AFM) : Abrasive Flow Machining
Finition Abrasive Magnétique,	(MAF) : Magnetic Abrasive Finishing
Usinage Chimique,	(CHM) : Chemical Machining
Usinage Electrochimique,	(ECM) : Electrochemical Machining
Usinage par Electro-Décharge,	(EDM) : Electrodischarge Machining
Usinage par Faisceau Laser,	(LBM) : Laser-Beam Machining
Usinage par Faisceau de Plasma,	(PBM) : Plasma-Beam Machining

I.3. Les machines-outils

Les machines-outils sont des machines fixes, actionnées par des moteurs et servant à façonner des pièces métalliques, le plus souvent à l'aide d'outils coupants. Une machine-outil a pour objet de produire les mouvements de coupe nécessaires à l'obtention d'une surface par enlèvement de matière. Elle réalise le mouvement de coupe (Mc) et le mouvement d'avance (Ma) de l'outil par rapport à la pièce.

Les machines-outils employées pour le travail des métaux sont très diverses et très répandues, et de nos jours les exigences de la construction ont amené à produire plusieurs types a des grandeurs allant de la plus petite (qui peut être tenue dans la paume de main) à la colossale.

Les machines classiques employées dans les ateliers de construction de machines comprennent :

- Les machines d'établis (pour pièces de petite envergure).
- Les machines à percer employées pour le perçage des pièces les plus diverses.
- Les machines à fraiser employées pour le façonnage des pièces.

- Les machines à percer et à aléser destinées à l'alésage des cylindres des machines à vapeur, des corps de pompes, etc.
- Les machines à raboter appliquées au dressage de pièces, telles que les bâtis de machines, plaques de fondation, etc.
- Les limeuses sont d'un emploi très répandu dans les ateliers d'ajustage, pour le rabotage des pièces détachées [4].

I.4. Aperçu historique sur le développement des machines-outils

Le développement des machines de coupe des métaux revient à 4000AJC la première machine de perçage profond a été construite par Leonardo da Vinci (1452–1519). Au 16eme siècle, Léonard de Vinci perfectionne les tours à bois de son temps qui transforme des rondins en quilles et en boules (figure I.2) et il étudie des projets de machines capables de fabriquer des objets sans l'homme [5].

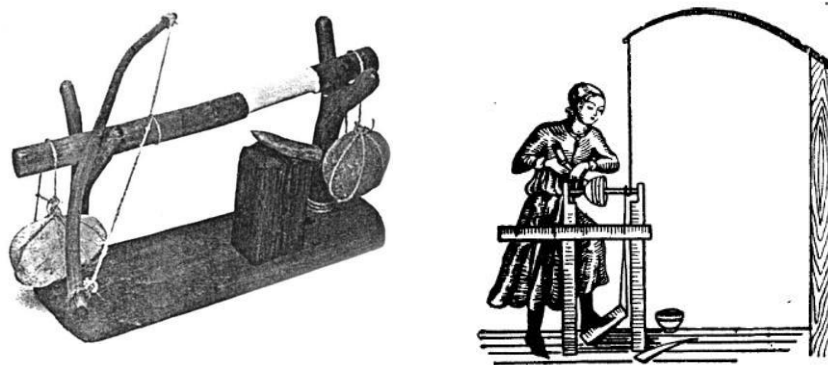


Figure I.2. Illustration du 1^{er} tour à bois actionné manuellement.

Jusqu'à la Renaissance, la principale limitation était causée par l'absence d'une source d'énergie essentielle au fonctionnement des machines. Ainsi, les tours ont été actionnés à la main (Figure I.2), par des artisans, avec un arc en bois ou au pied avec une pédale, les outils de coupe étaient alors tenus à la main, ce qui en faisait un procédé lent et peu efficace [5].

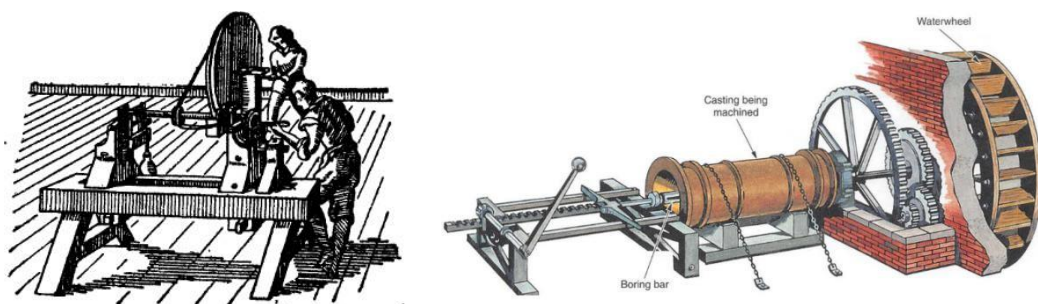


Figure I.3. Un tour et une perceuse avec une source de puissance manuelle.

Les premières machines-outils sont inventées vers 1760. VERBRUGGEN construit une machine à aléser, c'est-à-dire à calibrer les canons et VAUCANSON conçoit le premier tour à charioter et une perceuse dont les divers dispositifs devinrent les organes essentiels de la machine-outil. Construit par JAMES WATT en 1775, le moteur à vapeur révolutionne l'industrie. Dans les vastes usines, la force motrice de la machine à vapeur est transmise aux machines-outils par des poulies et des courroies (Figure I.4).



Figure I.4. Atelier d'usinage avec machines alimentées par courroies

L'invention de l'électricité permet de remplacer le moteur à vapeur par le moteur électrique. Puis on donne à chaque machine son propre moteur. Ceci diminue le nombre d'accidents, réduit la consommation d'énergie et améliore les conditions de travail (Figure I.5).

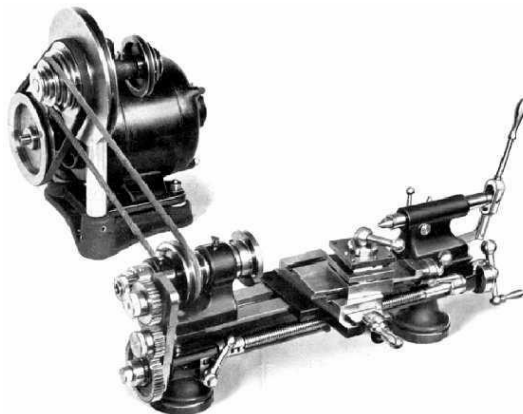


Figure I.5. Machine alimentée par moteur et courroies.

La plupart des machines-outils avaient été inventées à la fin du 18^{ème} siècle, mais c'est au cours du 19^{ème} siècle, et particulièrement après 1830, qu'elles vont se répandre et se transformer en machines industrielles [5].

I.5. Classement général des machines-outils

I.5.1. Critères de classement

Dans la mécanique, plusieurs critères peuvent être retenus pour la classification des machines-outils :

- Selon la destination.
- Selon les possibilités de réalisation des opérations technologiques.
- Selon le mode de commande.

1) Classement selon la destination (ou le degré d'universalité) :

On distingue trois catégories ;

- **Machines-outils à destination générale ou universelles** : sont des machines capables d'assurer une production variée, peuvent être utilisés universellement c.à.d. par plusieurs industries, sont équipées de dispositifs universels, d'outils universels et peuvent usiner des pièces de différentes formes et dimensions. Elles sont dotées de gammes étendues des vitesses de coupe et d'avance. Sont destinées au travail unitaire ou de petites séries. (Tour parallèle par exemple)
- **Machines-outils spécialisées** : Regroupe les machines dédiées à la production en série de pièces de formes déterminées ou de pièces de formes semblables. La gamme des vitesses et avances est réduite et leur chaîne cinématique est simplifiée. (Tour semi-automatique par exemple)
- **Machines-outils spéciales** : Regroupe les machines dédiées à la production d'une pièce particulière d'un seul type de pièces ou une opération technologique spécifique (taillage d'engrenages). Elles s'utilisent dans la production de grande série ou de masse [6].

2) Classement selon les possibilités de réalisation des opérations technologiques :

On distingue deux catégories ;

- **Machine-outil universelle** : sont les machines capables de réaliser plusieurs opérations très variées mais en série réduite.
- **Machine-outil productives** : sont les machines capables de réaliser opérations particulières en nombre limité mais en importante série [6].

3) Classement selon le mode de commande (ou le degré d'automatisme) :

En fonction du degré d'automatisation, les machines-outils sont regroupées en 3 familles :

- **Machine-outil à commande manuelle** : Les machines-outils qui nécessitent l'assistance d'un ouvrier en permanence pour la réalisation des opérations d'usinage.
- **Machine-outil à commande semi-automatique** : Les machines-outils dont l'intervention d'un ouvrier n'est nécessaire que pour l'alimentation ou le déchargement en pièces d'usinage ou s'il y a un arrêt suite à un dysfonctionnement.
- **Machine-outil à commande automatique** : Les machines totalement autonomes, dont l'intervention d'un ouvrier n'est pas nécessaire que pour la mise en marche, la machine travaille selon un cycle préparé d'avance jusqu'à épuisement du magasin de pièces (autonomie totale).

4) Classement selon la précision d'usinage

En fonction de la précision d'usinage, on classe les machines-outils en quatre classes différentes :

- Machines à précision Normale,
- Machines à précision Supérieures,
- Machines à haute précision,
- Machines à très haute précision [6],

I.6. Éléments de machines

La machine-outil doit être constituée des éléments suivants :

- **Source d'énergie** : moteur électrique ou moteur hydraulique.
- **Le bâti** : Doit être rigide et limite les déformations thermiques. Il possède une fonction principale et une fonction auxiliaire
- **Fonctions essentielles** :
 - Assure le guidage des chariots,
 - Agencement des organes de la machine pour garantir une géométrie correcte,
 - Encaisser les actions mécaniques dues aux accélérations des parties mobiles,
- **Fonctions auxiliaires** :
 - Gestion des copeaux,
 - Protection des opérateurs
 - Dissipation de la chaleur.
- **Mécanismes de transmission** : sont les ensembles qui assurent le transfert de la puissance des moteurs aux parties mobiles (Boîtes de vitesses - Boîtes d'avance - inverseurs- mécanismes de transformation des mouvements).
- **Blocs autonomes** : Ils exécutent les mouvements d'usinage (les chariots- tables - tabliers).
- **Les axes de déplacement** : sont constitués d'un moteur, un entraînement, un guidage et d'un système de mesure.
- **La broche** : Elle génère le mouvement de coupe nécessaire à l'usinage et garantit la position relative de l'outil par rapport à la pièce usinée donc elle doit être très rigide et stable thermiquement.
- **Organes de commande et système de mesure** : les organes de commande (manivelles, leviers, pédales et volants) permettent de manœuvrer et de repérer la position. Les systèmes de mesure sont des tambours gradués pour les modèles classiques de machines ou sont des compteurs de nombres de tours de vis et de la position angulaire dans les versions les plus récentes.
- **Les porte-outils et éléments de prise** : Assurent la liaison entre l'outil et la machine et supportent les sollicitations dynamiques importantes engendrées par l'usinage. Le porte-outil doit présenter des surfaces d'appui étendues pour une bonne stabilité de l'outil. Quant aux éléments de prise ils assurent le maintien des éléments d'exécution (pièce/outil) en position par rapport à la broche et/ou au bâti [7].

I.7. Différent types des machines-outils

Le tour permet de réaliser des surfaces de révolution cylindres, cônes et plans (génératrice perpendiculaire à l'axe de révolution) et hélicoïdales (filetage). L'utilisation principale de ces machines est l'usinage des arbres. La pièce, généralement tenue par le mandrin, a un mouvement de rotation (mouvement de coupe) transmis par la broche. L'outil peut se déplacer en translation suivant deux directions. Ces deux directions, perpendiculaires entre elles, appartiennent à un plan auquel l'axe de la broche est parallèle. Le premier mouvement de translation est parallèle à l'axe de la broche. Le deuxième mouvement de translation est perpendiculaire à l'axe de la broche [8].

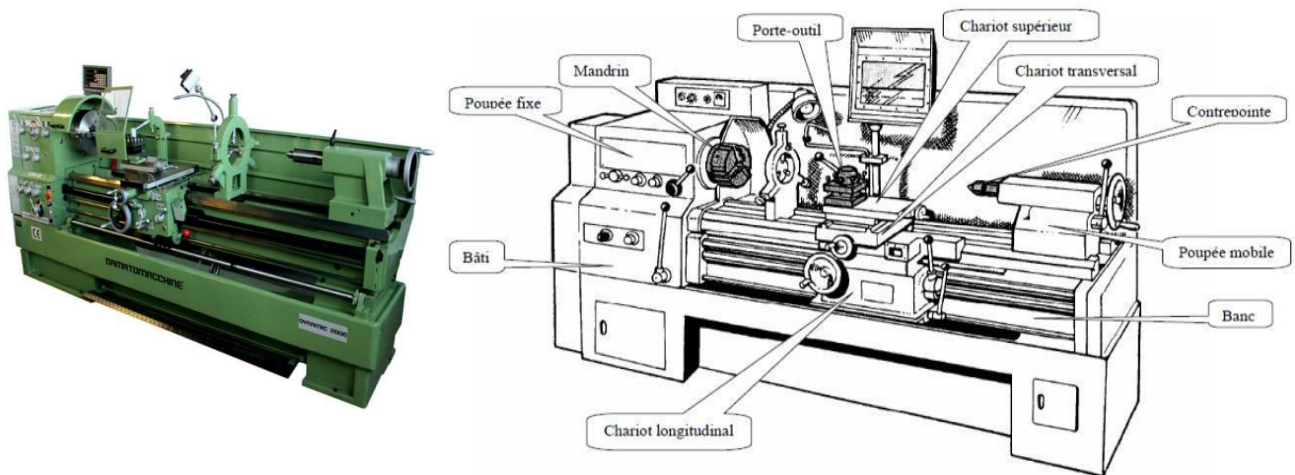


Figure I.6. Vue d'ensemble et composants d'un tour parallèle.

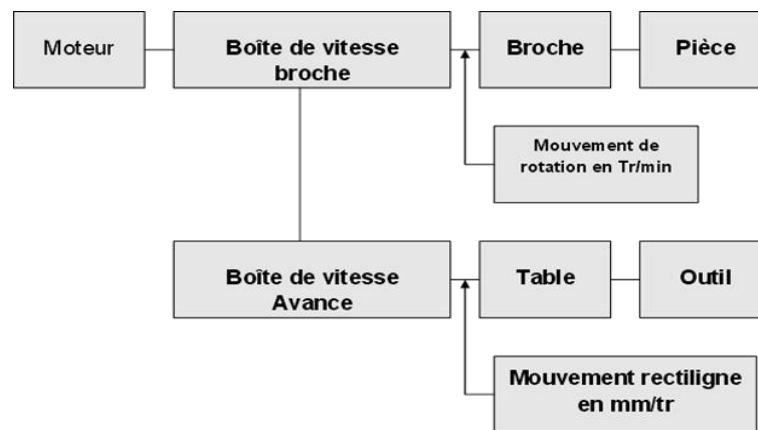


Figure I.7. Chaîne cinématique d'un tour parallèle.

I.7.1.1 Travaux sur tours

Le tour parallèle permet des travaux multiples selon l'outil ou le dispositif utilisé. Il s'agit des travaux multiples comme le chariotage parallèle, le chariotage conique, le perçage, le lamage et le chambrage, les filetages intérieur et extérieur, l'alésage ...les opérations pouvant être réalisés sur un tour sont présentées à la figure I.8 :

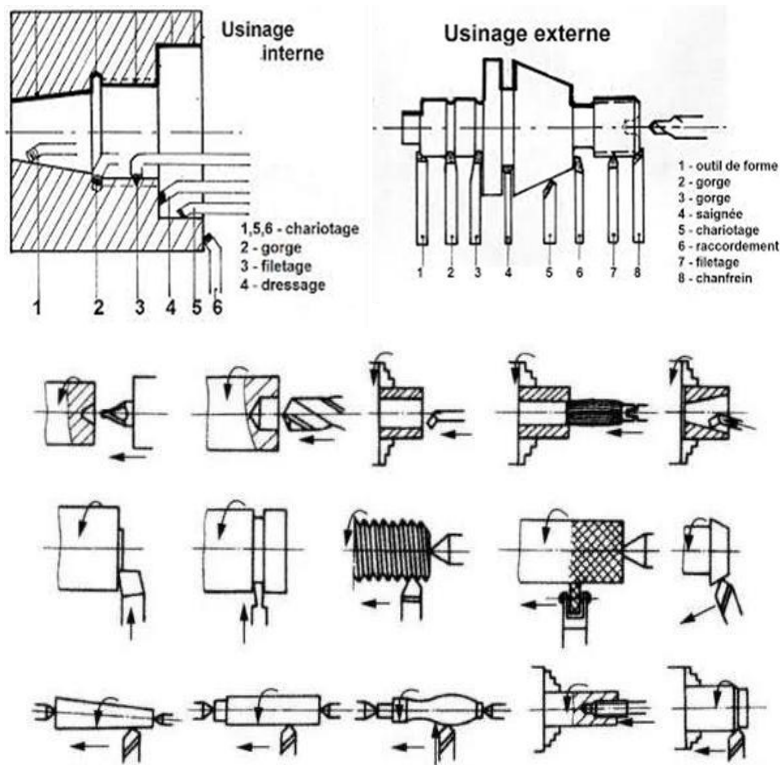


Figure I.8 Les formes obtenues sur un tour.

I.7.1.1 Classification des machines de tournage

Les machines-outils les plus courantes utilisées pour le tournage sont :

1) Les tours parallèles à charioter et à fileter

Ces machines sont utilisées pour les travaux unitaires ou de petites et moyennes séries sur des pièces de révolution (Figure I.6). Seules les surfaces dont les génératrices sont parallèles ou perpendiculaires à l'axe de la broche sont réalisables en travail d'enveloppe [9].

2) Les tours à copier

Ils permettent l'usinage de pièces par reproduction, à partir d'un gabarit, grâce à un système de copiage hydraulique qui pilote le déplacement du chariot transversal. C'est une machine assez flexible qui peut convenir pour des travaux de petites à grandes séries. La génératrice des surfaces de révolution peut être quelconque [9].



Figure I.9. Tours à copier

3) Les tours semi-automatiques

Ce sont des tours équipés d'un trainard semblable à celui d'un tour parallèle avec une tour hexagonale indexable munie de 6 postes d'outils animée d'un mouvement longitudinal contrôlé par des butées. Les outillages spécialement conçus pour la machine permettent des opérations simples et précises. La commande de ces tours peut être manuelle ou en partie automatique. La flexibilité de ces machines est très limitée. On les utilisera pour des travaux de moyenne série [9].



Figure I.10. Tours semi-automatiques (TSA).

4) Les tours automatiques

Plusieurs outils sont montés tangentiellement à la pièce. Les mouvements sont obtenus par des cames qui donnent la vitesse d'avance et la course de chaque outil. Une came est spécifique à une opération et à une pièce. Ces tours sont entièrement automatiques. Ces machines n'ont aucune flexibilité. Elles conviennent pour les très grandes séries [9].

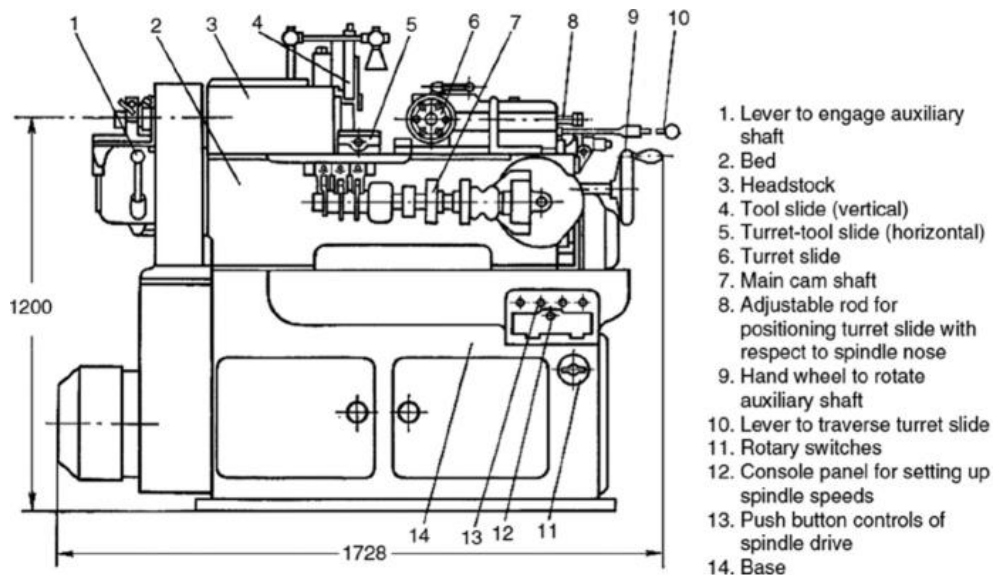


Figure I.11. Tours automatiques.

5) Les tours automatiques multibroches

Ce type de tour comportera par exemple huit broches. Huit outils soit un par broche travaillent en même temps et effectuent une opération différente. Ce sont les broches qui

tournent d'un huitième de tour pour présenter la pièce devant l'outil suivant. Lorsque les broches ont effectué un tour complet la pièce est terminée. Il est possible de travailler dans la barre. Sur ce type de tour les réglages sont longs et le temps de passage d'une série à l'autre immobilise la machine. Ce tour sera réservé pour les grandes et très grandes séries à des pièces de dimensions réduites à cause de l'espacement entre les broches [9].

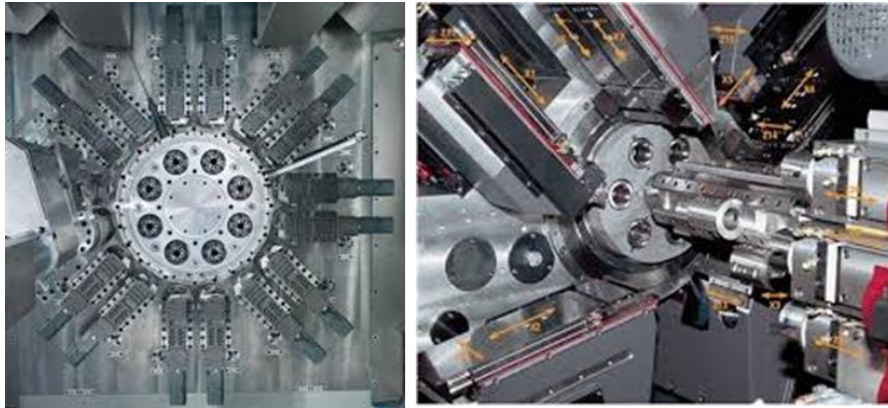


Figure I.12. Tours automatiques multibroches.

6) Les tours à commande numérique

Les machines à commandes numériques typiques sont en fait des tours et des fraiseuses conventionnelles qui sont actionnées par des moteurs électriques et comme le nom le dit, commandés numériquement et dont la trajectoire est contrôlée par un ordinateur. On peut retrouver comme machine-outil CNC : un tour, centre d'usinage, une fraiseuse, une rectifieuse, machines à identifier les pièces, en fait n'importe quelle machine que l'on peut programmer. Comme en copiage la génératrice de la pièce peut être quelconque mais ici la trajectoire de l'outil est obtenue par le déplacement simultané de deux axes dont les positions successives sont données par un calculateur travaillant à partir d'un programme propre à la pièce. Ces tours sont équipés d'un magasin d'outils et éventuellement d'un système de chargement des pièces. La flexibilité de ces machines est très grande et particulièrement bien adapté pour le travail unitaire ou les petites séries répétitives [9].



Figure I.13. Tours à commande numérique

I.7.2 Les perceuses

La Perceuse ou foreuse est une machine-outil qui sert à percer ou tarauder des trous dans différents matériaux à l'aide d'outil appelées forêts. Les perceuses modernes sont l'aboutissement de plusieurs siècles de technologies. Les perceuses manuelles à engrenage datent du XIXe siècle, et c'est vers la fin du XIXe siècle que sont apparues les premières perceuses électriques [10].

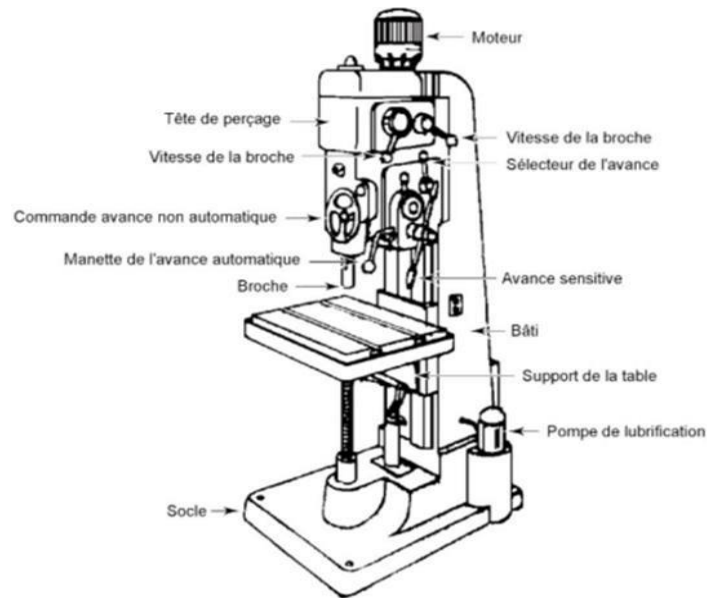


Figure I.14 schéma représentatif de la perceuse à colonne.

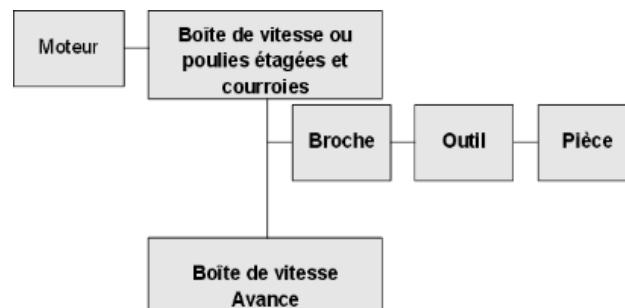
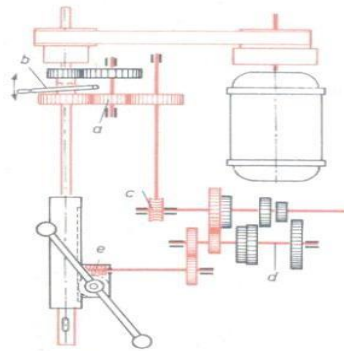


Figure I.15 Chaîne cinématique d'une perceuse

I.7.2.1 Principe de fonctionnement

La pièce est fixe tandis que l'outil (foret) est animé de deux mouvements continus simultanés, le mouvement de coupe (rotation) et le mouvement d'avance (translation) suivant l'axe de l'outil. Ces machines-outils sont utilisées pour le façonnage des trous cylindriques ou coniques débouchant ou borgnes à l'aide de foret, de foret alésoir et d'alésoir, ainsi que pour le taraudage au moyen d'un taraud monté sur mandrin.



B 79,1 Main and feed drive of a drilling machine. a) Gears for main drive; b) control lever for main drive; c) connecting of the feed drive by worm and worm wheel; d) sliding gear drive for changing of the feed; e) worm and worm wheel for feed movement.

Figure I.16. Principe de construction d'une perceuse

I.7.2.2. Classification des machines de Perçage

1) Perceuse à percussion

Une perceuse à percussion est équipée d'un mandrin dit « classique » qu'il soit à clé ou auto-serrant, sa fonction première de perceuse est accompagnée d'une fonction percussion afin de percer des matériaux durs tels que la brique ou le béton. Néanmoins pour des matériaux encore plus durs ou une utilisation plus intense il vaut mieux privilégier l'utilisation d'un perforateur [11].

2) Perceuses à colonne

Les perceuses à colonne sont des machines-outils d'atelier utilisées pour des perçages verticaux précis et importants. Elles sont fixées sur un bâti, un établi ou au sol. La broche peut coulisser verticalement grâce à un volant, un levier ou par le moteur. On peut fixer un mandrin ordinaire ou des forets à queue conique à l'extrémité de la broche. La table peut coulisser et pivoter le long de la colonne pour permettre la fixation de grandes pièces sur le socle. Elle peut également tourner sur elle-même pour forer des trous sur une circonférence. Une latte graduée est fixée sur la broche pour mesurer la profondeur des trous, des fraisages, des chambrages et des lamages. La vitesse de descente de la broche est généralement plus lente que celle de la remontée. La vitesse de la broche dépend du diamètre, de la nature des outils de coupe. [11].



Figure I.17 Perceuse à colonne

3) Perceuse radiale

C'est une machine-outil semblable à une perceuse à colonne mais dont la broche est montée sur un chariot coulissant le long d'un bras pouvant pivoter avec la colonne comme axe [11]. Elle peut être munie d'une tête ou d'une table inclinable permettant de percer selon des axes non verticaux. Sur ce type de machine peuvent être réalisés également des lamages et des alésages. Pour les nombreuses opérations nécessitant une grande précision des trous se trouvant dans des positions plus variées on lui préfère l'aléreuse ou l'aléreuse-fraiseuse [12].



Figure I.18. Perceuses radiale

4) La perceuse à multibroche

C'est une forme de perceuse fixe. Elle est munie d'une tête à plusieurs broches réglables en position, elle est très utile pour effectuer au même moment plusieurs trous sur le même matériau. Ces trous peuvent être identiques ou de dimensions différentes selon le besoin de l'utilisateur de la machine.

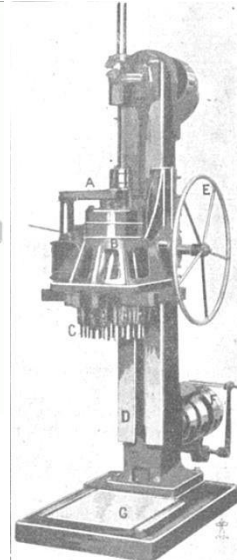
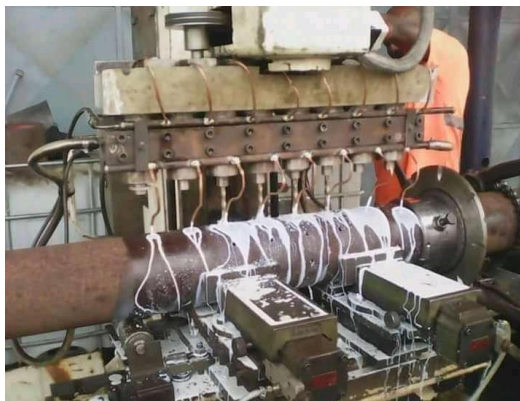


Figure I.19. Perceuses à multibroches

5) Perceuses à broches multiples :

La Machine de perçage à broches multiples possède une longue base commune. Quatre à six sont têtes de perçage placées côte à côte. Les têtes de perçage ont à moteurs d'entraînement indépendants. Cette machine est utilisée pour un travail de production. Une série d'opérations comme perçage, alésage, lamage et taraudage peut être réalisée en série en déplaçant tout simplement le travail d'une position à l'autre sur la table de travail. Chaque broche est réglée avec des outils différents pour différentes opérations.



Figure I.20. Perceuses a broches multiples

I.7.3 Les raboteuses

1) La raboteuse

Les machines de rabotage ou raboteuses, sont des machines utilisées dans le processus de fabrication pour enlever de fines couches de matière d'une pièce afin d'obtenir une surface plane et régulière. Ces machines sont conçues spécifiquement pour l'opération de rabotage, qui consiste à déplacer une lame coupante sur la surface de la pièce de travail pour enlever les excès de matière. Les raboteuses sont de grosses machines très rigides. La pièce, fixée au chariot qui coulisse sur le banc très rigide, a un mouvement rectiligne (Le mouvement de coupe). La fixation de l'outil, assurée par un portique, est également très rigide(Le mouvement d'avance, discontinu. est donné à la pièce) et le mouvement de positionnement, perpendiculaire au plateau, est également donné à l'outil. Il en résulte que les pièces produites ont une excellente planéité, avec des traits d'outil rectilignes, ce qui est parfois recherché. Aussi, bien qu'un peu détrôné par la fraiseuse, la raboteuse conserve encore nombre d'applications préférentielles, comme L'usinage des glissières de machines-Outils [13].

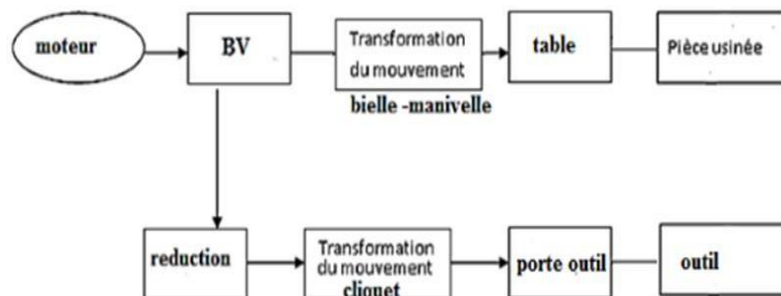


Figure I.21. Chaîne cinématique d'une Raboteuse.

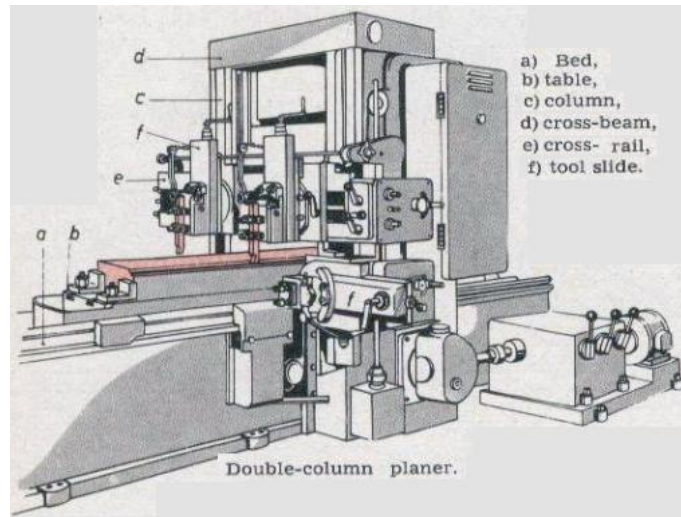


Figure I.22. Raboteuse

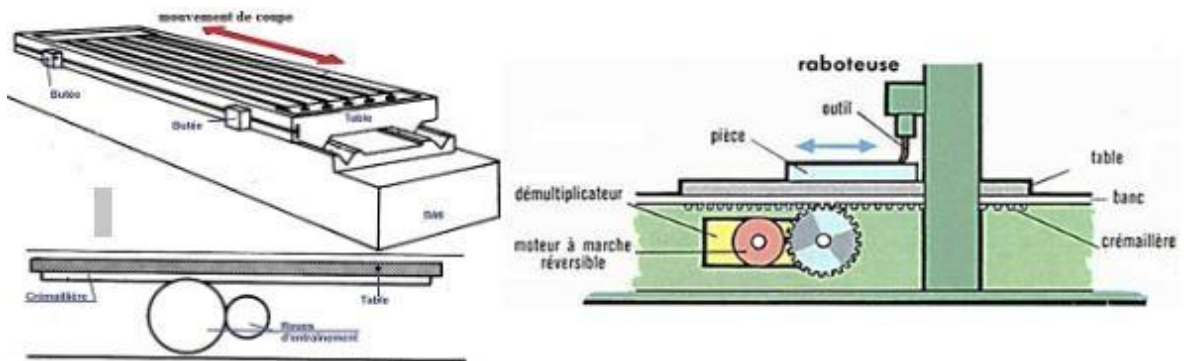


Figure I.23. Principe du rabotage sur raboteuses.

2) L'étau-limeur

L'étau-limeur le mouvement de coupe est donné à l'outil par un coulisseau appelé béliet, dont le mouvement est parallèle à la table supportant la pièce. Le mouvement d'avance discontinu et le mouvement et de positionnement sont donnés à la pièce. Toujours plus petit que la raboteuse, l'étau-limeur est aussi intrinsèquement moins précis pour les raisons suivantes :

- La table, en porte-à-faux, a tendance à s'incliner sous effet de l'effort de coupe, ce qui crée une erreur de forme et une erreur d'orientation de la surface engendrée
- Le béliet s'échauffe au niveau des glissières, ce qui provoque sa flexion une notable exception est, le béliet GSP, qui s'appuie sur les glissières non pas par-dessous mais au niveau de son axe neutre. La précision du mouvement relatif table outil d'une raboteuse est de L'ordre de 0,01 mm/m de longueur de la table. Pour un étau-limeur, il faut compter 0.03 mm/300 mm, l'étau limeur tend à disparaître [13].

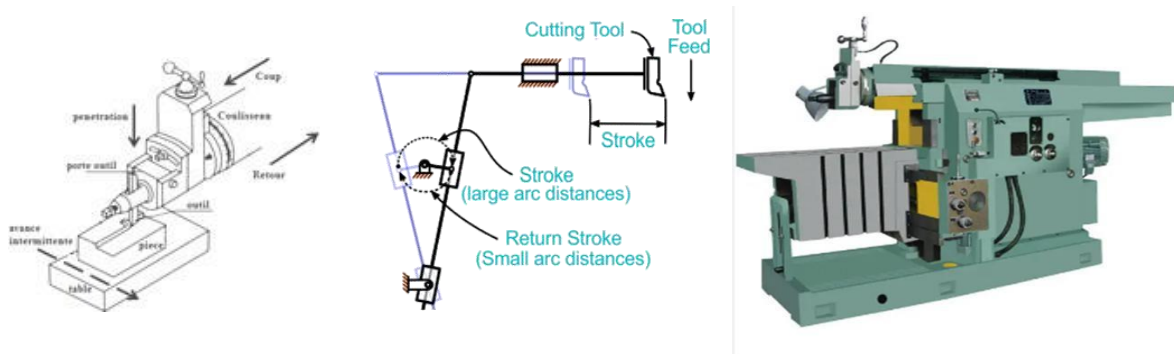


Figure I.24. Vue et principe de fonctionnement de l'étau-limeur.

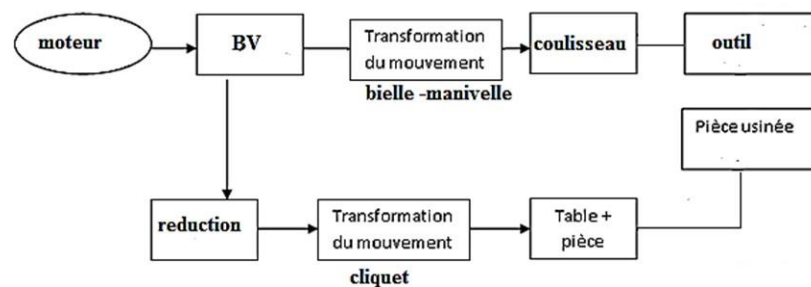


Figure I.25 Chaîne cinématique de l'étau-limeur.

3) Mortaiseuse

La mortaiseuse à la différence de l'étau-limeur, la mortaiseuse a son mouvement de coupe perpendiculaire à la table supportant la pièce. Cette machine indispensable pour usiner les rainures de clavettes dans les alésages (les deux seuls autres procédés sont le brochage, réservé aux grandes séries, et le découpage par électroérosion à fil, fort lent et nécessitant une machine coûteuse). Il est à noter qu'un certain nombre de fraiseuses universelles possèdent un montage permettant de les transformer momentanément en mortaiseuses, ce qui évite l'achat d'une mortaiseuse proprement dite dont l'emploi est extrêmement spécialisé [13].



Figure I.26. Mortaiseuse

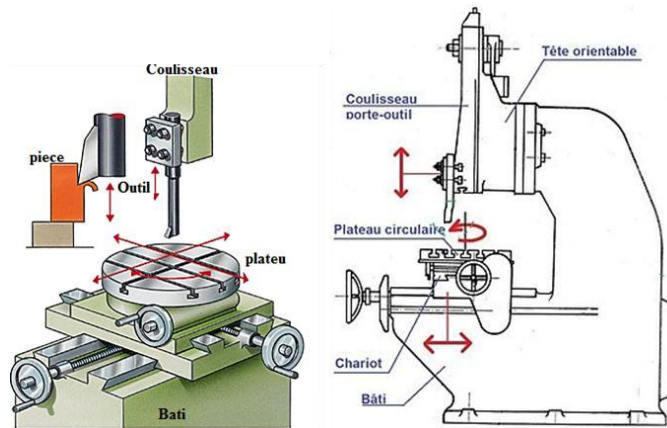


Figure I.27. Principe d'œuvre des mortaiseuses.

I.7.4 Rectifieuse

La rectifieuse est une machine-outil qui permet de faire de la rectification des surfaces planes ou cylindriques. Cette machine-outil utilise une meule afin de produire une surface parfaite après usinage préalable.

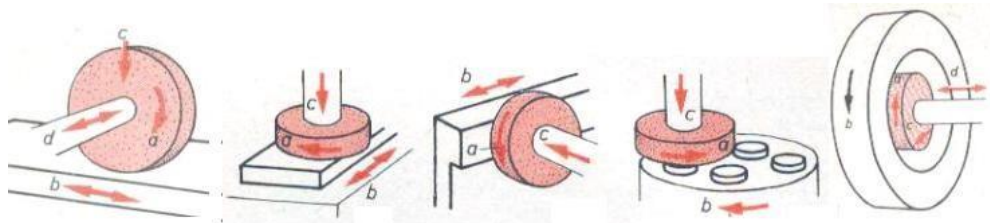


Figure I.28. Opérations de rectification

I.7.4.1 Les machines de rectification

1) Rectifieuse plane

La rectifieuse plane. Est une machine dédiée à la rectification de surfaces qui sont essentiellement planes. Plusieurs méthodes de rectification plane sont adaptées et utilisées pour produire des surfaces caractérisées par des éléments en lignes parallèles droites et en angles. Comme les guides du chariot d'un tour, des lames de tout genre et outils par exemple. En d'autre cas, on obtient des surfaces courbes ou profilées.



Figure I.29 Rectifieuse plane.

2) Rectifieuse cylindrique

La rectifieuse cylindrique est un type spécifique de rectifieuse destiné aux pièces cylindriques de précision. Elle est principalement utilisée pour obtenir des dimensions précises, des tolérances étroites et une finition de surface de haute qualité sur des pièces cylindriques telles que les arbres, les axes, les broches, les cylindres et les alésages.

La rectifieuse cylindrique est conçue pour effectuer des opérations de rectification extérieure (rectification de la surface extérieure d'une pièce) et/ou des opérations de rectification intérieure (rectification de la surface intérieure d'une pièce). Elle peut également être équipée de dispositifs spéciaux pour effectuer des opérations de rectification de formes complexes telles que des profils en cames.

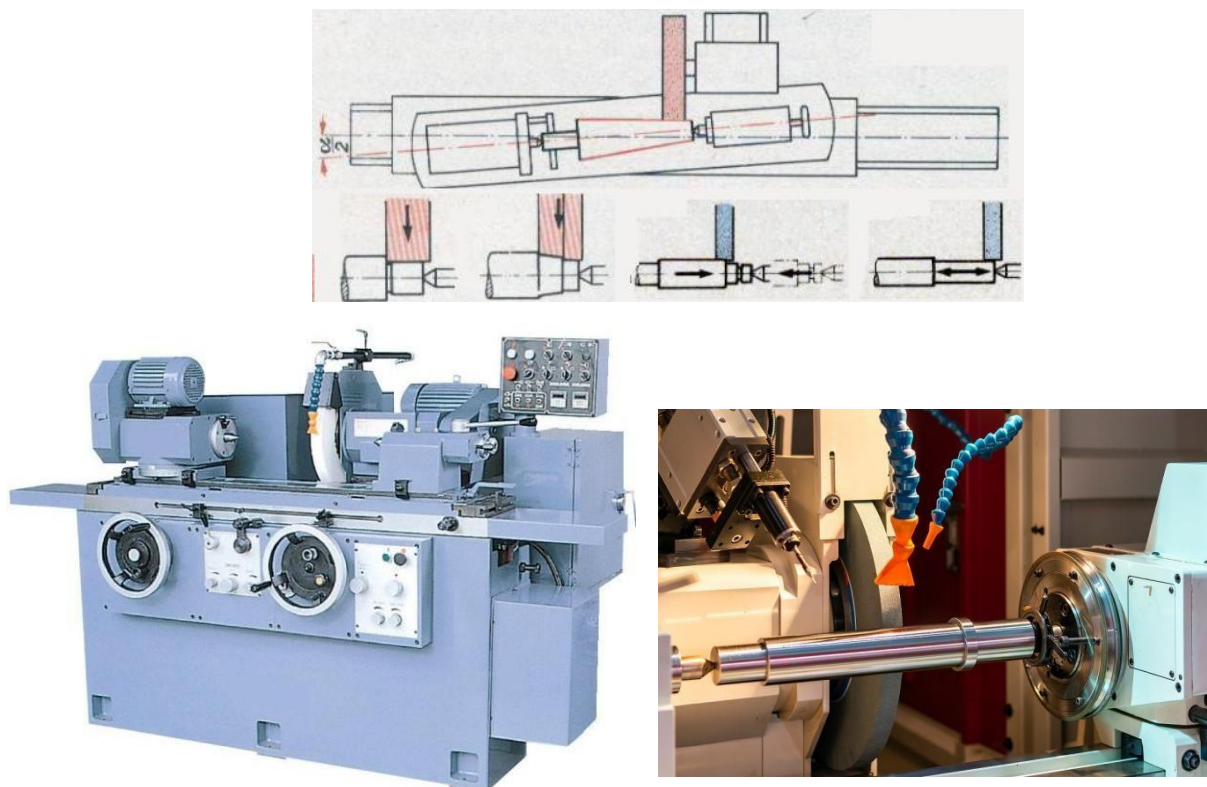


Figure I.30 Rectifieuse cylindrique et les opérations de rectification

I.7.5 Les Fraiseuses

Une fraiseuse est une machine-outil utilisée pour usiner tous types de pièces mécaniques, à l'unité ou en série, par enlèvement de matière à partir de blocs de matière, à l'aide d'un outil coupant nommé fraise. En dehors de cet outil qui lui a donné son nom, une fraiseuse peut également être équipée de foret, de taraud ou d'alésoir.

La fraise munie de dents est mise en rotation et taille la matière grâce à sa rotation et au mouvement relatif de la fraise par rapport à la pièce. La forme de la fraise est variable ; Elle peut être cylindrique, torique, conique, hémisphérique ou quelquefois de forme encore plus complexe. La fraise et la pièce sont montées sur des glissières et peuvent se déplacer relativement suivant des coordonnées X Y ou Z (on parle alors de fraiseuse trois axes). Par convention, l'axe Z est l'axe de rotation de la broche, les axes X et Y sont contenus dans un plan perpendiculaire à Z [14].

I.7.5.1 Classification des fraiseuses

1) Fraiseuse verticale

Le fraisage se caractérise par un mouvement de coupe circulaire à l'outil (l'axe de l'outil est appelé Z) et un ou deux mouvements selon les axes X et Y perpendiculaires à Z. La fraiseuse schématisée est une fraiseuse verticale parce que sa broche est verticale. Les fraiseuses à commande mécanique permettent d'obtenir une avance automatique sur un des deux axes X ou Y à la fois, l'autre axe étant bloqué dans sa position de réglage. Les fraiseuses équipées d'une commande numérique de contournage permettent de combiner ces deux mouvements selon des droites et des cercles. Très souvent, il est en outre possible de commander automatiquement l'avance selon Z. On a alors une aléuseuse-fraiseuse à trois axes.

2) Fraiseuse horizontale

Dans ce type de machine, surtout adaptée au travail en roulant, la fraise est entraînée par un arbre porte-fraise soutenu par une ou deux lunettes. Cette disposition étant peu propice au changement automatique d'outil, la fraiseuse horizontale devient plus rare, du moins sous cette forme [13].

Cette machine sert principalement à usiner des pièces prismatiques. La pièce est fixée dans l'étau. L'outil est mis en rotation par le moteur de broche, il suit une trajectoire qui interfère avec la pièce. L'outil est muni d'une arête coupante, il en résulte un enlèvement de matière : les copeaux [15].



Figure I.34 Fraiseuses horizontale et verticale



Tete universelle

Figure I.35 Fraiseuse universelle

3) Fraiseuse universelle

La fraiseuse universelle est une machine-outil qui peut s'adapter à l'usinage horizontal et vertical grâce à la tête de fraisage rotative ou encore tête universelle. La gamme de traitement de la fraiseuse est très large, peut traiter le plan horizontal, la surface verticale, la rainure de clavette, la rainure en T, la rainure en queue d'aronde, l'engrenage, l'arbre cannelé, le pignon, la surface en spirale, etc. un usinage multi-angles peut être effectué. Lorsque la barre de coupe horizontale est installée sur l'arbre principal, un fraisage horizontal peut également être effectué et plusieurs fraises à lame de scie peuvent être serrées en même temps. C'est très efficace.

4) Fraiseuses spéciales

Les fraiseuses à reproduire permettent de reproduire suivant deux ou trois axes la forme représentée par un modèle (ou gabarit). Un pantographe permet une reproduction en réduction ou avec symétrie. Un palpeur est assujéti, par un dispositif hydraulique ou électrique, à suivre le profil d'un gabarit et à transmettre ses déplacements à une table porte-pièce. Ces machines sont utilisées essentiellement pour les travaux à l'unité (outillages de presse, coquilles métalliques, etc.) [16].

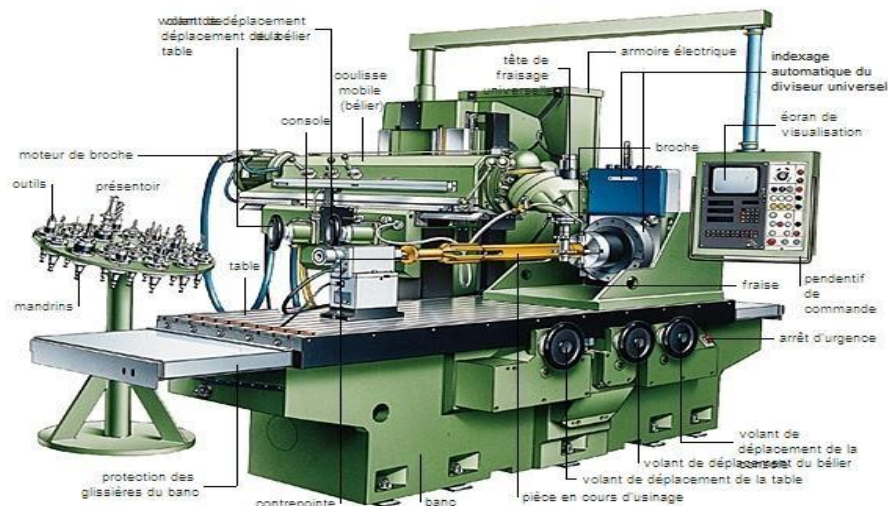


Figure I.36. Fraiseuses spéciales.



Figure I.37. Fraiseuse à C.N.C 3 axes.

5) Fraiseuses à commande numérique

La commande numérique (CN) est une technique utilisant des données composées de codes alphanumériques pour représenter les instructions géométriques et technologiques nécessaires à la conduite d'une machine ou d'un procédé (Figure I.38). La fraiseuse à commande numérique est une fraiseuse connectée à un système de commande numérique [16].

I.8. Conclusion

Les machines mécaniques constituent un élément essentiel dans de nombreuses industries et procédés de fabrication. La conception et le développement de machines mécaniques reposent sur un large éventail de principes d'ingénierie et de concepts mécaniques.

Les machines mécaniques sont essentielles dans de nombreuses industries et procédés de fabrication. Comprendre les types de machines mécaniques et leurs différentes utilisations aide à atteindre l'efficacité, la précision et la qualité des processus industriels. Il contribue également au développement de la technologie et au progrès dans les domaines de l'ingénierie mécanique et de la fabrication.

Les machines mécaniques doivent être soigneusement conçues et sélectionnées pour répondre aux exigences spécifiques de l'application et atteindre les performances souhaitées. Cela nécessite une compréhension approfondie des principes d'ingénierie et des technologies mécaniques disponibles.

CHAPITRE II

USINAGE PAR FRAISAGE

II.1 Introduction

Le fraisage est sans aucun doute l'une des opérations de mise en forme les plus polyvalentes, permettant l'obtention de surfaces planes précises et aussi dans le cas des fraiseuses à commande numérique, de profils complexes et de surfaces 3D. Dans ce type, d'usinage l'outil est entraîné en rotation par la broche de la machine, et un déplacement relatif est effectué entre la pièce et l'outil de coupe afin de produire sur la pièce la forme désirée. Les fraiseuses ont supplanté certaines machines (raboteuses, étaux limeurs) pour l'usinage de surfaces planes. Ces machines peuvent également servir pour des opérations de tournage. L'outil, une fraise, est fixé dans la broche et est animé d'un mouvement de rotation (mouvement de coupe). Il peut se déplacer en translation par rapport à la pièce suivant trois directions [17].

Le fraisage peut produire des pièces : révolutions prismatiques, internes et externes, contours spéciaux, hélices, cames, engrenages, etc [18].

II.2 Les composants d'une fraiseuse

La fraiseuse (figure II.1) se compose de :

- 1) Un bâti en fonte sert d'assise à la machine et supportant les différents organes.
 - 2) Une poupée fixe analogue à celle d'un tout qui transmet le mouvement à la fraise.
 - 3) L'arbre porte-fraise en acier spécial recevant son mouvement de la broche.
 - 4) Le support horizontal ou poutre en fonte de longueur réglable suivant les montages de fraises et pièces.
 - 5) Le support d'arbre : destiné à soutenir l'extrémité libre de l'arbre porte-fraises.
 - 6) Une console reliée au bâti par ses glissières et portant les différents chariots porte-pièces.
 - 7) Le chariot transversal qui coulisse sur les glissières transversales de la console.
 - 8) La table rectangulaire se déplace longitudinalement sur les glissières du chariot transversal. - Le moteur électrique.
 - 9) La boîte des vitesses.
- La boîte des avances.

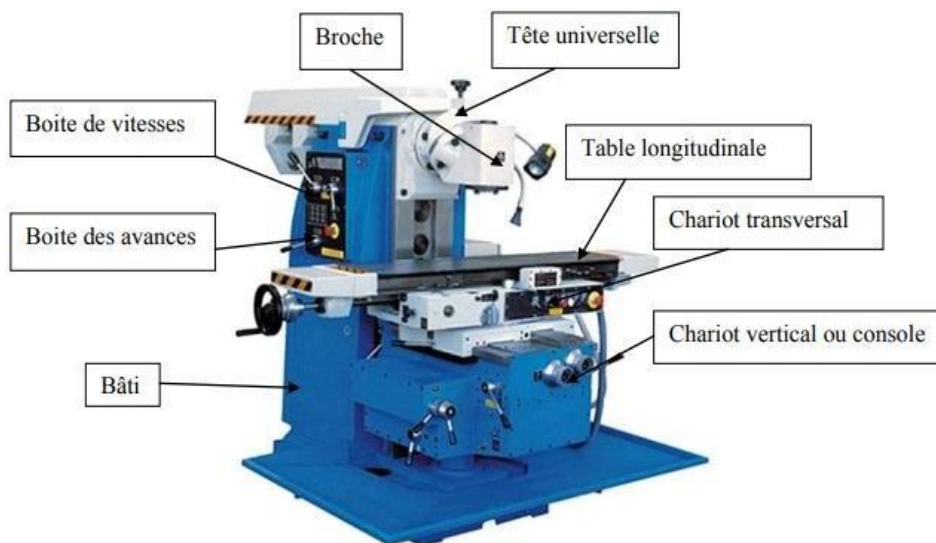


Figure II.1. Composantes d'une fraiseuse universelle.

II.3 Caractéristiques de la fraiseuse

1) Fonctionnelles

- Puissance du moteur,
- Gamme des vitesses de broche,
- Gamme des avances. [18].

2) Dimensionnelles

- Type et numéro du cône de la broche (cône SA... ou cône morse Cm...),
- Dimensions des tables (Longueur x largeur),
- Couses de la table, du chariot transversal et console,
- Hauteur entre table et broche,
- Distance entre table et glissière verticale. [19].

Compte tenu de la grande variété de modèles, plusieurs critères sont nécessaires pour caractériser une machine et ceux qui sont le plus souvent utilisés par les constructeurs sont indiqués ci-dessous. Nous attirons cependant l'attention sur le manque de rigueur des dénominations commerciales.

1) Par type d'usinage ou d'emploi :

- Fraiseuse ou fraiseuse-aléuseuse, capable des différents travaux ;
- Aléuseuse-fraiseuse ou genre aléuseuse, possédant par rapport aux précédentes une broche d'alésage coulissante ;
- Fraiseuse universelle et fraiseuse d'outillage, possédant le plus souvent un moyen d'orientation relative de la pièce et de la broche ; ces machines sont en général très maniables pour tous travaux unitaires variés ;
- Fraiseuses spécialisées à prédominance de fraisage et vocation particulière : fraisage des rainures, des vilebrequins, des arbres à cames, des panneaux ou des longerons d'aviation, etc. ;
- Centre d'usinage, toujours caractérisé par la CN et le changement automatique d'outils, et éventuellement un dispositif de palettes.

2) Par architecture: (Figure II.2)

- à console;
- à banc;
- à table croisée;
- À table inclinable, à table universelle (inclinable dans trois plans) ;
- à montant mobile;
- à portique fixe;
- à portique mobile.

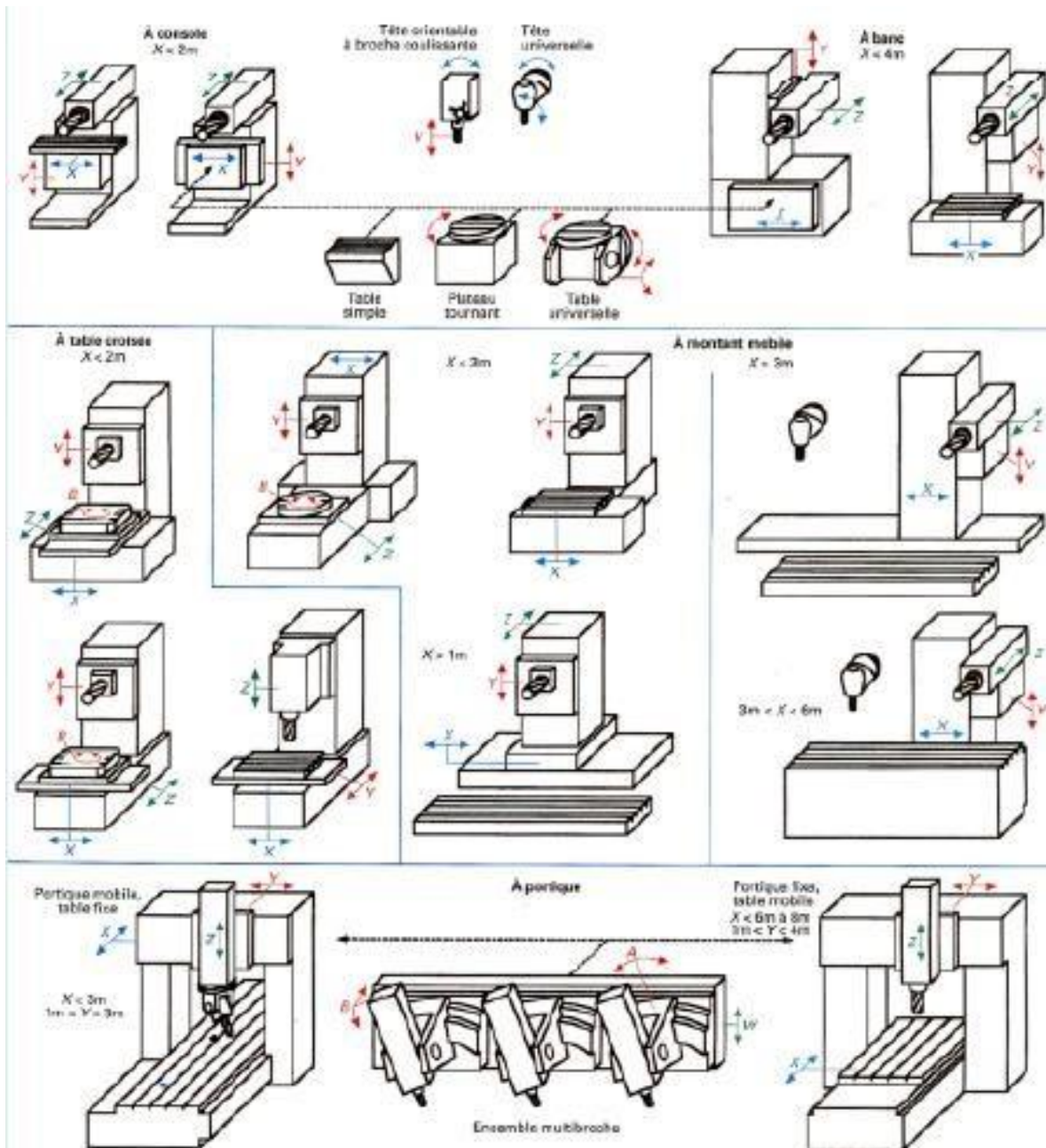


Figure II.2. Différents types d'architectures de fraiseuse.

3) Par position de la broche :

- à broche horizontale;
- à broche vertical;
- À broche orientable (universelle, multiaxe).

4) Par type de commande:

- À commande manuelle (conventionnelle, classique) ;
- À commande numérique (la dénomination est souvent suivie du nombre d'axes contrôlés par la CN) ;
- à reproduire.

5) Par dimensions:

- Par la course de déplacement sur l'axe X ;
- Par la course de déplacement sur les trois axes principaux X, Y, Z ;
- Pour les centres d'usinage à broche horizontale et palettes, par les dimensions de la surface de
- La palette exprimée en millimètres (exemple : 500×500).

La figure II.2 donne une vue générale des types d'architectures les plus couramment retenues par les constructeurs.

Chacun des axes de déplacement est défini par une lettre (A, B, \dots, X, Y, Z) selon une norme dont les principales règles sont :

- Chaque axe est considéré comme le déplacement relatif de l'outil par rapport à la pièce ;
- Z est parallèle à l'axe de rotation de la broche, le sens positif de Z va de la pièce vers l'outil ;
- X et Y font partie d'un trièdre rectangle XYZ défini selon la règle des 3 doigts de la main droite ;
 - A, B, C correspondent respectivement à des rotations autour de X, Y, Z ;
 - U, V, W correspondent respectivement à des déplacements secondaires parallèles à X, Y, Z .

II.4 Construction des fraiseuses

II.4.1 Les bâtis (formes et matériaux)

Le bâti d'une fraiseuse est la structure principale de la machine qui supporte tous les autres composants, tels que la broche, la table et les glissières. Il est généralement fabriqué en fonte ou en acier et doit être rigide et stable pour garantir une précision d'usinage maximale

II.4.1.1 Types de bâtis de fraiseuse

Il existe deux principaux types de bâtis de fraiseuse

- **Bâtis à colonne :** Ce type de bâti est constitué d'une colonne verticale qui supporte la broche et la table. Les bâtis à colonne sont généralement utilisés sur les fraiseuses verticales et universelles.



Figure II.3. Bâtis à colonne verticale.

- **Bâtis à portique** : Ce type de bâti est constitué d'un portique horizontal qui supporte la broche et la table. Les bâtis à portique sont généralement utilisés sur les fraiseuses à portique et les fraiseuses à console.



Figure II. 4. Bâtis à portique horizontal.

II.4.1.2 Caractéristiques importantes des bâtis de fraiseuse

- **Rigidité** : Le bâti doit être suffisamment rigide pour éviter les vibrations et les flexions, qui peuvent affecter la précision de l'usinage.
- **Stabilité** : Le bâti doit être stable pour éviter les mouvements pendant l'usinage.
- **Amortissement des vibrations** : Le bâti doit être capable d'amortir les vibrations provenant de la broche et de la pièce à usiner.
- **Précision** : Le bâti doit être fabriqué avec précision pour garantir l'alignement des composants de la fraiseuse.

II.4.1.3 Matériaux de construction des bâtis de fraiseuse

- **Fonte** : La fonte est un matériau traditionnel utilisé pour la construction des bâtis de fraiseuse. Elle est peu coûteuse et offre une bonne rigidité et stabilité.
- **Acier** : L'acier est un autre matériau couramment utilisé pour la construction des bâtis de fraiseuse. Il est plus rigide et plus résistant que la fonte, mais aussi plus coûteux.
- **Granite** : Le granite est un matériau de plus en plus populaire pour la construction des bâtis de fraiseuse. Il offre une excellente rigidité, stabilité et capacité d'amortissement des vibrations.

II.4.2 La broche

La broche d'une fraiseuse est un composant essentiel de la machine qui assure la rotation de l'outil de coupe, appelé fraise. Elle se présente sous la forme d'un axe rotatif rigide et précis, généralement fabriqué en acier trempé ou en fonte d'acier. La broche est fixée au bâti de la fraiseuse et transmet la puissance du moteur à la fraise via un système d'entraînement, qui peut être à courroie, à engrenages ou à broche hydrostatique.

La vitesse de rotation de la broche est un paramètre crucial pour l'usinage, car elle influence directement la vitesse de coupe de la fraise et la qualité de la finition de la pièce. Les fraiseuses modernes disposent de broches à vitesse variable qui permettent à l'opérateur d'adapter la vitesse de rotation en fonction du matériau à usiner, du type de fraise et de l'opération d'usinage souhaitée.

II.4.2.1 Caractéristiques principales d'une broche de fraiseuse

- **Rigidité** : La broche doit être suffisamment rigide pour minimiser les vibrations et les flexions pendant l'usinage, qui peuvent affecter la précision de la pièce et la durée de vie de l'outil.
- **Précision** : La broche doit être fabriquée avec précision pour garantir un alignement parfait avec les autres composants de la fraiseuse, notamment la table et les glissières. Cela est essentiel pour obtenir des coupes précises et des finitions de surface de qualité.
- **Vitesse de rotation** : La plage de vitesse de rotation de la broche doit être suffisamment large pour répondre aux besoins des différentes opérations d'usinage. Les fraiseuses modernes ont généralement des broches avec des vitesses de rotation allant de quelques centaines de tours par minute (tr/min) à plusieurs dizaines de milliers de tr/min.
- **Puissance** : La puissance de la broche doit être adaptée à la puissance du moteur et au type de travaux d'usinage à effectuer. Les fraiseuses pour les travaux lourds nécessitent des broches plus puissantes que les fraiseuses pour les travaux légers.
- **Système d'entraînement** : Le système d'entraînement doit être capable de transmettre efficacement la puissance du moteur à la broche tout en minimisant les vibrations et le bruit. Les systèmes d'entraînement courants incluent les courroies trapézoïdales, les engrenages et les broches hydrostatiques.

II.4.2.2 Types de broches de fraiseuse

Il existe différents types de broches de fraiseuse, classés selon leur mode de fixation et de transmission de puissance :

- **Broches à broche** : Ce type de broche est fixé directement au bâti de la fraiseuse et la puissance est transmise par un système d'arbre porte-outil. Les broches à broche sont généralement utilisées sur les fraiseuses verticales et universelles.

- **Broches à tête** : Ce type de broche est monté sur une tête séparée qui peut être inclinée ou pivotée. Les broches à tête sont généralement utilisées sur les fraiseuses à portique et les centres d'usinage horizontaux.
- **Broches intégrées** : Ce type de broche est intégrée au moteur de la fraiseuse. Les broches intégrées sont généralement utilisées sur les fraiseuses compactes et les machines-outils multifonctions.

II.4.3 La tête universelle

La tête universelle d'une fraiseuse est un accessoire qui permet d'orienter la broche et l'outil de coupe dans plusieurs directions, offrant ainsi une grande flexibilité pour l'usinage de pièces complexes. Elle se compose généralement d'un corps principal qui pivote sur un axe vertical et d'une tête secondaire qui peut être inclinée et pivotée sur un axe horizontal. La broche est fixée à la tête secondaire et l'outil de coupe est inséré dans la broche.

La tête universelle permet d'effectuer une grande variété d'opérations d'usinage, notamment :

- F fraisage horizontal : L'outil de coupe est positionné horizontalement et la pièce est déplacée le long des axes X et Y de la table.
- F fraisage vertical : L'outil de coupe est positionné verticalement et la pièce est déplacée le long des axes X et Y de la table.
- F fraisage angulaire : L'outil de coupe est positionné à un angle par rapport à la surface de la pièce, ce qui permet de réaliser des coupes coniques ou chanfreinées.
- F fraisage circulaire : L'outil de coupe est utilisé pour réaliser des trous circulaires, des rainures circulaires ou des surfaces cylindriques.

II.4.3.1 Avantages de la tête universelle

L'utilisation d'une tête universelle sur une fraiseuse présente plusieurs avantages :

- Flexibilité : La tête universelle permet d'orienter la broche et l'outil de coupe dans plusieurs directions, ce qui offre une grande flexibilité pour l'usinage de pièces complexes.
- Précision : La tête universelle est conçue pour assurer une grande précision d'orientation et de positionnement de l'outil de coupe.
- Polyvalence : La tête universelle permet d'effectuer une grande variété d'opérations d'usinage, ce qui rend la fraiseuse plus polyvalente.
- Gain de temps : La tête universelle permet de réaliser des opérations d'usinage complexes sans avoir à changer de configuration de la machine, ce qui permet de gagner du temps.

II.4.3.2 Types de têtes universelles

Il existe différents types de têtes universelles, classés selon leur mode de fixation et de réglage :

- Têtes universelles simples : Ces têtes permettent d'incliner et de pivoter la broche sur un seul axe.
- Têtes universelles composées : Ces têtes permettent d'incliner et de pivoter la broche sur deux axes, offrant ainsi une plus grande flexibilité.

- Têtes universelles à cardan : Ces têtes permettent d'orienter la broche dans n'importe quelle direction, offrant une flexibilité maximale

II.4.4 Les transmissions (construction des BV et BA)

La transmission d'une fraiseuse est un système mécanique qui permet de transmettre la puissance du moteur à la broche, en assurant une variation de vitesse et de couple en fonction des besoins de l'usinage. La transmission se compose généralement d'un ensemble de composants, tels que des engrenages, des courroies, des arbres et des embrayages, qui travaillent en synergie pour transférer le mouvement rotatif du moteur à la broche.

II.4.4.1 Types de transmissions

Il existe deux principaux types de transmissions dans les fraiseuses :

- **Transmissions par engrenages** : Ce type de transmission utilise des engrenages de différentes tailles et formes pour changer la vitesse et le couple de la broche. Les transmissions par engrenages sont robustes et fiables, mais elles peuvent être bruyantes et moins précises que les transmissions par courroie.
- **Transmissions par courroie** : Ce type de transmission utilise des courroies trapézoïdales ou crantées pour transmettre la puissance du moteur à la broche. Les transmissions par courroie sont plus silencieuses et plus précises que les transmissions par engrenages, mais elles peuvent être moins robustes et moins durables.

II.4.4.2 Composants d'une transmission

Les principaux composants d'une transmission de fraiseuse incluent :

- **Arbre d'entrée** : L'arbre d'entrée reçoit la puissance du moteur et la transmet aux autres composants de la transmission.
- **Boîte de vitesses** : La boîte de vitesses contient les engrenages ou les poulies qui permettent de changer la vitesse et le couple de la broche.
- **Arbre de sortie** : L'arbre de sortie transmet la puissance de la boîte de vitesses à la broche.
- **Embrayages** : Les embrayages permettent d'engager ou de désengager la puissance du moteur de la broche.
- **Différentiel** : Le différentiel permet aux roues d'une fraiseuse à portique de tourner à des vitesses différentes.

II.4.4.3 Fonctionnement d'une transmission

Le fonctionnement d'une transmission de fraiseuse varie en fonction du type de transmission utilisé.

- **Dans une transmission par engrenages**, le moteur fait tourner l'arbre d'entrée, qui entraîne les engrenages de la boîte de vitesses. Les engrenages changent la vitesse et le couple de la rotation, et la puissance est transmise à l'arbre de sortie, puis à la broche.

- **Dans une transmission par courroie**, le moteur fait tourner une poulie sur l'arbre d'entrée, qui entraîne une courroie reliée à une autre poulie sur l'arbre de sortie. La tension et la position de la courroie déterminent la vitesse et le couple de la broche.

II.4.5 Les guidages

Les guidages d'une fraiseuse sont des systèmes linéaires qui permettent le déplacement précis de la table, du chariot ou de la tête de la machine. Ils assurent un mouvement fluide et régulier des composants mobiles de la fraiseuse, ce qui est essentiel pour obtenir des coupes précises et des finitions de surface de qualité.

II.4.5.1 Types de guidages

Il existe deux principaux types de guidages utilisés dans les fraiseuses :

- **Guidages à glissières** : Ce type de guidage utilise des glissières plates et des patins rectifiés pour le déplacement des composants mobiles. Les guidages à glissières sont robustes et précis, mais ils peuvent nécessiter une lubrification régulière.
- **Guidages hydrostatiques** : Ce type de guidage utilise un film d'huile sous haute pression pour créer un coussin d'air entre les surfaces de guidage, ce qui permet un mouvement sans frottement et très précis. Les guidages hydrostatiques sont très précis et ne nécessitent pas de lubrification, mais ils peuvent être plus coûteux et plus complexes à mettre en œuvre.

II.4.5.2 Matériaux des guidages

Les matériaux des guidages de fraiseuse doivent être durs, résistants à l'usure et avoir de bonnes propriétés de glissement. Les matériaux couramment utilisés incluent:

- **Fonte** : La fonte est un matériau traditionnel utilisé pour les guidages de fraiseuse. Elle est peu coûteuse et robuste, mais elle peut être moins précise que d'autres matériaux.
- **Acier** : L'acier est un matériau plus rigide et plus précis que la fonte, mais il est également plus coûteux.
- **Granite** : Le granite est un matériau très rigide et précis qui offre une excellente capacité d'amortissement des vibrations. Il est souvent utilisé dans les fraiseuses de haute précision.

CHAPITRE III

APERCU GENERAL DE LA MAINTENANCE

III.1 Introduction

La maintenance est l'une des contraintes auxquelles est confronté tout exploitant d'une installation industrielle. En général, une installation de production qui nécessite une combinaison de moyens matériels et humains n'est en mesure de fournir le service qui lui est demandé qu'après avoir surmonté diverses contraintes, dont la maintenance des équipements de production utilisés. La construction d'une usine ou d'un atelier est inutile en l'absence d'une grosse production, de personnel qualifié, ou d'un système d'organisation permettant la maintenance des installations.

La maintenance joue un rôle de plus en plus important dans la productivité des entreprises. Le seul but de la maintenance n'est plus d'assurer le bon fonctionnement.

La maintenance préventive est l'une des stratégies de maintenance les plus fréquemment utilisées, car la planification et l'organisation des interventions sont essentielles pour garantir la disponibilité et le bon fonctionnement des équipements. C'est pourquoi nous allons introduire la définition de la maintenance industrielle et les stratégies de base utilisées dans ce chapitre [25].

III.2 Histoire de la maintenance industrielle

Depuis la révolution industrielle, de nombreux changements ont eu lieu dans l'industrie manufacturière, mais les changements les plus spectaculaires se sont produits au cours des cinquante dernières années. Ces changements ont affecté les méthodes de maintenance des installations industrielles. Avant la Seconde Guerre mondiale, les machines étaient généralement grandes, et robustes, et fonctionnaient relativement lentement, avec des systèmes de contrôle et des instruments de base. Étant donné que les exigences de production ne sont pas aussi strictes qu'aujourd'hui, les temps d'arrêt ne sont pas aussi sévères. Lorsque le temps d'arrêt se produisait, ils étaient pris en charge, mais en général, les machines étaient fiables. Dans certaines usines plus anciennes, les machines fabriquées à cette époque sont toujours aussi bonnes aujourd'hui qu'elles étaient fabriquées.

Après la guerre, la reconstruction de l'industrie a commencé. Un marché beaucoup plus compétitif s'est développé, obligeant les fabricants à augmenter leur production. La surcharge de travail des machines entraîne une augmentation des temps d'arrêt et une hausse des coûts de réparation des machines. Cette augmentation de la production a exigé de meilleures pratiques de maintenance, qui ont conduit au développement de la maintenance préventive.

Depuis les années 1980, les installations et les systèmes sont devenus encore plus complexes. Les exigences du marché concurrentiel et l'intolérance des temps d'arrêt ont augmenté, tandis que les coûts de maintenance ont augmenté. Outre les exigences de fiabilité accrue, une nouvelle sensibilisation aux processus de défaillance, l'amélioration des techniques de gestion et les nouvelles technologies ont permis de mieux comprendre la santé des machines et des composants. La compréhension du risque est devenue essentielle. Les questions d'environnement et de sécurité sont primordiales. De nouveaux concepts comme la

surveillance des conditions, la fabrication juste à temps, les normes de qualité, les systèmes experts et la maintenance centrée sur la fiabilité ont également fait leur apparition [26].

III.3. Stratégies de maintenance

Ensemble des décisions qui conduisent :

- À définir le portefeuille d'activités de la production de maintenance, c'est - à - dire, à décider des politiques de maintenance des équipements (méthodes correctives, préventives, à appliquer à chaque équipement) et, conjointement, à organiser structurellement le système de conduite et les ressources productives pour y parvenir dans le cadre de la mission impartie (objectifs techniques, économiques et humains) [26].
- Les stratégies de maintenance sont aussi variées que peuvent l'être les systèmes sur lesquels elles s'appliquent. Cependant, toutes visent le maintien du système dans un état de bon fonctionnement le plus longtemps possible ou la restauration la plus brève lors d'une défaillance [27].

III.4 Définitions et rôle de la maintenance

La maintenance regroupe les actions de dépannage, de réparation, de réglage, de révision, de contrôle et de vérification des équipements matériels (machines, véhicules, objets manufacturés, etc.) ou même immatériels (logiciels).

III.4.1 Définitions normatives

Une première définition normative de la maintenance fut donnée par l'AFNOR en 1994 (norme NFX 60- e.010), à savoir « l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé ». Depuis 2001, elle a été remplacée par une nouvelle définition, désormais européenne (NF EN 13306 X 60-319) : « Ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise ». Le dictionnaire Larousse définit la maintenance comme : « L'ensemble qui permet de maintenir ou de rétablir un système en état de fonctionnement » Le projet "CEN" (Comité Européen de Normalisation) la définit par : « L'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de gestion durant le cycle de vie d'un matériel, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise ». La fonction requise est ainsi définie par : « la fonction ou l'ensemble des fonctions d'un bien considéré comme nécessaire pour fournir un service déterminé » [28].

III.4.2 Objectifs de la fonction maintenance

Dans une entreprise, quel que soit son type et son secteur d'activité, le rôle de la fonction maintenance est donc d'assurer la disponibilité maximale et une meilleure performance du matériel, tout en respectant le budget alloué. Le service maintenance doit mettre en œuvre la politique de maintenance définie par la direction de l'entreprise, cette politique devant permettre d'atteindre le rendement maximal des systèmes de production. Un service de

maintenance peut également être amené à participer à des études d'amélioration du processus industriel, et doit, comme d'autres services de l'entreprise, prendre en considération de nombreuses contraintes comme la qualité, la sécurité, l'environnement, le coût, etc.

Le service maintenance doit mettre en œuvre la politique de maintenance formulée par la direction de l'entreprise, qui doit maximiser l'efficacité du système de production. Le service maintenance peut également être amené à participer à des recherches pour améliorer les procédés industriels, et doit prendre en compte la qualité, la sécurité, l'environnement et bien d'autres contraintes, coûts, etc., comme les autres services de l'entreprise.

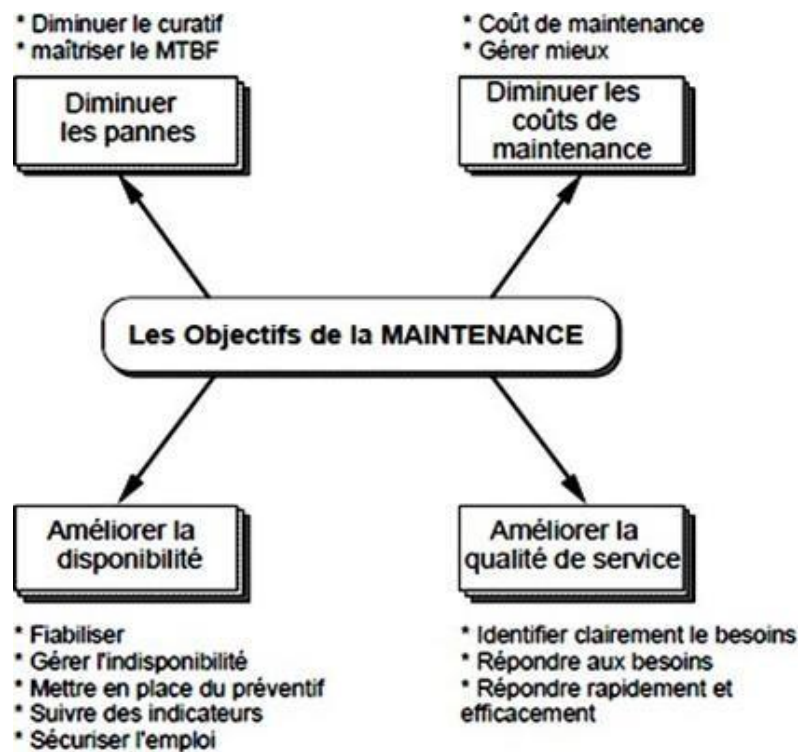


Figure III.1. Objectifs de la maintenance.

III.5 L'importance de la maintenance

La maintenance est importante pour l'industrie, surtout lors de l'occurrence des pannes provoquant des arrêts non planifiés [29].

Toute interruption au cours du fonctionnement peut avoir des conséquences telles que :

- Augmentation du coût de productions ;
- Diminution de la marge du profit ;
- Rupture du stock ;
- Retard des livraisons ;
- Ajout des heures supplémentaires ;
- Absence des sécurités des opérateurs.

Pour surmonter ces conséquences, on doit prévoir des entretiens bien planifier avant l'occurrence des pannes. Pour ce faire, la partie suivante comprend des stratégies de maintenances.

III.6 Types de maintenance

Le choix de la politique de maintenance doit s'appuyer sur des recherches techniques et économiques

En termes simples, il s'agit de la relation entre les coûts de maintenance et les coûts non liés à la maintenance.

Les opérations de maintenance nécessitent des coûts (temps passé, pièces de rechange, matériaux utilisés, perte de production. En revanche, lorsqu'il s'agit d'équipements critiques, la non maintenance ou les arrêts imprévus peuvent avoir des conséquences graves.

Au total, par exemple, s'agissant de la température de l'eau d'un réacteur ou d'un percolateur de centrale nucléaire, nous ne maintiendrons pas la réglementation de la même manière. La figure ci-dessous résume les différentes stratégies de maintenance et les situe les unes par rapport aux autres [30].

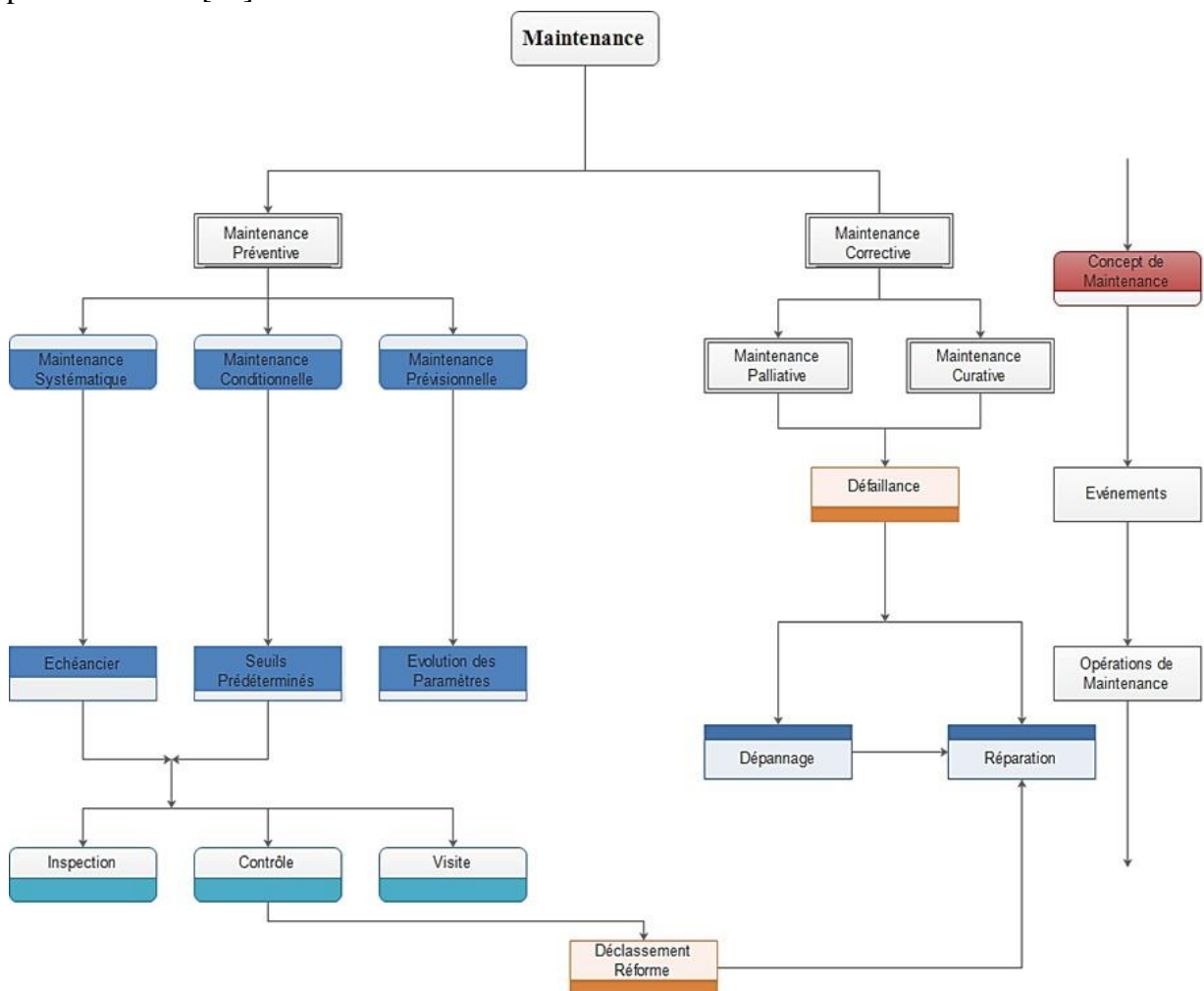


Figure III.2. Diagramme des méthodes de maintenance [30].

III.6.1. Maintenance corrective

La maintenance corrective regroupe l'ensemble des activités réalisées après la défaillance (totale ou partielle) d'un bien, ou la dégradation de sa fonction, pour lui permettre d'accomplir une fonction requise, au moins provisoirement.

La maintenance corrective peut être :

- Palliative.
- Curative [31].

III.6.1.1. Maintenance palliative

La maintenance palliative regroupe les activités de maintenance corrective destinée à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou une partie d'une fonction requise. Ces activités du type dépannage qui présentent un caractère provisoire devront être suivies d'activités curatives [30].

III.6.1.2. Maintenance curative

La maintenance 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. Ces activités du type réparation, modification ou amélioration doivent présenter un caractère permanent [30].

III.6.2. Maintenance préventive

La maintenance préventive est définie comme étant l'ensemble des contrôles périodiques des installations, mis en œuvre pour découvrir des états pouvant entraîner la panne ou la baisse des performances et des remises en état avant même que les incidents ne se déclarent [31]. La maintenance préventive comprend trois types :

III.6.2.1. Maintenance systématique

Lorsque la maintenance préventive est réalisée à des intervalles prédéterminés, on parle de maintenance systématique. L'opération de maintenance est effectuée conformément à un échéancier, un calendrier déterminé a priori (Figure III.3). Aucune intervention ne peut avoir lieu avant l'échéance prédéterminée [32]. L'optimisation d'une maintenance préventive systématique consiste à déterminer au mieux la périodicité des opérations de maintenance sur la base du temps, du nombre de cycles de fonctionnement, d'un nombre de pièces produites...etc.

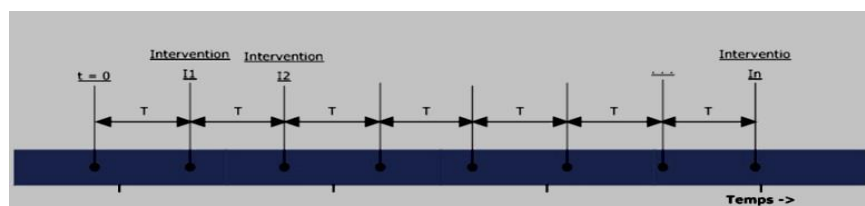


Figure III.3 Intervention préventive systématique

T : période d'intervention à intervalles constants.

In : intervention préventive systématique.

III.6.2.2. Maintenance préventive prévisionnelle

Cette maintenance est subordonnée à l'analyse de l'évolution surveillée d'un paramètre significatif de la dégradation du bien, permettant le report et la planification des interventions. La maintenance prévisionnelle permet d'utiliser l'équipement à sa pleine capacité, améliore la surveillance et augmente la sécurité.

En revanche, la mesure d'un paramètre important en fonctionnement continu n'est pas toujours possible, et le coût des équipements de mesure peut être élevé. Dans ces circonstances, ce type de maintenance sera réservé aux équipements critiques et aux équipements dont les pannes sont fréquentes et coûteuses [33].

III.6.2.3. Maintenance préventive conditionnelle

D'après la définition Afnor, il s'agit de la « maintenance subordonnée à un type d'événement prédéterminé (autodiagnostic, information d'un capteur, mesure...) ». La maintenance conditionnelle permet une surveillance continue des équipements en service, avec des décisions d'intervention prises lors qu'une preuve expérimentale d'un défaut imminent ou d'un seuil de dégradation prédéterminé est détectée.

Il s'agit de types de défauts spécifiques, tels que les défaillances qui surviennent progressivement ou par dérive.

L'étude des dérives dans le cadre des interventions de maintenance préventive permet de déceler les seuils d'alerte, tant dans les technologies relevant de la mécanique que celles de l'électronique [33].

III.7. Objectives visés par la maintenance préventive

Types d'objectifs durant la maintenance préventive :

- **Améliorer la fiabilité du matériel** : La mise en œuvre de la maintenance préventive nécessite les analyses techniques du comportement du matériel. Cela permet à la fois de pratiquer une maintenance préventive optimale et de supprimer complètement certaines défaillances.
- **Garantir la qualité des produits** : La surveillance quotidienne des machines est pratiquée pour détecter les symptômes de défaillance et veiller à ce que les paramètres de réglages et de fonctionnement soient respectés. Le contrôle des jeux (vibrations) et de la géométrie de la machine permet d'éviter les aléas de fonctionnement. L'absence de rebuts garantit l'ainsi la qualité des produits.
- **Améliorer l'ordonancement des travaux** : La planification des interventions de la maintenance préventive, correspondant au planning d'arrêt machine, devra être validée par le service production. Cela implique la collaboration de ce service, afin de faciliter la tâche de la maintenance. Les techniciens de maintenance sont fréquemment insatisfaits

lorsque le responsable de production refuse d'autoriser l'arrêt de l'installation, malgré le fait qu'il a reçu un ordre de travail pour l'intervention. Un arrêt bien coordonné suit un calendrier prédéterminé, en tenant compte des impossibilités en fonction des besoins de production.

- **Assurer les sécurités humaines** : La préparation des interventions de maintenance préventive ne consiste pas seulement à respecter le planning, mais elle doit tenir compte aussi des critères de sécurité pour éviter les imprévus dangereux.
- **Améliorer la gestion de stock** : La maintenance préventive est planifiable. Elle maîtrise les échéances de remplacement des organes ou pièces, ce qui facilite la tâche de gestion des stocks. Cela permet aussi d'éviter de mettre en stock certaines pièces et ne les commander qu'en cas de besoin [33].

III.8. Les missions de la maintenance

La maintenance a pour mission les différentes tâches suivantes [34]:

- La participation à la sélection et l'achat des équipements ;
- La réception des équipements ;
- La définition du programme de maintenance préventive et les moyens associés ;
- L'exécution des travaux de maintenance préventive et corrective ;
- La réalisation des modifications ;
- L'analyse des causes de défaillances ;
- La gestion du stock des pièces de rechange, de consommables et d'outillage ;
- La gestion des moyens humains ;
- L'analyse et l'optimisation des coûts de maintenance ;
- La définition des critères de remplacement des équipements.

III.9. Structure du bureau de maintenance

Il s'agit d'une représentation schématique de la structure d'une entreprise (d'un service) mettant en évidence les domaines de responsabilité de chaque élément composant [35].

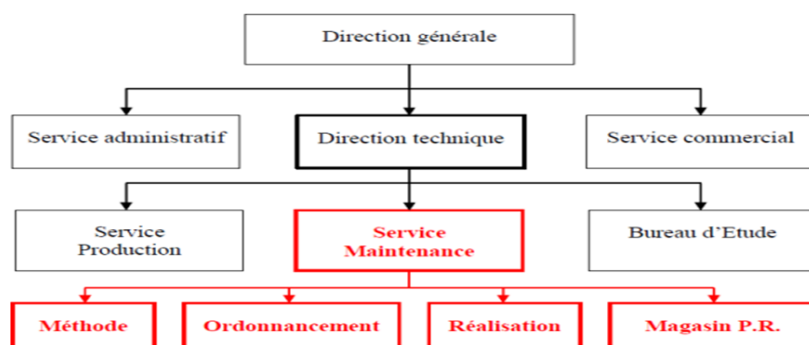


Figure III.4 Structure du service maintenance

III.9.1 Bureau de méthode

C'est la fonction qui permet la préparation des travaux de maintenance. Elle comprend :

- L'analyse et/ou les études des travaux à effectuer y compris les améliorations possibles (plans de graissage, de maintenance préventive, etc...),
- La synthèse de cette analyse, c'est à dire la préparation des interventions,
- Le contrôle de la réalisation sachant que la réalisation est confiée à une équipe « terrain »,
- La mise à jour des dossiers techniques et des normes,
- La gestion économique de l'activité maintenance,
- L'assistance technique [35].

III.9.2. Bureau d'ordonnement

Elle permet l'intervention optimale, à l'heure H et avec tous les moyens nécessaires : personnel, outillage, préparation, dossier technique, consignes de sécurité, moyens spéciaux (appareils de levage, échafaudage, etc...), pièces de rechange. Elle permet également :

- De faire la comparaison entre les besoins et les moyens,
- De prendre en compte les délais d'approvisionnement et de mise à disposition (pièces de rechange, outillages spéciaux, etc...)
- De prendre en compte les servitudes (arrêt de fabrication, sécurité, etc...),
- De prendre en compte les capacités de charge du personnel de maintenance et donc de faire appel à la sous-traitance si nécessaire [35].

III.9.3. Bureau de réalisation

Elle correspond au court terme et concerne tout le personnel opérationnel de maintenance. Des équipes polyvalentes (EP) sont attachées à un équipement dont elles ont une parfaite connaissance ; elles sont sous la responsabilité du responsable maintenance pour les raisons suivantes :

- Coordination des travaux,
- Cohérence de la politique maintenance, suivi centralisé du matériel,
- Procédures standardisées permettant la circulation de l'information,
- Echanges inter-équipes facilités.

Aussi, elles sont pluri techniques et de composition adaptée au matériel. Par exemple, un chef d'équipe, un électricien, un mécanicien, un hydraulicien et un tuyauteur. La dualité « service électricité » - « service mécanique », comme on la rencontre encore trop souvent, est totalement inadaptée à des équipements pluri techniques. Elle pose également des problèmes de responsabilité et de coordination [35].

III.9.4. Magasin pièces de rechange :

La localisation du « magasin de maintenance », comprenant les stocks de consommables et de pièces de rechange est discutée.

Va-t-il mieux intégrer ce magasin à un magasin général de l'entreprise, et donc centraliser en augmentant les distances aux lieux d'intervention ?

Ou est-il préférable de multiplier des dépôts à proximité des antennes associés à un magasin spécifique implanté dans l'atelier central de maintenance ?

Dans le passé on centralisait les achats et le magasin sous une direction logistique, et on retrouve toujours cette structure dans les grandes entreprises. Dans les PME plus ou moins importantes on place les stocks et parfois les achats sous l'autorité de la direction technique où direction de production. Cela limite les inconvénients du cloisonnement interservices et permet de mieux appréhender une gestion en flux tendu [35].

III.10. Opérations de la maintenance

Il existe des définitions normatives pour les différentes opérations de maintenance.

III.10.1. Opérations de la maintenance corrective

Après une panne, le technicien de maintenance doit effectuer un certain nombre d'opérations, qui sont définies comme suit. Ces opérations sont effectuées par étapes (dans l'ordre) :

- Test : la comparaison entre la valeur mesurée et la valeur de référence ;
- L'action de détecter ou de détecter l'apparition du défaut ;
- Localisation ou action pour rechercher avec précision les éléments manifestés par la faute elle-même ;
- Diagnostiquer ou identifier et analyser la cause de l'échec ;
- Dépannage, réparation ou révision (avec ou sans modification) ;
- Vérifier si l'opération est correcte après l'intervention ;
- Améliorations possibles : c'est-à-dire pour éviter que l'échec ne se reproduise ;
- Historique des interventions ou stockage pour une utilisation ultérieure.

III.10.2. Opérations de la maintenance préventive

- Inspection : contrôle de conformité en mesurant, observant, testant ou étalonnant des caractéristiques importantes de l'active ; cela permet d'identifier les anomalies et d'effectuer des réglages simples qui ne nécessitent pas d'outils spécifiques, ou d'arrêter la production ou l'équipement (sans démontage).
- Contrôle : vérifiez si cela correspond aux données préétablies, puis prenez une décision. Ces inspections peuvent donner lieu à des mesures de maintenance corrective, voire à l'ensemble (visites générales) ou à une partie (visite limitées) des différentes composantes du bien, pouvant impliquer des opérations de maintenance primaire et secondaire ; elle peut également entraîner une maintenance corrective.
- Test : comparez la réponse du système au système de référence ou aux principaux phénomènes physiques de marche correcte.
- Echange standard : remplacement d'une pièce ou d'un sous-ensemble défectueux par une pièce identique, neuve ou remise en état préalable, conformément aux prescriptions du constructeur.
- Révision : un ensemble complet d'examen et de mesures prises pour assurer la disponibilité et la sécurité des actifs.

Les révisions sont généralement effectuées après un intervalle de temps spécifique ou un certain nombre d'opérations.

La modification nécessitant le démantèlement complet ou partiel du bien de la propriété, les termes révision et surveillance ne doivent pas être utilisés de manière interchangeable. La révision est une opération de maintenance de niveau 4.

Les trois premières opérations sont encore appelées « opérations de surveillance », ils représentent parfaitement l'étape d'apprentissage, indispensable pour maîtriser l'évolution de l'état réel de la marchandise. En conséquence, nous avons accepté de payer le prix avant de le savoir ce que c'est. Ils sont calculés dans le temps ou à l'aide de numéros d'unité et peuvent être exécutés en continu ou à intervalles prédéterminés [27].

III.11. Organisation de la maintenance

La maintenance est caractérisée par une très grande variabilité des tâches, en natures comme en durées. D'où l'utilité de jeter les bases de son organisation à partir d'une mise en familles à cinq niveaux (tableau 1.1), suivant la norme AFNOR X 60-000 [31].

Tableau III.1. Les cinq niveaux de maintenance [31].

Niveau	Personnel d'intervention	Nature de l'intervention	Moyens requis
1	Exploitant, surplace.	Réglage simple d'organes accessibles sans aucun démontage, ou échanges d'éléments accessibles en dans les Consignes de toute sécurité conduite.	Outillage léger défini dans les consignes de conduite.
2	Technicien habilité (dépanneur) sur place.	Dépannage par échange standard d'éléments prévus à cet effet, ou opérations mineures de maintenance préventive.	Outillage standard et rechanges situés à proximité.
3	Technicien spécialisé, sur place ou en atelier de maintenance.	Identification et diagnostics de pannes, réparations par échange de composants fonctionnels, réparations Mécaniques mineures.	Outillage prévu plus appareils de mesure, banc d'essai, de contrôle.
4	Équipe encadrée par un technicien spécialisé, en atelier central.	- Travaux importants de maintenance corrective ou préventive. - Révisions	Outillage general et spécialisé

5	Équipe complète polyvalente, en atelier central	Travaux de rénovation, de reconstruction, réparations importantes confiées à un atelier central Souvent externalisés	Moyens proches de ceux de la fabrication par le constructeur
---	---	--	--

III.12. Documentation en maintenance

Une bonne connaissance du matériel passe par une documentation suffisamment exhaustive pour prendre en compte tous les équipements nécessitant un suivi, une politique de maintenance et/ou un stockage de pièces de rechange. On dira même que la documentation est un des piliers de la fonction maintenance et est indispensable à celle-ci afin qu'elle puisse accomplir sa mission le mieux possible. On ne conçoit pas en effet un technicien dépannant un téléviseur sans schéma, sauf à retrouver celui-ci progressivement en observant le circuit imprimé ! Mais si c'était le cas, quelle serait la durée d'immobilisation du téléviseur ? Le client aurait le temps d'être mécontent ! La fonction maintenance exige la circulation appropriée des informations entre les différents nœuds de son organisation interne. La documentation intervient donc à tous les niveaux du service maintenance :

- Dossiers techniques pour la préparation d'interventions plus efficaces et plus sûres,
- Modes opératoires pour les interventions proprement dites,
- Dossiers historiques pour la politique de maintenance à mettre en place (traçabilité des interventions et analyse du comportement des équipements),
- Catalogues constructeurs pour la gestion du stock maintenance, La structure générale de la documentation d'un service maintenance.

Cette documentation se décompose en deux grandes parties : la documentation générale et la documentation stratégique. [36]

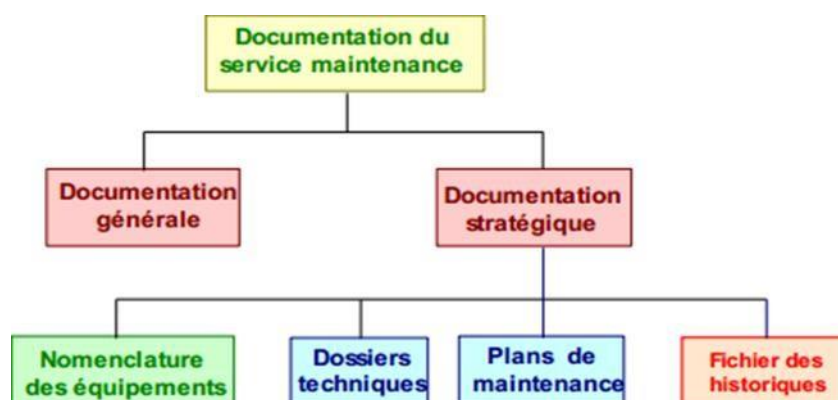


Figure III.5. Structure de la documentation du service maintenance.

III.12.1. Documentation générale

Le service se doit de se doter d'un service de documentation générale, mis à jour régulièrement. Celle-ci comprend tous les documents techniques qui ne sont pas affectés à des

matériels particuliers, mais qui sont nécessaires aux maintenanciers pour répondre à des questions techniques plus générales. Elle contient en particulier :

- Tous les ouvrages de technique fondamentale (mécanique, électricité, hydraulique, pneumatique, thermique) où l'on trouvera les formulaires et abaques nécessaires au dimensionnement rapide d'éléments techniques ou de composants,
- Des ouvrages plus spécialisés, destinés à des lecteurs plus avertis, et très utiles lorsqu'on veut conduire une étude d'amélioration et de fiabilisation d'un équipement.

D'autre part, ce service doit être abonné à :

- Toutes les revues techniques et articles de conférences permettant d'effectuer une « veille technologique » (par exemple « Maintenance et entreprise », « Production Maintenance, « Usine Nouvelle », « Mesures », « Contrôle », etc....),
- Toutes les normes (internationales si possible, nationales) et conventions ou « habitudes » d'entreprise (par exemple « normes ISO », « normes AFNOR »).
- Les catalogues de fournisseurs. [36]

III.12.2. Documentation stratégique

Elle se décompose en quatre grandes parties : [36]

- La nomenclature des équipements ou inventaire du parc matériel,
- Le dossier technique des équipements (DTE),
- Le plan de maintenance des équipements,
- Le fichier des historiques.

Rappelons en effet que mettre en place un système qualité, et en ayant en tête la roue de Deming (PDCA), c'est :

- Ecrire ce que l'on va faire (définition des procédures : préparation = Plan),
- Faire ce que l'on a écrit (intervention maintenance = Do),
- Ecrire ce que l'on a fait (traçabilité) et analyser le retour d'expérience = Check
- Acter, c'est-à-dire standardiser = Act et améliorer.

III.13. Conclusion

La maintenance des machines mécaniques est un élément essentiel du processus d'exploitation et du maintien des performances des machines à haut rendement. Des technologies et des outils appropriés devraient également être utilisés pour effectuer efficacement la maintenance conformément aux normes professionnelles.

Il convient de noter que la maintenance des machines mécaniques dépend du modèle de la machine et des besoins d'exploitation individuels, et doit être manipulée avec soin et professionnalisme en fonction des exigences spécifiques de chaque cas.

CHAPITRE IV

LA RENOVATION D'UNE FRAISEUSE

IV.1 Présentation de la machine

La machine est une fraiseuse universelle - Heckert wmw (FUW 315) C'est une machine semi- automatique. Les machines sont dites semi-automatiques lorsque les opérations successives du cycle complet nécessitent l'intervention de l'opérateur, à l'exclusion de toute manipulation. Les vitesses et les avances sont commandées par des variateurs électriques.

La fraiseuse Heckert wmw (FUW 315) usine des pièces en métaux ferreux et non ferreux (aluminium, plomb, cuivre, zinc, étain et leurs alliages.....etc.). La fraiseuse Heckert wmw (FUW 315) est adaptée au traitement d'échantillons de différentes formes (complexe, cylindriques, rectangulaires.....etc) et de différentes dimensions.



Figure IV.1 Présentation de la machine

IV.2 Caractéristiques techniques

- **Courses des tables :**
 - Course X : 500 mm
 - Course Y : 400 mm
 - Course Z : 400 mm
- **Dimensions des tables**
 - Table X: 400 x 800 mm
 - Nombre de rainures de fixation : 8 rainures
 - Taille de la rainure
- **La Broche**
 - Cône : ISA 40
 - Puissance : 4.6 KW
 - Vitesse de rotation de la broche : 35 - 1800 tours/ minute réglable
 - La broche peut être utilisée en configuration verticale et horizontale

- **Autres spécifications**

- Poids : 1,8 tonnes
- Envergure : 1,8 x 2,2 x 1,8 m
- Puissance nominale totale : 7,4 kW

- **Accessoires**

- Diviseur universel
- Lyre + engrenages
- Plateau circulaire

FUW 200/I, FUW 250/IV, FUW 315/III				1-5			
Equipement électrique		Abbréviations de la machine	FUW 200/I	FUW 250/IV	FUW 315/III		
Paramètres techniques							
Conditions de connexion	Puissance connectée de la machine (au total)	kW	3,2	7,0	7,4		
	Tension du secteur	V~	380	380	380		
	Fréquence de régime	Hz	50	50	50		
Moteurs d'entraînement	Type du courant		3N~	3~	3~		
	Puissance	kW	2,0	4,6	4,6		
	Couple	Nm	6,86	15,69	15,69		
Moteurs d'avance	Tension maximale	V-	270	270	270		
	Vitesse	t/mn	290	2900	2900		
	Puissance	kW	0,4	0,56	0,8		
Pompe	Couple	Nm	2,55	2,76	2,67		
	Tension maximale	V-	90	270	270		
	Vitesse maximale	t/mn	2700	3000	2850		
Lampe de machine	Puissance	kW	0,20	0,20	0,20		
	Tension	V~	380	380	380		
	Vitesse	t/mn	2880	2880	2880		
Tension			V-	24	24		
Poids, dimensions principales, encombrement							
			FUW 200/I	FUW 250/IV	FUW 315/III		
Poids	Machine (net)	kg	1150	1450	1800		
Dimensions principales	Largeur	mm	1300	1375	1650		
	Longueur	mm	1435	1885	1750		
	Hauteur	mm	1725	1600	1900		
Encombrement	Largeur	mm	2500	2650	2850		
	Longueur	mm	1800	2300	2200		
	Hauteur	mm	2100	2200	2300		
Encombrement de table		mm	300 x 500	350 x 630	400 x 710		
Table	Nombre des rainures de serrage		6	7	8		
	Largeur des rainures de serrage	mm	14 ^{H7}	14 ^{H7}	14 ^{H7}		
	Ecartement des rainures de serrage	mm	45	45	45		
	Déplacement longitudinal	avance manuelle/ mécanique	mm	320	400 / 395	500 / 485	
Courses du déplacement	Déplacement transversal	mm	180	220	420		
	Déplacement vertical	avance manuelle/ mécanique	mm	380 / 350	400 / 320	430 / 330	
	Déplacement manuel du chariot du bras support	mm	440	480	440		
Distances	Distance entre centre de la broche horizontale et bord supérieur de la table maximale/minimale	mm	453 / 73	430 / 38	470 / 40		
	Distance entre centre de la broche horizontale et bord inférieur du chariot du bras support	mm	50	65	69		
Broche porte-fraise	Nombre des broches		1	1	1		
	Porte-outil	cône ISA	40	40	40		
	Diamètre de serrage de la pince (dans le mandrin à pince)	∅ mm	26	26	26		
	Diamètre de l'arbre porte-fraise	∅ mm	27	27	27		
	Outils en douilles de réduction jusqu'à	cône Morse	4	4	4		
	Diamètre du tourteau jusqu'à	mm	100	125	125		
Vitesse de broche	continuellement réglable	mm ⁻¹	45-2240	45-2240	35-1800		
	Avance longitudinale	mm/mn	6,3-410	6,3-1250	6,3-1250		
Avances	Avance transversale	continuellement réglable	mm/mn	6,3-410	6,3-1250	6,3-1250	
	Avance verticale	mm/mn	6,3-410	6,3-1250	3,15-625		
	Marche rapide	mm/mn	410	1250	1250 ou 625		

Figure IV.2 Caractéristiques techniques.

IV.3. Chaîne cinématique de la machine

Dans le fraisage, l'usinage est obtenu par la conjonction de deux mouvements un mouvement principal de rotation communiqué à la fraise et un mouvement de déplacement appelé avance communiqué à la pièce. Dans le cas général les fraiseuses fonctionnent selon la chaîne cinématique de la figure

Un moteur électrique principal génère le mouvement de rotation principal (le mouvement de coupe). Les fréquences de rotation sont installées grâce à une boîte de vitesse et communiqués à la broche qui porte à son extrémité l'outil de coupe (la fraise). Un deuxième moteur électrique génère le mouvement de déplacement. Les avances sont installées grâce à une boîte de vitesse des avances et communiqués aux tables qui supportent la pièce usinée.

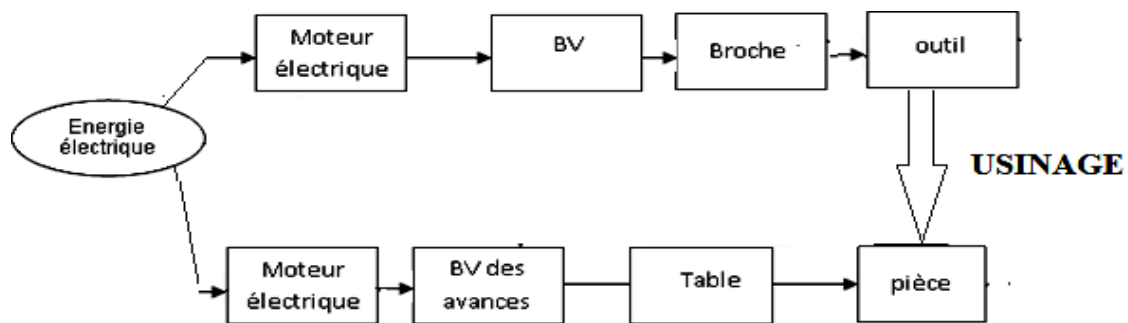


Figure IV.3 Chaîne cinématique d'une fraiseuse.

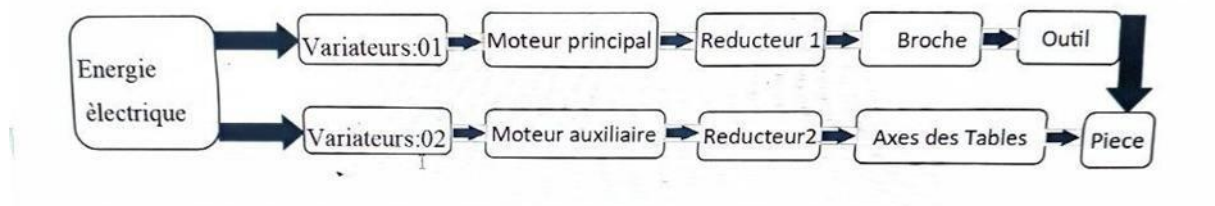


Figure IV.4. Chaîne cinématique de la fraiseuse FUW 315

IV.4. Plan de maintenance

Pour aborder le problème de la rénovation de la fraiseuse FUW 315 nous avons opéré suivant les étapes indiquées ci-dessous :

- 1- Identification la partie défectueuse à travers un diagnostic général de la machine,
- 2- Procéder au démontage des ensembles et sous-ensembles concernées par la panne.
- 3- Analyse de toutes les possibilités de résolution.
- 4- Engager la réparation proprement dite.
- 5- Remontage de la machine.
- 6- Faire les essais de mise en marche durant une période pour s'assurer de l'aboutissement de toute la procédure.

A- Diagnostic :

1. Diagnostic visuel :

Après avoir effectué un examen préliminaire de la machine à l'arrêt, nous avons constaté qu'elle se trouve et dans un mauvais état, les figures ci-après résument son état :



Figure IV.5. État initial de la machine

2. Mesures des paramètres nominales

Pour s'assurer des paramètres de la machine, nous avons procédé à la mesure par multimètre des valeurs de tension, de courant et l'état d'excitation au niveau des bobines au niveau des armoires de commande, nous avons procédé comme suit :

- Alimentation de la machine avec le courant électrique
- Contrôle de l'existence du courant au niveau des moteurs à l'aide d'un multimètre
- Contrôle de la continuité des câbles de connexion (présence de courant dans les câbles)
- Contrôle de l'état de fonctionnement des contacteurs, les relais, fusibles et les deux variateurs de vitesse.
- Contrôle des contacts auxiliaires de commande.

3. Vérification du fonctionnement

Après avoir examiné les armoires nous avons tenté de faire fonctionner la machine, elle n'a pas répondu.

Cette machine est équipée de deux variateurs qui contrôlent deux moteurs distincts ; moteur principal de la broche et le moteur auxiliaire de la table.

Après examen du variateur relatif au moteur auxiliaire, nous avons constaté que les fusibles sont rompus. Pourtant nous avons remplacé ces fusibles, le variateur ne répond pas.

- **Verdict :** Le variateur du moteur auxiliaire soit il est grillé ou il est dépendant du variateur principal.

Nous avons procédé donc à l'examinant du variateur principal.

Notre constat est que les fusibles sont rompus, nous-les avons changés donc. Cependant, lors du test, un choc électrique s'est produit au niveau du variateur principal.

Après vérification et remplacement des fusibles rompus, le variateur ne démarre pas toujours.



Figure IV.6. Vérification des Armoires électriques

3.1 Vérification des contacteurs :

L'examen des contacteurs révèle qu'auxiliaire de commande ne fonctions pas. il est démonté et réparé.



Figure IV.7. Le contacteur avec auxiliaire de commande

3.2 Examen de la boîte de commande

L'examen des boutons de commande de la machine a révélé qu'ils ne fonctionnaient pas correctement. Malgré les avoir remplacé, nous avons constaté que le court-circuit persistait, et la machine n'a pas répondu encore.



Figure IV.8. Boîte de commande en vue de face et arrière ouverte

4. Examen de la plaque électronique des variateurs de vitesse :

Comme cité auparavant, la machine est équipée à deux variateurs ; le premier contrôle le moteur de la broche et le deuxième contrôle le moteur de la table.

Après vérification des variateurs, nous avons constaté que les plaques électroniques sont altérées. Nous avons alors procédé au contrôle du circuit imprimé de la carte électronique de la commande ce qui a permis de détecter une résistance et une diode défectueuses



Figure IV.9. Les cartes électroniques des variateurs de vitesse
Principal à gauche et auxiliaire à droite.

5. Vérification des Moteurs

Le test des deux moteurs, permet de constater que l'enroulement du stator du moteur de la broche est grillé, par contre le moteur de la table fonctionne correctement.



Figure IV.10. Moteurs de la table à gauche et le moteur de la broche à droite.

IV.5 Bilan général du diagnostic de la machine

Le diagnostic général à permis d'établir que :

- Le contacteur principal de la commande des variateurs est défectueux et ne permet pas le passage du courant à la bobine de commande
- Les variateurs auxiliaire relatif à la commande du moteur de la table et ainsi que le variateur principal relatif à la commande du moteur de la broche fonctionnent pas.
- Tous les fusibles, les relais statiques et thermiques et les potentiomètres sont grillés

Après ce constat général, trois solutions possibles sont à envisagées :

- Changer le moteur et le variateur principaux : adopter un kit de variateur et moteur en tenant compte que la puissance du moteur est de 4.6KW (330V/DC) .
- Réparer le variateur auxiliaire : il s'agit de réparer/changer tout ce qui est nécessaire au fonctionnement.
- Changer les moteurs et les variateurs auxiliaires

B- Intervention

1- Il est à rappeler que pendant l'examen préliminaire nous avons réparé ou remplacé les composants suivants ;

- Les fusibles
- Les contacteurs auxiliaires.
- Les boutons de commande.

2- Le contrôle la carte électronique du variateur auxiliaire, cela permis de détecter une résistance et une diode défectueuses

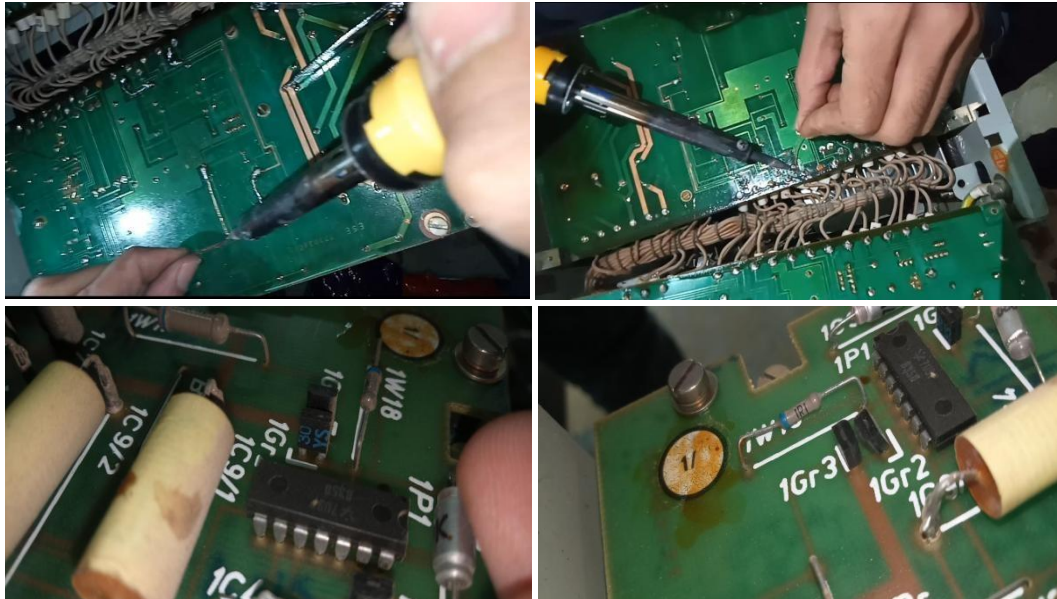


Figure IV.11. Circuit imprimé de la carte électronique du variateur auxiliaire

3- Remplacement du moteur et du variateur principal avec un nouveau kit.



Figure IV.12. Nouveaux moteur et variateur

Remarque :

Le nouveau moteur adopté nécessite quelques modifications au niveau du la flasque de support. Nous avons fabriqué un flasque en aluminium sur tour. Ce flasque permettra d'éviter toute vibration et assure un emplacement correct du moteur par rapport au réducteur.



Figure IV.13. Moteur et Flasque remplacés

C- Usinage

1. Dessin de définition du flasque usiné

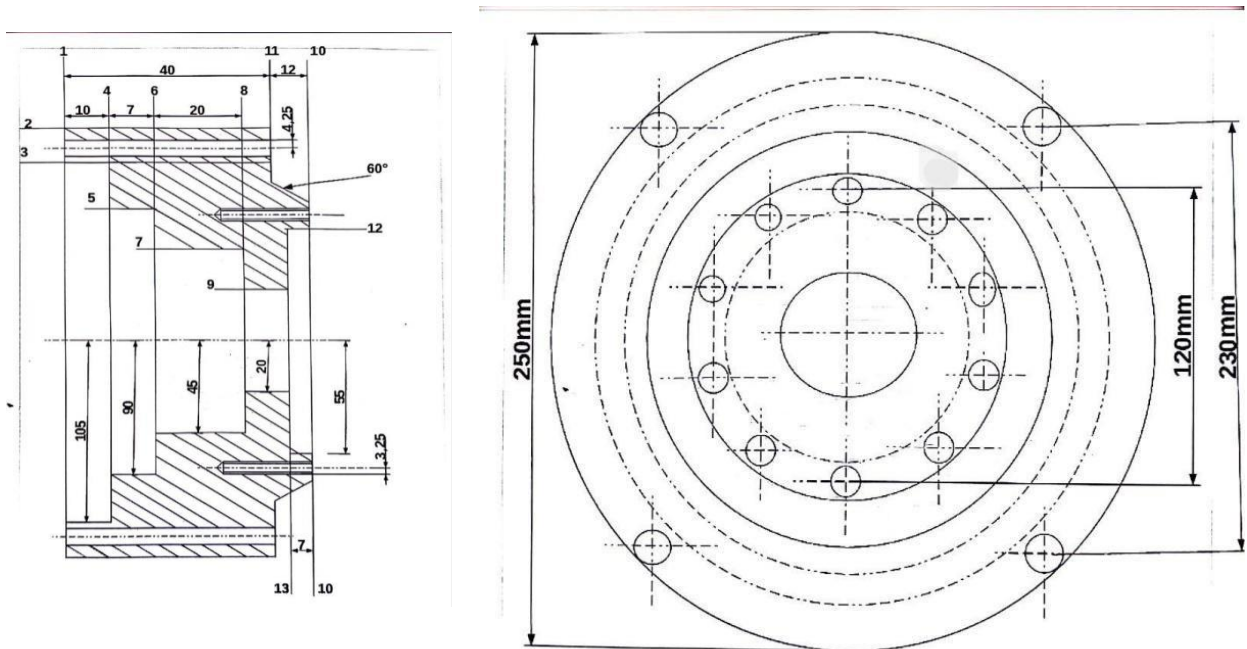


Figure IV.14. Dessin de définition du flasque modifié

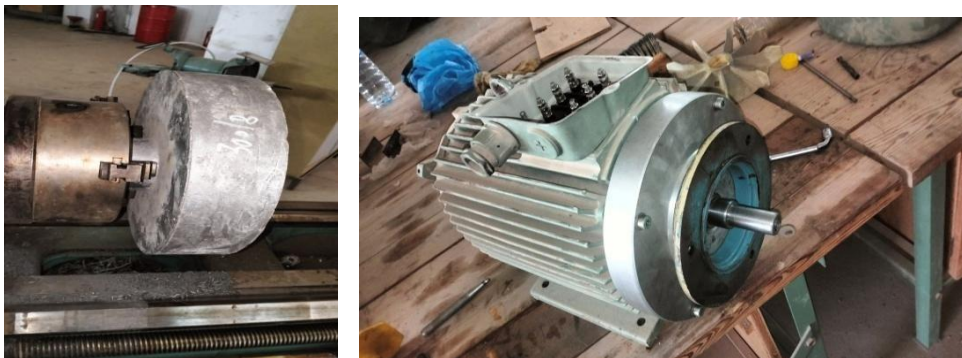
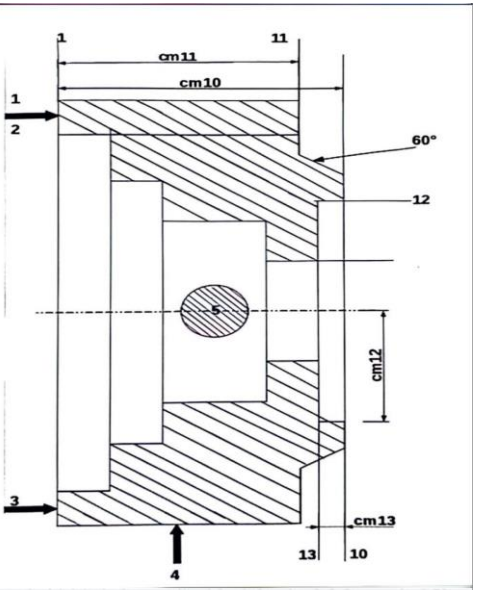
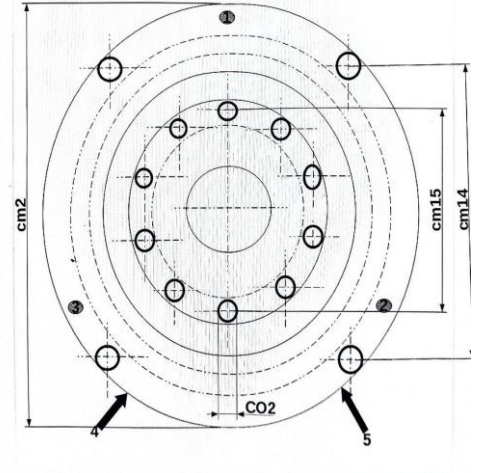


Figure IV.15. Brut pour le flasque modifié.

2. Gamme d'usinage du nouveau flasque

N°Phase	Designation	Machines	Appareils /outillages	Croquis																																								
100	Débitage: Découpage du brut dimensions	Scie mécanique	Lame de scie Pied à coulisse																																									
200	<p>Tournage : montage en l'air sur 3mors</p> <p>210: Dressage 1 Obtention $Cm_1 = 55^{+10}_0$ et 2 micron, $Ra = 3$</p> <table border="1" style="margin-left: 40px;"> <tr> <td>1</td> <td>//</td> <td>1.0</td> <td>10</td> </tr> </table> <p>220: Chariotage 2 Obtention $Cm_2 = 250^{+20}_{-10}$ et $Ra = 3,2$ micron</p> <table border="1" style="margin-left: 40px;"> <tr> <td>2</td> <td>⊥</td> <td>2.0</td> <td>1</td> </tr> </table> <p>230: Perçage débouchant 9 Obtention $Co_1 = 38$</p> <table border="1" style="margin-left: 40px;"> <tr> <td>2</td> <td>⊙</td> <td>2.0</td> <td>9</td> </tr> </table> <p>240: Alésage 3 Obtention $Cm_3 = 105^{+30}_{-35}$, $Cm_4 = 10$ et $Ra = 3,2$ micron</p> <table border="1" style="margin-left: 40px;"> <tr> <td>3</td> <td>//</td> <td>2.0</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>//</td> <td>2.0</td> <td>1</td> </tr> </table> <p>250: Alésage 5 Obtention $Cm_5 = 90^{+10}_0$ $Cm_6 = 7$ et $Ra = 3,2$ micron</p> <table border="1" style="margin-left: 40px;"> <tr> <td>5</td> <td>⊙</td> <td>2.0</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>//</td> <td>2.0</td> <td>4</td> </tr> </table> <p>260: Alésage 7 Obtention $Cm_7 = 45$, $Cm_8 = 20$ et $Ra = 3,2$ micron</p> <table border="1" style="margin-left: 40px;"> <tr> <td>7</td> <td>⊙</td> <td>2.0</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>//</td> <td>2.0</td> <td>6</td> </tr> </table> <p>270: Alésage 9 Obtention $Cm_9 = 20$</p> <table border="1" style="margin-left: 40px;"> <tr> <td>9</td> <td>⊙</td> <td>2.0</td> <td>7</td> </tr> </table>	1	//	1.0	10	2	⊥	2.0	1	2	⊙	2.0	9	3	//	2.0	2	4	//	2.0	1	5	⊙	2.0	3	6	//	2.0	4	7	⊙	2.0	5	8	//	2.0	6	9	⊙	2.0	7	Tour parallèle	Pied à coulisse Outil coudé 45° Outil couteau Outil à aléser 45° Foret $\varnothing = 8, .12, 20, 26, 38$	
1	//	1.0	10																																									
2	⊥	2.0	1																																									
2	⊙	2.0	9																																									
3	//	2.0	2																																									
4	//	2.0	1																																									
5	⊙	2.0	3																																									
6	//	2.0	4																																									
7	⊙	2.0	5																																									
8	//	2.0	6																																									
9	⊙	2.0	7																																									

300	<p>Tournage: montage en l'air sur 3mors</p> <p>310: Dressage 10 Obtention $Cm_{10} = 52^{+0}_{-10}$ et $Ra = 3,2$ micron</p> <table border="1" data-bbox="419 412 639 454"> <tr> <td>10</td> <td>//</td> <td>1.0</td> <td>1</td> </tr> </table> <p>320: Chariotage 7 Obtention $Cm_{11} = 40^{+50}_{+15}$ et $Ra = 3,2$ micron</p> <table border="1" data-bbox="403 562 639 604"> <tr> <td>11</td> <td>//</td> <td>2.0</td> <td>1/10</td> </tr> </table> <p>330: Alésage 12 Obtention $Cm_{12} = 55^{+10}_0$, $Cm_{13} = 7$ et $Ra = 3,2$ micron</p> <table border="1" data-bbox="331 745 639 797"> <tr> <td>12</td> <td></td> <td>2.0</td> <td>9/3</td> </tr> </table>	10	//	1.0	1	11	//	2.0	1/10	12		2.0	9/3	Tour parallèle	Pied à coulisse Outil coudé 45° Outil coudé 60° Outil à alésage 45°	
10	//	1.0	1													
11	//	2.0	1/10													
12		2.0	9/3													
400	<p>Perçage: montage en l'air sur Plateau Diviseur 3mors</p> <p>410: Perçage 4 trous $\varnothing = 8.5$ Obtention $Co_2 = 8.5$, $Cm_{14} = 230$</p> <p>410: Perçage 10 trous $\varnothing = 6.5$ Obtention $Co_3 = 6.5$, $Cm_{15} = 120$</p>	Perceuse à colonne	Pied à coulisse Foret $\varnothing = 8.5$ et 6.5													
500	Contrôle Qualité Contrôle dimensionnel	Poste de contrôle	Pied à coulisse													

300	<p>Tournage : montage en l'air sur 3mors</p> <p>310 : Dressage 6 Obtention $Cm_{10}= 52$ et $Ra = 3,2$ micron</p> <p>320 : Chariotage 7 Obtention $Cm_{11}= 40$ et $Ra = 3,2$ micron</p> <p>330 : Alésage 8 Obtention $2Cm_{12}= 110$, $Cm_{13}= 7$ et $Ra = 3,2$ micron</p>	Tour parallèle	<p>Pied à coulisse</p> <p>Outil coudé 45°</p> <p>Outil coudé 60°</p> <p>Outil à aléser 45°</p>	
400	<p>Perçage : montage en l'air sur Plateau Diviseur 3mors</p> <p>410 : Perçage 4 trous $\varnothing = 8.5$ Obtention $Co_1= 8.5$, $Cm_{14}= 230$</p> <p>410 : Perçage 10 trous $\varnothing = 6.5$ Obtention $Co_2= 6.5$, $Cm_{15}= 120$</p>	Perceuse à colonne	<p>Pied à coulisse</p> <p>Foret $\varnothing = 8.5$ et 6.5.</p>	
500	<p>Contrôle Qualité</p> <p>Contrôle dimensionnel</p>	Poste de contrôle	Pied à coulisse	

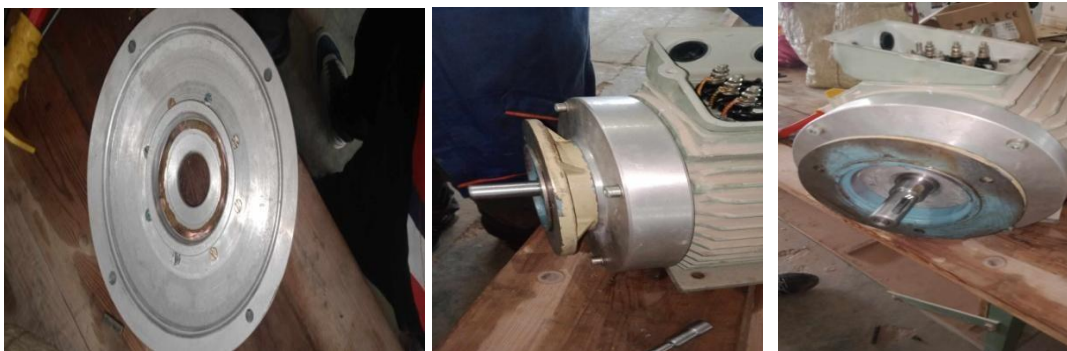


Figure IV.16. Flasque modifié et flasque monté sur moteur.

D- Adaptation du variateur au moteur

La puissance du variateur initial était 4.6 KW qui correspond à la puissance du moteur 4.6KW. Cependant, La puissance du nouveau variateur est 7.5 KW est compatible avec la puissance de du moteur 7KW. Le nouveau variateur doit être ajusté en fonction du panneau de commande de la machine et de la puissance du nouveau moteur.

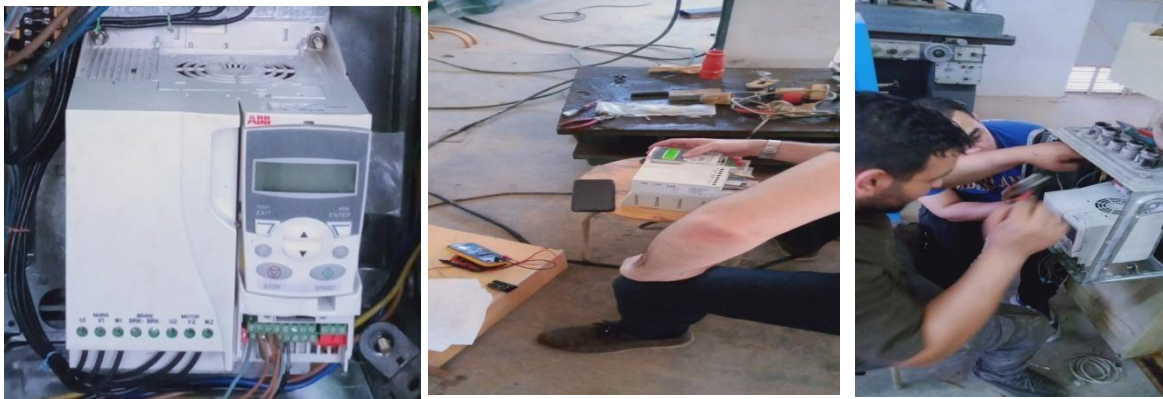


Figure IV.17. Variateur adapté au moteur.

IV.6. Remise en marche

Après achèvement de toutes réparations sus-indiqués nous avons entamé le remontage de la machine.

Effectué un nettoyage général de la machine à été opéré en apportant un soin particulier aux glissières qui ont été nettoyés et lubrifiés.

Changement des huiles de l'engrènement de la broche

Avant de procéder au branchement et la mise en marche la machine,

Des tests de vibration ont été effectués pour s'assurer de la stabilité de l'assemblage et que le moteur fonctionne sans vibrations excessives.

S'assurer alignement du moteur-réducteur-variateur

Lors de la mise en marche, Nous avons constaté qu'elle fonctionne parfaitement.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Notre projet de fin d'étude avait pour objectif la rénovation d'une fraiseuse FUW 315. Plusieurs problèmes ont été relevés durant l'examen, sont comme suit :

- Contacteurs de commande grillés
- Les fusibles de l'armoire de commande rompus
- Le variateur principal est grillé
- Le bobinage du stator grillé
- Blocage au niveau du réducteur et des glissières
- Les plaques électroniques du variateur auxiliaire sont endommagées

En conséquence, Des modifications et des remplacements ont été faits, et sont comme suit :

- Les Contacteurs ont été réparés
- Les fusibles grillés de l'armoire de commande ont été changés
- Le variateur principal a été changé (adoption d'un variateur ABB ACS355 manuel)
- Le moteur principal a été remplacé par un moteur VEM 7.5 KW 2800 tr/min
- Déblocage des roulements du réducteur et nettoyage et lubrification des glissières
- Les composants électroniques des circuits imprimés de commande du variateur auxiliaire ont été remplacés.
- Un flasque en aluminium pour adaptation du moteur principal avec le réducteur de la broche a été fabriqué et ajusté.

Après nettoyage et graissage et remplacement des huiles, La mise en marche de la machine a permis de constater que cette fraiseuse a repris son état neuf avec une puissance supplémentaire.

Perspectives

Nous invitons les instances responsables du hall de technologie de l'université de M'sila à documenter toutes les modifications apportées et les procédures suivies pour les valider et les signaler, car c'est très indispensable pour des interventions futures et pour les utilisateurs de cette machine par la suite.

Références bibliographiques

- [1] ÉRIC FELDER, « Procédés d'usinage », Article B7000, Technique de l'ingénieur 1997.
- [2] René Kamguem, inspection automatique et sans contact de la rugosité des pièces usinées. Thèse par articles présentée à l'école de technologie supérieure université de québec.
- [3] Cours de « Fabrication mécanique », 3^{ème} année ingénieur, génie mécanique.
- [4] A. Belferkous et A. Boubaia « Etude et maintenance du tour parallèle PMO (SN-40) » Mémoire de fin d'étude, université de M'sila (2004/2005).
- [5] Butler, D. L. (n.d.). L'autorégulation de l'apprentissage et la collaboration dans le développement professionnel des enseignants. *Revue Des Sciences De L'éducation*, 31(1), 55–78. <https://doi.org/10.7202/012358ar>
- [6] Guillaume, C., & Pochic, S. (n.d.). La fabrication organisationnelle des dirigeants. *Travail, Genre Et Société Té S/Travail, Genre Et Sociétés*, N° 17(1), 79–103. <https://doi.org/10.3917/tgs.017.0079>
- [7] Zirmi, S., Paris, H., & Belaidi, I. (2007). Analyse de la conception d'un montage d'usinage à l'aide d'éléments modulaires. *Mécanique & Industries*, 8(1), 1–6. <https://doi.org/10.1051/meca:2007017>
- [8] A. Touine, « Usinage », INSA de LYON, Groupe conception - productive, 2007.
- [9] Rocdacier, « Cours sur le Tournage - Usinage Cours Technologie », 2011.
- [10] B. Claude, P. Barlier. "Mémotech - Génie mécanique". Educavivres, 2003, Fr.
- [11] Souhir Gara. "Productique procédés d'usinage Tournage Fraisage Perçage Rectification". Ellipses, 2014, Tunisia
- [12] L. Fouad. "étude de l'endommagement des surfaces". Mémoire de magister, 2010, Dz.
- [13] Jean-François DEBONGNIE « usinage » juin 2006, Liège.
- [14] Souhir Gara. "Productique procédés d'usinage Tournage Fraisage Perçage Rectification". Ellipses, 2014, Tunisia.
- [15] Gaëtan Albert, identification et modélisation du torseur des actions en fraisage, Thèse de doctorat, école doctorale des sciences physique et l'ingénieur.
- [16] R. Butin, M. Pinot, « Fabrication Mécanique Technologie, Tome 3 », Foucher, Paris.
- [17] René Kamguem, inspection automatique et sans contact de la rugosité des pièces usinées. Thèse par articles présentée à l'école de technologie supérieure université de québec.
- [18] Office de la formation professionnelle et de la promotion du travail, résumé théorique & guide de travaux pratique, module 3, « réalisation des opérations de base en fraisage » maroc.
- [19] Passeron, Tournage, Techniques de L'Ingénieur, BM7086, 1997.
- [20] Gilles Prod'Homme, « Commande Numérique des Machines-Outils » Technique de l'Ingénieur, Traité Génie Mécanique, B 7130, pp.3, 1997.
- [21] A. Toumine, éléments de cours : usinage v1.1, Cours de Fabrication, « usinage par enlèvement de copeaux ».
- [22] A. toumine, cours de fabrication, usinage par enlèvement de copeaux, 2007.
- [23] Mme ghozlane mehdi, mr hajri helmi, procedes de fraisage, institut supérieur des études technologiques de radès.
- [24] khenine nour, « fraisage », institut supérieur des études technologiques de nabeul 2017-2018.
- [25] Douaba nadj, berouba slimane, " analyse analytique fmd et amdec d'un compresseur à vis- atlas copco ze3-" université kasdi merbah ouargla 2016/2017.

- [26] Lyons, m., adams, s., woloshynowych, m., vincent, c., 2004, human reliability analysis in healthcare: a review of techniques, international journal of risk & safety in medicine, vol.16, pp. 223–237.
- [27] Mme benaicha halima, « analyse des stratégies de maintenance des systèmes de production industrielle », thèse en vue de l'obtention du diplôme de doctorat en- sciences, université des sciences et de la technologie d'oran mohammed boudiaf
- [28] Addoun abdelkrim, « optimisation de la maintenance par la méthode amdec appliquée au ventilateur de l'entreprise alzinc », mémoire de fin d'étude, université aboubakr belkaïd tlemcen
- [29] Benedetti, c. a. (2002). Introduction à la gestion des opérations (4e éd). québec: sylvain ménard. 2002.
- [30] Francastel. j-c, ingénierie de la maintenance, de la conception à la l'exploitation 2ème édition dunod. Paris, 2009
- [31] L. benali, « maintenance industrielle », office des publications universitaires.1, place centrale de ben aknoun, alger, (9/2006).
- [32] Hachem mohammed chérif, laimeche hadj abdellah, « présentation d'une gamme d'entretien préventive d'une fraiseuse de type 6 p 13 », mémoire de fin d'étude, université kasdi merbah–ouargla.
- [33] Y. khiyi, w. erroudi, « élaboration d'un plan de maintenance préventive », projet de fin d'études, faculté des sciences et techniques de fès.
- [34] BERNARD MECHIN : Maintenance, concepts et définitions. Centre français d'exploitation.
- [35] FRANÇOIS MONCHY et JEAN-PIERRE VERNIER : maintenance (Méthodes et organisation). Dunod, 2010.
- [36] ZIANI RIDHA ; Cour 2^{ème} année licence GMI : Fiabilité, lois comportementales. ENST – Dergana 2013/2014.