

République algérienne démocratique et populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



Université Kasdi Merbah – Ouargla

Faculté des Sciences Appliquées

Département de Génie Mécanique



Mémoire présentée pour obtention du diplôme de Master en :

**Génie Productique**

Intitulée :

# Numérisation d'un tour conventionnel

Par :

**MAZOUZI Mouheiddine**

et

**KARKOURI Mohammed**

Le : 08/06/2015

Devant les membres du jury :

Mr. GHERFI Abdelhafid	MAA	Président	UKM Ouargla
Mr. KHALFI Mehdi	MAA	Rapporteur	UKM Ouargla
Mr. BOUKHATEM Mourad	MAA	Examineur	UKM Ouargla

Année universitaire : 2014-2015

---

# *Dédicace*

*Je dédie ce travail*

*À mes parents*

*À mes frères et sœurs*

*À tout ma famille et mes amis*

*Karkouri Mohammed*

---

# *Dédicace*

*À Mes parents*

*Mon grand -mère*

*Mes frères*

*Mes sœurs*

*Tous mes proches*

*Toutes mes amies*

*Tous ceux qui m'ont aidé et encouragé*

*Mazouzi Mouhieddine*

---

## Remerciement

Nous tenons par cette occasion à présenter nos vifs remerciements à tous ceux qui ont collaboré de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Nous remercions, en premier lieu, notre encadreur Monsieur **KHALFI Mehdi** pour ses soins exceptionnels et conseils judicieux.

Nous remercions Monsieur **GHERFI Abdelhafid** pour nous avoir fait l'honneur et le plaisir de présider le jury de notre mémoire.

Nous remercions aussi Monsieur **BOUKHATEM Mourad** qui nous a fait l'honneur et le plaisir de participer au jury de ce mémoire.

On remercie aussi les enseignants de notre département particulièrement et d'université d'Ouargla généralement.

---

## Table des matières

<b>Introduction</b> .....	1
<b>Chapitre I Généralités sur les tours</b>	
I.1 Introduction .....	3
I.2 Définition.....	4
I.3 Types d'opération en tournage.....	5
I.4 Tour conventionnel.....	6
I.4.1 Définition du tour parallèle .....	6
I.4.2 Historique.....	7
I.4.3 Organes d'un tour parallèle .....	7
I.4.4 Les portes outils d'un tour conventionnel .....	14
I.4.5 Les portes pièces .....	17
I.4.6 Caractéristiques techniques d'un tour conventionnel.....	17
I.4.7 Types de montages en tournage .....	18
I.5 Tour à commande numérique .....	19
I.5.1 Définition .....	19
I.5.2 Description générale .....	20
I.5.3 Avantages par rapport aux tours conventionnels .....	22
<b>Chapitre II Les moteurs brushless</b>	
II.1 Introduction .....	23
II.2 Les moteurs pas à pas, .....	23
II.2.1 Introduction .....	23
II.2.2 Principe de fonctionnement.....	24
II.2.3 Avantages et inconvénients.....	25
II.2.4 Caractéristiques .....	26
II.2.5 Les différents types des moteurs pas à pas.....	26
II.2.6 Comparaison entre les trois types de moteurs pas à pas .....	29
II.2.7 Mode de commande .....	30
II.3 Les servomoteurs .....	32
II.3.1 Avantages et inconvénients.....	33
II.3.2 L'aspect .....	34
II.3.3 L'électronique de contrôle .....	35

---

## Chapitre III Numérisation de l'emco maximat V13

III.1	Introduction .....	36
III.2	Démarche de numérisation .....	37
III.3	Pièces à enlever et celles à remplacer.....	37
III.3.1	Banc trempé .....	37
III.3.2	La boîte des vitesses.....	39
III.3.3	La boîte des avances.....	43
III.3.4	Lyre .....	45
III.3.5	Trainard et chariot transversal :.....	47
III.3.6	Chariot supérieur :.....	48
III.3.7	Le tablier .....	51
III.3.8	Levier de mise en marche .....	54
III.4	Installation des servomoteurs .....	55
III.4.1	Numérisation de la broche .....	55
III.4.2	Numérisation de l'axe x .....	57
III.4.3	Numérisation de l'axe Z.....	58
III.4.4	Numérisation du porte outil et choix des servomoteurs.....	58
	<b>Conclusion</b> .....	62
	Références .....	63
	Annexes .....	64

---

## Liste des figures

Figure I-1 : Tour antique .....	3
Figure I-2 : Tour parallèle avec le chariot porte-outil à déplacement longitudinal.....	4
Figure I-3 : Procédure de tournage .....	4
Figure I-4 : Chariotage .....	5
Figure I-5 : Alésage .....	5
Figure I-6 : Dressage .....	5
Figure I-7 : Perçage .....	5
Figure I-8 : Rainurage .....	6
Figure I-9 : Chanfreinage .....	6
Figure I-10 : Tronçonnage.....	6
Figure I-11 : Filetage .....	6
Figure I-12 : Tour conventionnel .....	8
Figure I-13 : Organes support d'outil .....	9
Figure I-14 : Boîte des vitesses .....	9
Figure I-15 : Boite des avances et des pas.....	10
Figure I-16 : Poupée mobile .....	11
Figure I-17 : Poupée fixe.....	11
Figure I-18 : Broche .....	12
Figure I-19 : mandrin 3 mors.....	12
Figure I-20 : mandrin 4 mors.....	12
Figure I-21 : Tablier .....	13
Figure I-22 : Instruments de protection .....	14
Figure I-23 : Outil de coupe .....	14
Figure I-24 : Porte outil à cale pente .....	15
Figure I-25 : Tourelle carrés.....	15
Figure I-26 : Tourelle avant et arrière .....	16
Figure I-27 : Tourelle à bloc amovible réglable.....	16
Figure I-28 : Réglage d'outil .....	16
Figure I-29 : Montage en l'air .....	18
Figure I-30 : Montage mixte.....	19

---

Figure I-31 : Montage entre-pointe .....	19
Figure I-32 : exemple d'un tour numérique vu de l'extérieur .....	20
Figure I-33 : tour vue de l'intérieur (les couvercles étant retirés).....	21
Figure II-1 : Moteur pas à pas .....	24
Figure II-2 : Structure interne d'un moteur pas à pas.....	24
Figure II-3 : Schéma d'un moteur pas à pas.....	25
Figure II-4 : Principe de fonctionnement d'un moteur pas à pas .....	25
Figure II-5 : Moteur à aimants permanents .....	27
Figure II-6 : Représentation schématique d'un moteur unipolaire.....	27
Figure II-7 : Représentation schématique d'un moteur bipolaire.....	28
Figure II-8 : Moteur à reluctance variable.....	28
Figure II-9 : La structure interne d'un moteur hybride .....	29
Figure II-10 : Commande dans le mode 1 .....	30
Figure II-11 : Commande dans le mode 2 .....	30
Figure II-12 : Commande dans le mode 3 .....	31
Figure II-13 : Commande dans le mode 4 .....	31
Figure II-14 : Commande dans le mode 5 .....	32
Figure II-15 : Commande dans le mode 6 .....	32
Figure II-16 : aspect extérieur d'un servomoteur .....	34
Figure II-17 : réducteur d'un servomoteur .....	35
Figure II-18 : commande la position du servomoteur .....	35
Figure III-1 : tour emco maximat v13 .....	36
Figure III-2 : Banc trempé et ses accessoires .....	38
Figure III-3 : la boîte des vitesses.....	41
Figure III-4 : la boîte des vitesses.....	42
Figure III-5 : la boîte des avances .....	45
Figure III-6 : Lyre.....	46
Figure III-7 : Trainard et chariot transversal .....	48
Figure III-8 : Chariot Supérieur.....	50
Figure III-9 : Tablier.....	53
Figure III-10 : Levier de mise en marche.....	54
Figure III-11 : Transfert du mouvement de rotation du moteur vers l'arbre de renvoi.....	55



---

Figure III-12 : Transfert du mouvement de rotation de l'arbre de renvoi vers la broche..	56
Figure III-13 : Vue d'ensemble de servomoteur siemens .....	57
Figure III-14 : couple d'engrenage à installer sur la boîte des vitesses.....	59
Figure III-15 : l'ensemble de sélection d'outil .....	60
Figure III-16 : Vue d'ensemble de la commande du port outil avec servomoteur.....	60
Figure III-17 : installation des servomoteurs pour commande des axes .....	61
Figure III-18 : position des nouvelles pièces dans la boîte des vitesses.....	61

---

## Liste des tableaux

Tableau III-1 : Pièces à enlever du banc trempé.....	37
Tableau III-2 : Pièces à enlever de la boîte des vitesses.....	39
Tableau III-3 : Pièces à remplacer sur la boîte des vitesses.....	40
Tableau III-4 : Pièces à enlevées sur la boîte des avances.....	43
Tableau III-5 : Pièces à enlevées sur Lyre.....	45
Tableau III-6 : Pièces à enlevées sur Trainard et chariot transversal .....	47
Tableau III-7 : Pièces à enlever du chariot supérieur .....	49
Tableau III-8 : Pièces à remplacer sur chariot supérieur .....	50
Tableau III-9 : Pièces à enlevées sur Tablier.....	51
Tableau III-10 : Pièces à enlevées sur Levier de mise en marche .....	54

# Introduction

Le tournage est un procédé de travail connu déjà dans l'antiquité. Très longtemps, le tour a été utilisé surtout pour exécuter des travaux à caractère artistique. On tournait le bois, l'os, l'ivoire et des métaux tendres, tels que l'or et l'étain. Le tour est à l'origine de toutes les machines-outils et il a contribué largement au progrès industriel du siècle dernier. On ne peut concevoir un atelier mécanique sans le tour. C'est la première machine-outil qu'il est indispensable d'acquérir.

C'est en 1794 que le tour parallèle avec le chariot porte-outil à déplacement longitudinal a apparaî. Jusque là, l'évolution du tour reste lente, mais avec l'invention du moteur électrique, elle connue une véritable accélération. Au cours du 19ème siècle, les tours prennent progressivement l'aspect d'ensembles métalliques. Les tours conventionnels laissent aujourd'hui de plus en plus la place à des tours à commande numérique, entièrement automatisés. C'est grâce aux nombreux perfectionnements qu'ils sont devenus des machines parfaitement au point : précises, rapides et puissantes.

Pour les entreprises de moyennes et grandes production, l'acquisition des tours numériques est devenue indispensable vu leurs avantages. Cependant, le coût d'achat d'un tour numérique reste élevé surtout pour les moyennes entreprises. D'un autre côté, il y a les tours conventionnels qui sont déjà là et qui seront moins utiles après l'acquisition de nouveaux tours numériques.

Notre travail vient ici proposer une solution à ce problème. Il est possible de numériser un tour conventionnel, cela permettra d'acquérir cette nouvelle technologie à des prix minimes.

Dans ce but, nous avons suivi un plan de travail qui consiste à effectuer une recherche sur les deux types de tours représentée par le premier chapitre du présent document, ensuite, et sachant que la commande numérique consiste à l'utilisation d'un type de moteur différents de celui utiliser sur les tours conventionnels, nous avons consacré un

autre chapitre aux moteur qui peuvent être asservi en position et en vitesse de rotation, ce sont les moteur brushless.

Dans un troisième chapitre, nous avons étudié la numérisation d'un tour conventionnel en panne au niveau du hall technologie du département de mécanique, c'est un tour Maximat V13 du constructeur EMCO. La démarche à suivre pour sa numérisation sont présentés et une conclusion mettra fin à ce modeste travail.

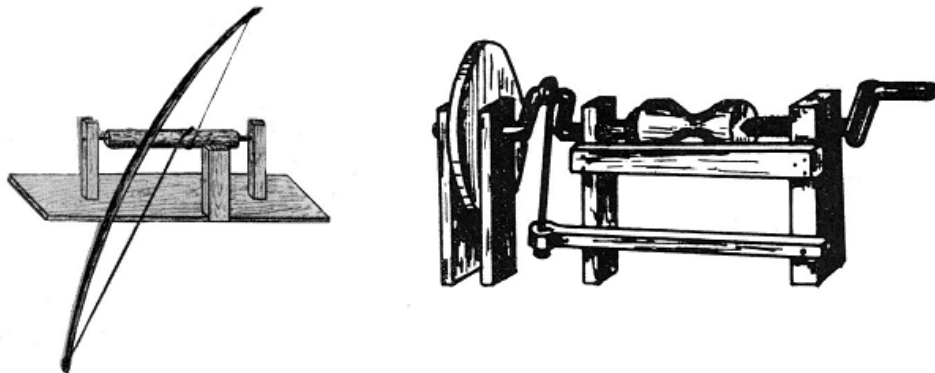
# Chapitre I

## Généralités sur les tours

### I.1 Introduction

Le tour est un instrument de travail connu déjà dans l'antiquité. Très longtemps, il a été utilisé surtout pour exécuter des travaux à caractère artistique. On tournait le bois, l'os, l'ivoire et des métaux tendres, tels que l'or et l'étain.

La figure I-1 ci-dessous donne une idée du tour antique qui était construit presque entièrement en bois.



*Figure I-1 : Tour antique*

En 1794, apparaît le tour parallèle avec le chariot porte-outil à déplacement longitudinal (voir figure I-2). L'évolution, lente jusque là, va s'accélérer, surtout avec l'invention du moteur électrique.

Au cours du 19<sup>ème</sup> siècle, les tours prennent progressivement l'aspect d'ensembles métalliques. Et aujourd'hui, grâce aux nombreux perfectionnements, ce sont des machines parfaitement au point : précises, rapides et puissantes.



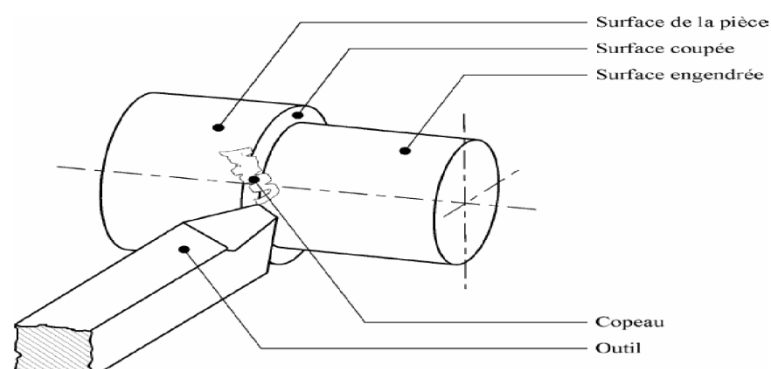
**Figure I-2 :** Tour parallèle avec le chariot porte-outil à déplacement longitudinal

## I.2 Définition

Le tournage est un procédé de fabrication mécanique par coupe (enlèvement de matière) mettant en jeu des outils à arête unique. La pièce est animée d'un mouvement de rotation (mouvement de coupe), qui est le mouvement principal du procédé, l'outil est animé d'un mouvement complémentaire de translation (rectiligne ou non) appelé mouvement d'avance, permettant de définir le profil de la pièce.

La combinaison de ces deux mouvements, ainsi que la forme de la partie active de l'outil, permettent d'obtenir des usinages de formes de révolution (cylindres, plans, cônes ou formes de révolution complexes).

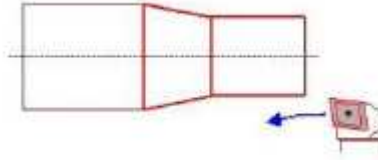
Le tournage permet également le façonnage des formes intérieures par perçage, alésage, taraudage.



**Figure I-3 :** Procédure de tournage

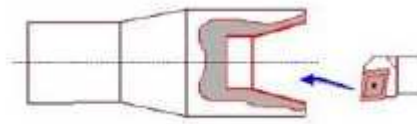
### I.3 Types d'opération en tournage

- **Chariotage** : Opération qui consiste à usiner une surface cylindrique ou conique extérieure.



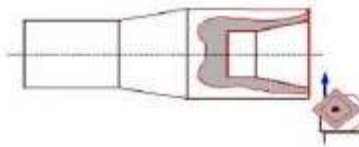
*Figure I-4 : Chariotage*

- **Alésage** : Opération qui consiste à usiner une surface cylindrique ou conique intérieure.



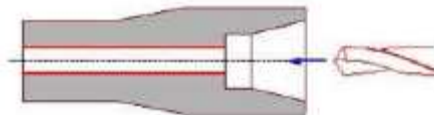
*Figure I-5 : Alésage*

- **Dressage** : Opération qui consiste à usiner une surface plane perpendiculaire à l'axe de la broche extérieure ou intérieure.



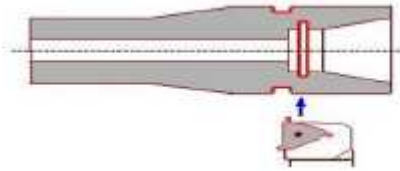
*Figure I-6 : Dressage*

- **Perçage** : Opération qui consiste à usiner un trou à l'aide d'une forêt.



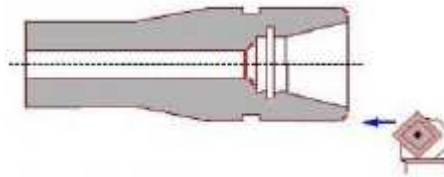
*Figure I-7 : Perçage*

- **Rainurage** : Opération qui consiste à usiner une rainure intérieure ou extérieure pour le logement d'un clip ou d'un joint torique par exemple.



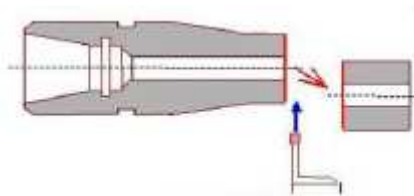
*Figure I-8 : Rainurage*

- **Chanfreinage** : Opération qui consiste à usiner un cône de petite dimension de façon à supprimer un angle vif.



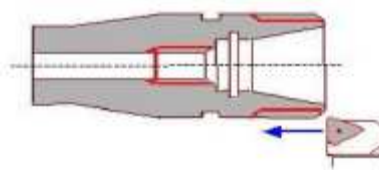
*Figure I-9 : Chanfreinage*

- **Tronçonnage** : Opération qui consiste à usiner une rainure jusqu'à l'axe de la pièce afin d'en détacher un tronçon.



*Figure I-10 : Tronçonnage*

- **Filetage** : Opération qui consiste à réaliser un filetage extérieur ou intérieur.



*Figure I-11 : Filetage*

## I.4 Tour conventionnel

### I.4.1 Définition du tour parallèle

Un tour parallèle est une machine-outil utilisée pour usiner, par enlèvement de matière, une pièce généralement en rotation autour d'un axe, au moyen d'un outil coupant que l'on déplace dans un plan passant par cet axe.



## I.4.2 Historique

Le tour est l'une des machines-outils les plus anciennes. Il est à l'origine de la plupart des machines les plus modernes de notre civilisation actuelle. On en trouve un témoignage sur les monuments laissés par les Egyptiens dans la plus lointaine antiquité.

On peut classer l'évolution de cette machine suivant cet ordre chronologique :

- tour de potier,
- tour à latte ou à perche,
- tour primitif horizontal.

Le tour horizontal a évolué et le perfectionnement a entraîné la transformation de celui-ci en tour parallèle.

C'est la position de l'axe de rotation de la pièce par rapport au sol qui paraît avoir amené ce terme de tour parallèle.

C'est une machine d'outillage conçue pour le travail unitaire et la petite série. Il permet la réalisation de différentes surfaces nécessitant toujours une rotation de la pièce autour d'un axe de rotation.

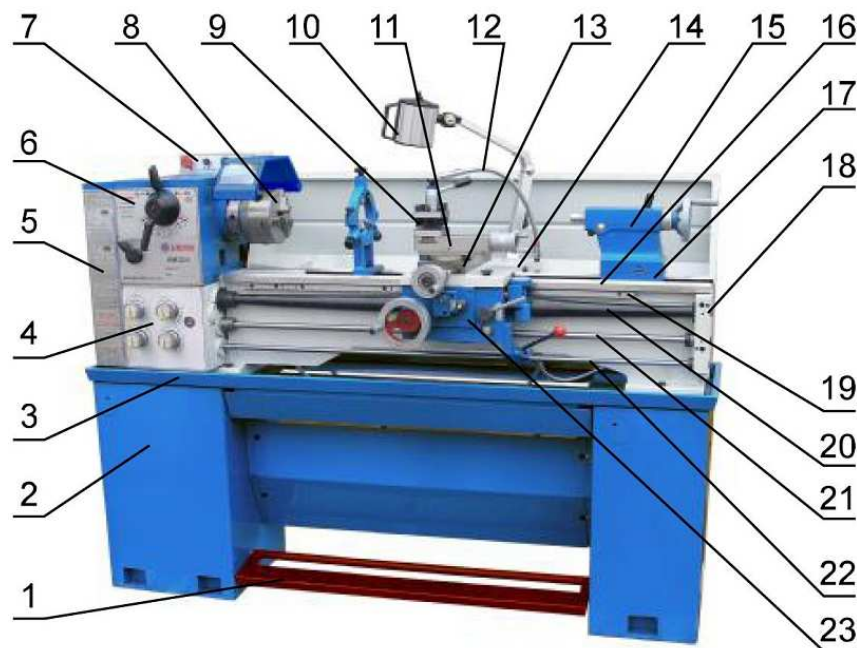
Pour engendrer une surface de révolution sur un tour parallèle, il faut appliquer à la pièce et à l'outil deux mouvements conjugués :

- A la pièce ; un mouvement circulaire continu rapide prend le nom de mouvement de coupe.
- A l'outil ; un mouvement généralement rectiligne uniforme lent prend le nom de mouvement d'avance.

Pour que l'outil produise une surface par enlèvement de copeau, un réglage de position est nécessaire (prise de passe). Ce troisième mouvement est appelé mouvement de pénétration.

## I.4.3 Organes d'un tour parallèle

La figure I-12 présente un tour conventionnel, avec ses composantes principales.

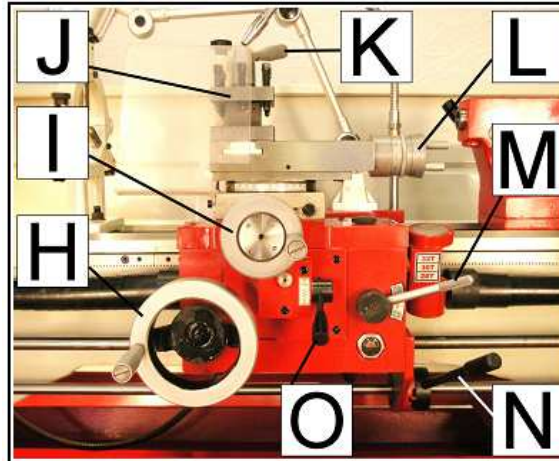


- |  |   |
|--|---|
| 1 Frein de broche au pied                  | 13 Chariot transversal                            |
| 2 Support                                  | 14 Trainard                                       |
| 3 Bac de récupération des copeaux          | 15 Contre-pointe                                  |
| 4 Boîte de vitesse des avances             | 16 Banc du tour                                   |
| 5 Carter amovible de protection de la lyre | 17 Patin de blocage de la contre-pointe           |
| 6 Poupée fixe                              | 18 Levier de commande de mise en route et d'arrêt |
| 7 Boîtier des commandes électriques        | 19 Crémaillère pour l'avance du trainard          |
| 8 Broche avec mandrin 3 mors concentriques | 20 Vis-mère avec soufflet de protection           |
| 9 Tourelle porte-outil                     | 21 Barre de chariotage                            |
| 10 Lampe de travail                        | 22 Barre de mise en route et d'arrêt              |
| 11 Chariot orientable                      | 23 Tablier  |
| 12 Flexible d'arrosage                     | 24 Boîte de vitesses                              |

**Figure I-12 : Tour conventionnel**

#### **I.4.3.1 Organes support d'outil**

- **Chariot longitudinal ou trainard** : En appui et guidé sur le banc, il permet le déplacement de l'outil parallèlement à l'axe de la broche. Constitué par le tablier et la cuirasse, il reçoit le système mécanique de transmission des mouvements d'avances et supporte le chariot transversal et les commandes.
- **Chariot transversal** : Guidé par une glissière en queue d'aronde, son déplacement est perpendiculaire à l'axe de la broche. Il supporte le chariot porte-outil.
- **Chariot porte-outil** : Guidé par une glissière en queue d'aronde, orientable, sur une embase graduée, il ne peut être déplacé que par avance manuelle. Sa partie supérieure reçoit la tourelle.
- **Tourelle** : Elle reçoit directement l'outil ou le porte-outil. Différent types existent : les tourelles carrée, hexagonale, à porte outil...



*H: Volant de déplacement du traînard.*

*I: Volant de déplacement du chariot transversal.*

*J: Tourelle porte-outil carrée indexée.*

*K: Levier de blocage de la tourelle.*

*M: Levier d'embrayage des demi-noix (filetage)*

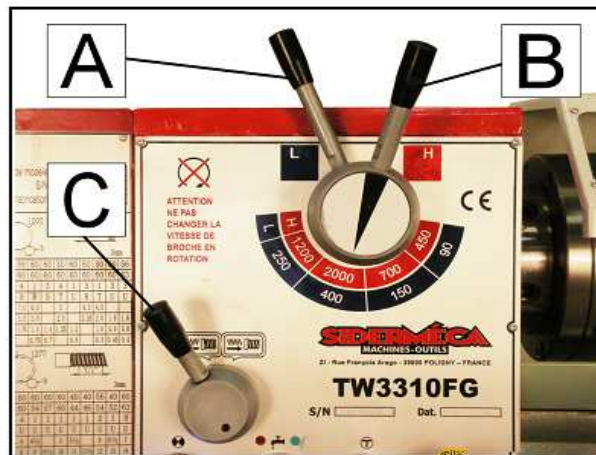
*N: Levier de mise en route et d'arrêt du tour*

*O: Levier d'enclenchement de l'avance*

**Figure I-13 : Organes support d'outil**

#### 1.4.3.2 Organes permettant le réglage des vitesses

- **Boîte des vitesses :** Permet la sélection des vitesses de rotation. Sur les tours numériques, elle est remplacée par un variateur de vitesses permettant un choix judicieux et la possibilité d'augmenter ou de diminuer progressivement cette vitesse en fonction de la variation du diamètre en cours d'usinage (dressage de faces sur des pièces de dimensions importantes).



*A: Levier de sélection de gamme de vitesse à 2 rapports.*

*B: Levier de sélection de vitesse de rotation à 4 rapports.*

*C: Levier d'inversion de sens des avances et de débrayage.*

**Figure I-14 : Boîte des vitesses**

- **Boîte des avances et des pas :** Permet la sélection des avances d'outils pour le chariotage et dressage (en millimètre par tour) et les pas pour les filetages.



*D: changement de vitesse d'avance (2 rapports).*

*F: changement de vitesse d'avance (2 rapports)*

*E: changement de vitesse d'avance (5 rapports).*

*G: changement de vitesse d'avance (4 rapports)*

**Figure I-15 : Boîte des avances et des pas**

- **Barre de chariotage :** Elle assure le déplacement du traînard et du chariot porte-outil pour les avances automatiques.
- **Vis mère :** Par un système vis-écrou (deux demi-écrous se refermant sur elle), elle permet le déplacement plus rapide du trainard pour l'exécution des filetages.
- **Inverseur :** Permet d'obtenir le chargement du sens d'avance automatique sans inversion du sens de rotation de la broche.

### 1.4.3.3 Le banc

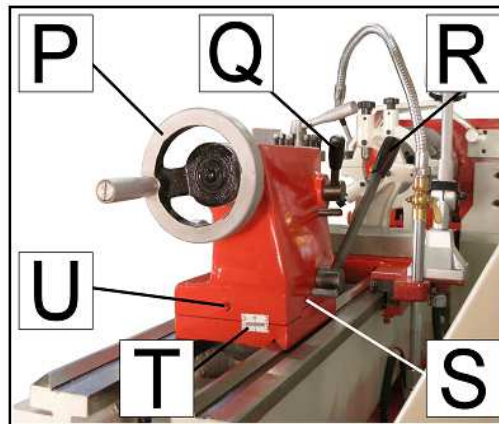
Supporte et permet le guidage de tous les éléments du tour. En fonte spéciale stabilisée; nervuré pour assurer une déformation minimum, il est gratté ou rectifié. La tendance actuelle est de rapporter les parties frottantes de guidage (en acier traité et rectifié) qui peuvent être vissées ou collées.

### 1.4.3.4 Poupée mobile

Cet accessoire, non-amovible mais coulissant sur les glissières du tour, permet de faire :

- un tournage entre pointes, si la pièce est très longue et doit être parfaitement concentrique (dans ce cas, il nous faudra aligner la poupée)
- un perçage, en faisant tourner une pièce maintenue dans un mandrin et en faisant pénétrer un foret qui, lui, ne tournera pas.
- un taraudage (Par exemple, un trou est taraudé - mais une vis est filetée -)

- de régler la hauteur de l'arête tranchante de l'outil, en effet celui-ci doit être exactement positionné sur le centre de rotation du mandrin, ce qui permet d'obtenir un meilleur état de surface et de garantir la précision de l'usinage.
- d'usiner une surface conique, en désaxant de quelques millimètres et dans le sens transversal, l'axe de rotation de la pièce.



*P: Volant de déplacement du fourreau.*

*Q: Levier de blocage et déblocage du fourreau.*

*R: Levier de blocage et déblocage de la contre-pointe.*

*S: Vis (2) de désaxage latéral de la contre-pointe.*

*T: Réglette de positionnement latéral.*

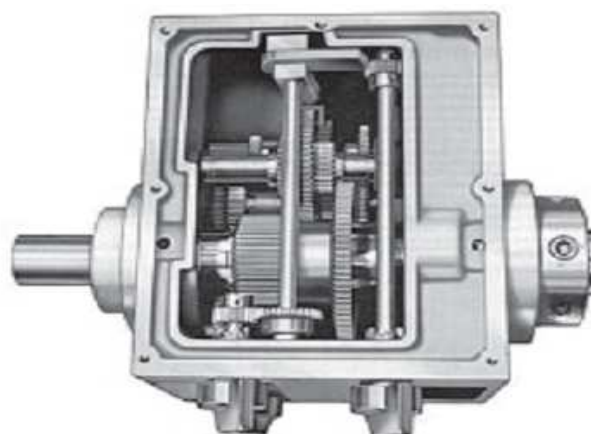
*U: Vis de blocage et déblocage de la partie supérieure de la contre-pointe.*

**Figure I-16 : Poupée mobile**

#### **1.4.3.5 Poupée fixe**

Elle est fixée sur le banc de manière à ce que l'axe de la broche soit parallèle aux glissières. Elle tient les mécanismes de commande de la broche et des chariots.

La poupée fixe comporte les paliers qui supportent la broche et le dispositif de transmission de mouvement chargé d'entraîner celle-ci en rotation aux différentes vitesses de coupe requises. Elle comporte généralement la boîte de vitesses à trains baladeurs ou par variateur de vitesses (figure 1-17) ainsi que les divers leviers de commande.



**Figure I-17 : Poupée fixe**

### I.4.3.6 La broche

Horizontale, reçoit le mouvement de rotation ; elle est montée dans la poupée fixe. La broche est percée sur toute sa longueur, filetée et alésée conique à l'avant. Ces dispositions permettent d'adapter les différents dispositifs de montage de pièce.

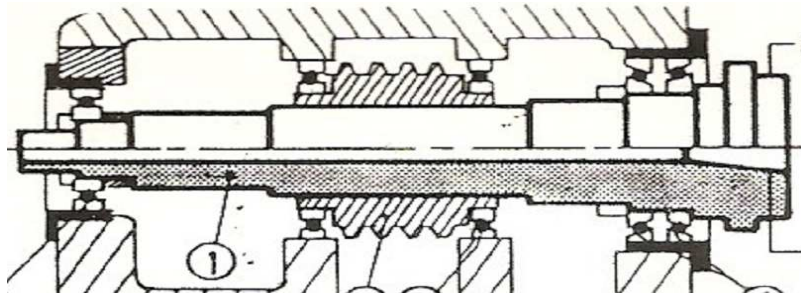


Figure I-18 : Broche

### I.4.3.7 Le mandrin

Cet accessoire, un des plus lourds, est un étau fait d'acier trempé extrêmement résistant se refermant sur lui-même. Donc, il maintient une pièce en place.

Il existe plusieurs sortes de mandrins :

- **3 mors** (dont certains ont des mors réversibles (qui serrent de l'intérieur ou de l'extérieur))



Figure I-19 : mandrin 3 mors

- **4 mors** (qui doivent être ajustés manuellement)



Figure I-20 : mandrin 4 mors



- les **mandrins** 3 ou 4 mors peuvent être **concentriques**, c'est-à-dire que les mors avancent en même temps (le centre de la pièce et celui de rotation du mandrin) ou indépendants, c'est-à-dire que chaque mors progresse indépendamment des autres, (le centre de la pièce est désaxé par rapport au centre de rotation du mandrin, cela permet de réaliser des forages excentrés ou des cames excentriques
- **universel** (qui ne possède qu'un mors uni)
- **magnétique** (utilisé pour de petites pièces seulement)

#### I.4.3.8 Tablier

Il permet de transmettre le mouvement de la vise mère pour entrainer les chariots, il permet de les commander manuellement. Les pignons du tablier barbotent dans un bain d'huile sous carter étanche.

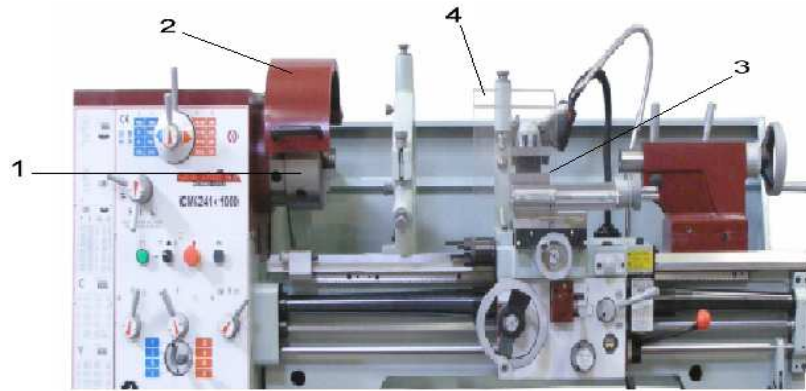


*Figure I-21 : Tablier*

#### I.4.3.9 Instruments de protection

Le tour peut être équipé de plusieurs instruments de protection. Ces instruments incluent un protège-mandrin avec un système de microrupteur, une protection de support porte-outil avec système de microrupteur, une protection de poupée avec système de microrupteur, ... etc.

Par exemple, si le protège-mandrin est renversé, la machine cesse immédiatement de fonctionner.



1 Mandrin

2 Protège-mandrin

3 Support porte-outil

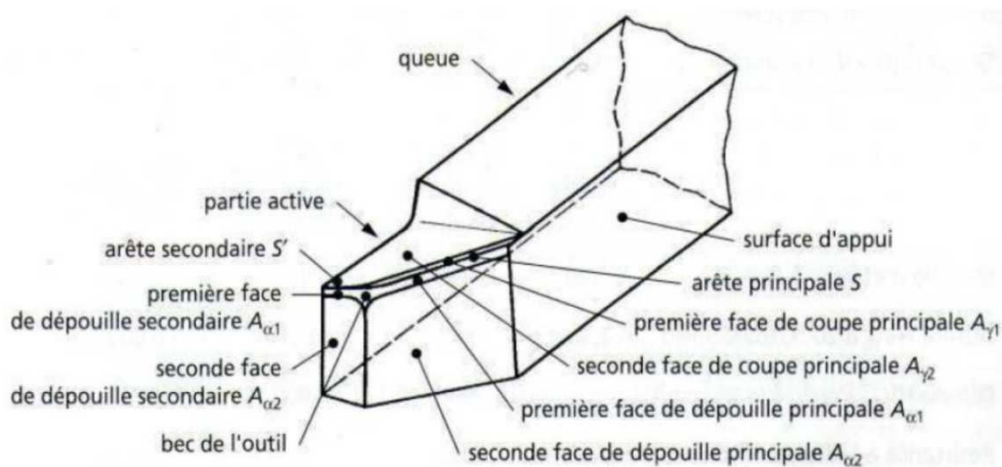
4 Protection support porte-outil

**Figure I-22 : Instruments de protection**

## I.4.4 Les portes outils d'un tour conventionnel

### I.4.4.1 Définitions

- **Les outils** : sont des morceaux d'acier affûtés d'une certaine manière plus durs que le métal à usiner et ce pour permettre l'usinage de ces différents métaux. Un outil est constitué d'un corps comportant une ou plusieurs parties actives. L'élément essentiel de la partie active est l'arête formée par l'intersection de la face de coupe et de la face de dépouille. L'arête principale est déterminée par le mouvement d'avance de l'outil (Figure I.23). Les outils sont de :
  - l'acier rapide (trempé)
  - barreaux traités
  - carbure métallique (plaquettes)
  - céramiques



**Figure I-23 : Outil de coupe**

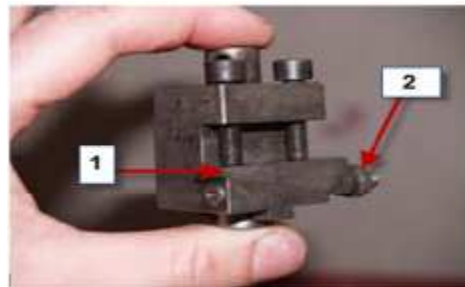


- **Le porte outil** : assure la position et l'entraînement de outil, la mise en place de ce dernier doit être rapide et sûre, celui-ci peut posséder des formes variées, soit simple avec embase rivée ou bride et écrou de blocage.

#### I.4.4.2 Différents portes outils

Dans les machines de tour parallèle, il existe plusieurs types de porte-outil.

- **Porte outil à cale avec pente** : il permet le réglage à hauteur de pointe à l'aide d'une cale pente mobile en translation par l'intermédiaire d'une vis de réglage. Il est surtout utilisé sur les tours spéciaux (Figure I.24).



1 : Cale pente mobile en translation

2 : Vis de réglage

**Figure I-24** : Porte outil à cale pente

- **Porte outil à tourelle associée** : La tourelle associée ou carrée est utilisée pour le travail de petite série, elle nécessite un réglage préalable de quatre outils à la hauteur de pointe, puis en position d'usinage ce réglages 'effectué par interposition de cale d'épaisseur : l'opération de réglage est suivie par un contrôle le serrage de l'outil (Figure I.25).



**Figure I-25** : Tourelle carrés

- **Tourelle avant et arrière** : Deux porte-outils sont montés sur le chariot qui se déplace sur le trainard. Comme pour la tourelle, la course est limitée par des butées réglables. Les outils peuvent travailler en chariotage ou en plongée, le mouvement

peut être exécuté manuellement ou au moyen de la barre de chariotage (Figure I.26).



*Figure I-26 : Tourelle avant et arrière*

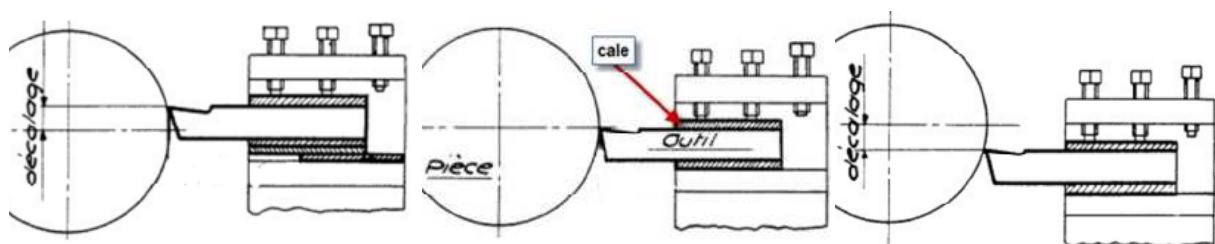
- **Porte outil réglable pour mini tour** : permettant de régler rapidement 2 outils en carré jusqu'à 10 mm. Pour le réglage de l'outil, le chariot est approcher près de la contre pointe. les vis de blocage permettent d'amener l'arête de coupe de l'outil au niveau de l'axe de la pointe, l'outil pivote parfaitement pour le réglage. (Figure I.27).



*Figure I-27 : Tourelle à bloc amovible réglable*

#### I.4.4.3 Réglage des outils

L'outil est réglé en hauteur à l'aide d'une ou plusieurs cale(s). De plus, il doit être protégé par une cale (figure I.28 au centre) si l'outil est plus haut que le centre, il faut limiter le nombre de cales. Les cales doivent être toutes sur un même plan (figure I.28 à gauche). Si l'outil est plus bas que le centre, il faut ajouter une ou plusieurs cale(s) (figure I.28 à droite).



*Figure I-28 : Réglage d'outil*

## I.4.5 Les portes pièces

### I.4.5.1 Les portes pièces standards

Ils font partie de l'équipement standard des tours. Ce sont:

- **Les mandrins à serrage par mors :** Ils comportent 2, 3 ou 4 mors. Ces mors peuvent être à serrage concentriques ou indépendants. On peut monter des mors durs ou des mors doux. Les mors doux sont des mors non trempés afin de permettre à l'utilisateur de les usiner pour adapter leurs formes à celles de la pièce ou pour réaliser une coaxialité plus précise qu'avec des mors durs. La prise de pièce en mandrin peut se faire par l'extérieur ou par l'intérieur des mors
- **Les mandrins expansibles :** Ils assurent à la fois la mise en position et le maintien en position par l'intérieur ou par l'extérieur de pièces courtes ou longues. On utilise pour leurs constructions une ou plusieurs pièces déformables. Le type le plus classique est le mandrin à pinces que l'on retrouve comme support d'outils pour des fraises à queue cylindrique.

### I.4.5.2 Les portes pièces dédiées

Il s'agit de montages de reprise spécialement étudiés et réalisés pour une phase d'usinage. Ils se montent soit à la place du mandrin en utilisant les mêmes surfaces de référence que lui soit sur le plateau lisse (appareillage standard du tour). Dans ce dernier cas le montage pourra être installé sur n'importe quel tour ce qui n'est pas le cas de la solution précédente. La liaison mandrin-broche étant différente d'un modèle de tour à l'autre.

## I.4.6 Caractéristiques techniques d'un tour conventionnel

Un tour est caractérisé par plusieurs propriétés, on peut citer :

- La longueur entre pointes
- Diamètre maxi admissible sur le banc
- Diamètre maxi admissible dans le rompu
- Diamètre maxi admissible sur le chariot transversal
- Diamètre maxi admissible dans l'alésage de broche
- Diamètre du mandrin à 3 mors concentriques

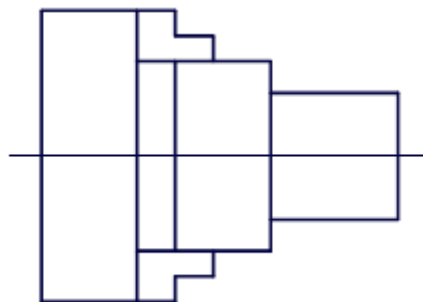
- Cône de broche
- Course du traînard
- Course du chariot transversal
- Course du chariot orientable
- Cône du fourreau de la contre-pointe
- Course du fourreau de la contre-pointe
- Pas de la vis-mère
- Plage de vitesse de rotation de la broche
- Avances longitudinales
- Avances transversales
- Filetages métriques
- .....

### I.4.7 Types de montages en tournage

Il existe trois principaux montages de la pièce à usiner sur le tour :

#### I.4.7.1 Montage en l'air

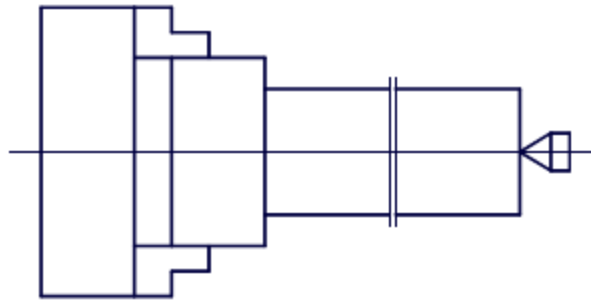
C'est un montage sur mandrin effectué pour les pièces courtes ( $L < 4D$ ). Une des extrémités est fixée sur le mandrin alors que l'autre reste libre (figure I.29).



*Figure I-29 : Montage en l'air*

#### I.4.7.2 Montage mixte

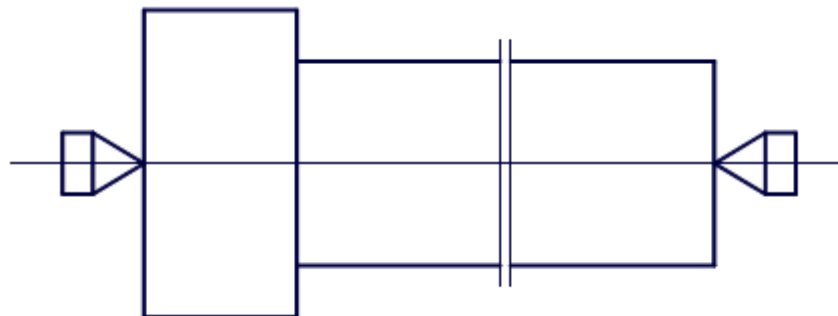
Il est utilisé pour des pièces relativement longues ( $4D < L < 8D$ ). Une des deux extrémités est fixée sur le mandrin alors que l'autre extrémité est soutenue par de la poupée mobiles (figure I.30).



*Figure I-30 : Montage mixte*

### I.4.7.3 Montage entre-pointes

Pour l'usinage des pièces longues ( $L < 8D$ ), on utilise le montage entre pointes. La pièce est soutenue par ses deux extrémités par deux pointes plus lunette (figure I.31).



*Figure I-31 : Montage entre-pointe*

## I.5 Tour à commande numérique

### I.5.1 Définition

Un tour CNC est équipé d'une commande numérique qui pilote la machine en suivant un programme réalisé manuellement ou automatiquement. La structure d'un tour CNC est plus complexe et dépend de la configuration de la machine.

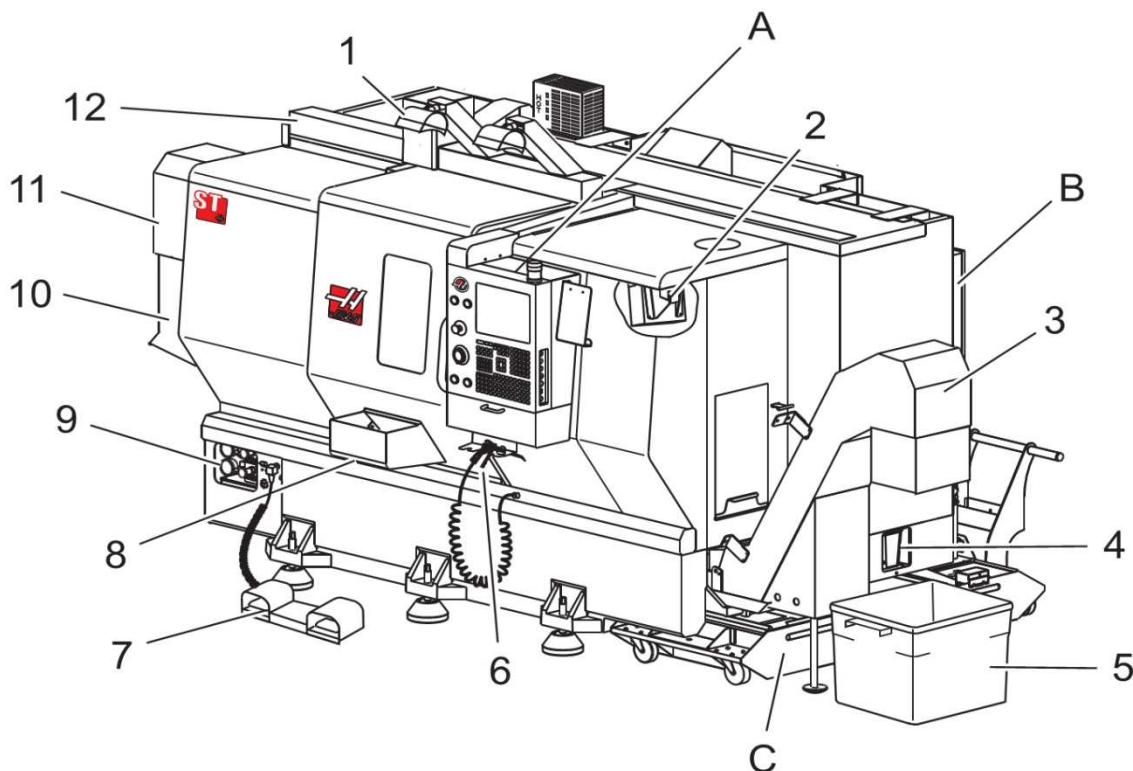
En numérique ; comme dans le cas du conventionnel, les pièces à usiner sont placées dans le mandrin, l'opérateur n'intervient que pour fixation des pièces ou pour une éventuelle mesure de décalages (pièce ou outil), étant donné que le programme d'usinage est déjà établi, après lancement du programme, la commande numérique gère la rotation de la broche, le choix des outils coupants (en commandant la tourelle), les avances et toutes les opérations connexes.

## I.5.2 Description générale

La structure d'un tour numérique ne change pas en grand-chose par rapport à un tour conventionnel, il y a toujours un moteur qui fait tourner une broche à une vitesse voulue, seulement, la gamme de vitesse est assurée au moyen d'un variateur de vitesse qui commande le moteur, au lieu de la boîte des vitesses sur le tour conventionnel.

Pour la commande des axes, elle est indépendante de la rotation de la broche contrairement au cas du tournage conventionnel.

Vu de l'extérieur, un tour numérique semble très différent un tour conventionnel (voir figure I-32), cela revient aux différentes fonctionnalités dont un tour numérique est équipé (convoyeur à copeaux, conteneur à copeaux, boîtier de commande suspendu, soufflette d'air, pédales, ...), en plus des couvercles et porte automatique qui sécurise l'espace de travail.



1. Éclairage à haute intensité
2. Éclairage de travail
3. Convoyeur à copeaux
4. Bâche évacuation d'huile
5. Conteneur à copeaux
6. Soufflette d'air
7. Pédales
8. Collecteur pièces

9. Groupe hydraulique (HPU)
10. Collecteur fluide d'arrosage
11. Moteur de broche
12. Servo de porte automatique
- A. Boîtier de commande suspendu
- B. Panneau de lubrification minimal
- C. Réservoir de liquide d'arrosage

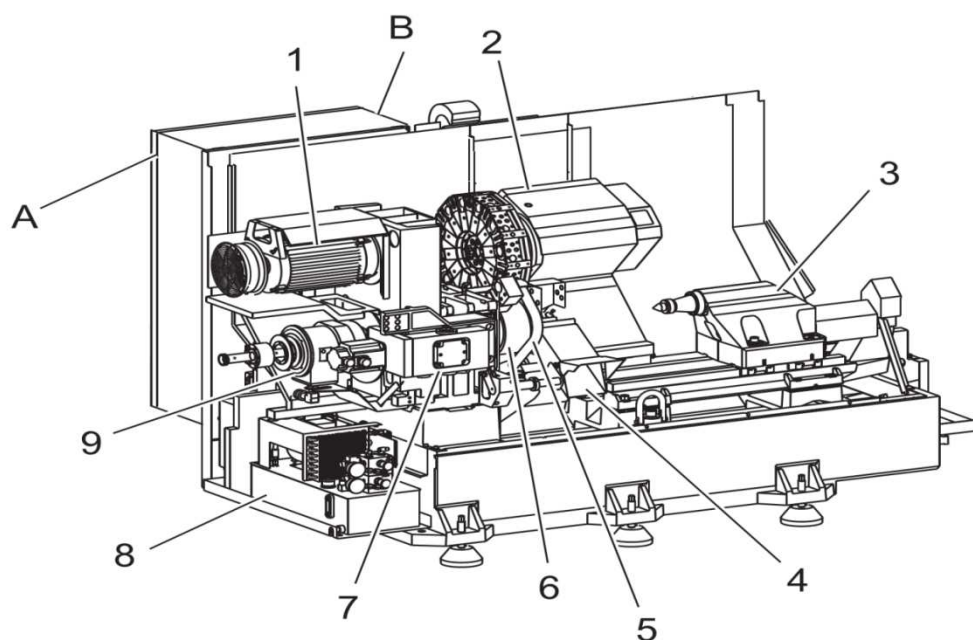
**Figure I-32** : exemple d'un tour numérique vu de l'extérieur

Un autre aspect qui caractérise le tour numérique est le gyrophare ; il donne une confirmation visuelle rapide des états actuels de la machine. Il y a différents états de gyrophare :

- **Désactivé** : La machine est arrêtée.
- **Vert continu** : La machine fonctionne.
- **Vert clignotant** : La machine est arrêtée mais est prête à fonctionner. L'action de l'opérateur est nécessaire pour continuer.
- **Rouge clignotant** : Un défaut s'est produit, ou la machine est en arrêt d'urgence.
- **Jaune clignotant** : Un outil n'est plus viable et l'écran de durée de vie des outils l'affiche automatiquement.

De l'intérieur, le tour est très semblable à un tour conventionnel ; sauf que le port outil est remplacé par une tourelle, généralement d'une capacité d'outils plus grande et commandée numériquement.

En plus, on remarque l'absence du tablier puisque la commande de chaque axe est indépendante de l'autre et de la broche.



1. Moteur de broche

2. Ensemble tourelle porte-outil

3. Poupée mobile

4. Collecteur pièces

5. Bras du LTP

6. Mandrin

7. Ensemble entraînement d'axe C

8. Groupe hydraulique

9. Ensemble tête de broche

A. Armoire de commande

B. Armoire de commande, panneau latéral

**Figure I-33** : tour vue de l'intérieur (les couvercles étant retirés)

### I.5.3 Avantages par rapport aux tours conventionnels

Les tours conventionnels laissent aujourd'hui de plus en plus la place à des tours à commande numérique qui peuvent aisément réaliser des opérations complexes, ceci est grâce à différentes caractéristiques, par exemple, il existe une fonction de programmation en commande numérique qui permet d'avoir une vitesse de rotation évolutive (recalculée dynamiquement par rapport au diamètre usiné). Cette fonctionnalité s'appelle la vitesse de coupe constante, ou vitesse circonférentielle. Elle permet d'avoir des états de surface bien supérieurs à l'usinage traditionnel.

En plus, sur un tour numérique il ya :

- Optimisation des paramètres de coupe,
- Possibilité de réaliser des formes complexes,
- Possibilité de continuité de production hors des heures de travail,
- Changement rapide d'outil,
- Déplacement hors usinage en vitesse rapide,
- Très bonne répétabilité des pièces (qualité de pièce constante),
- ...

Donc, l'opérateur a alors un rôle de surveillance et de mise au point (mesure des décalages outils par exemple).



# Chapitre II

## Les moteurs brushless

### II.1 Introduction

Les moteurs électriques permettent de faire tourner, de déplacer ou encore d'interagir avec divers éléments de la vie réelle. Il existe trois grands types de moteurs électriques :

- les moteurs à courant continu,
- les moteurs pas à pas,
- les servomoteurs.

Dans ce chapitre, on va présenter les moteurs pas à pas et les servomoteurs vu leur application sur les machines outil à commande numérique.

### II.2 Les moteurs pas à pas,

#### II.2.1 Introduction

Le moteur pas à pas fut inventé en 1936 par Marius La vêt, un ingénieur français des Arts et Métiers, pour l'industrie horlogère.

Ce type de moteur est très courant dans tous les dispositifs où l'on souhaite faire du contrôle de vitesse ou de position en boucle ouverte, typiquement dans les systèmes de positionnement et d'indexation.

L'usage le plus connu du grand public est dans les imprimantes, les scanner et les platines vinyles de DJ. Mais ils sont présents dans de nombreuses applications telles : les photocopieurs, imprimantes bancaires, robotique, instrumentation, pompes à perfusion, pousse-seringues, système de positionnement sur machine industrielle et machine-outil.

Il est évident que les moteurs pas à pas, de par leur technologie, présentent une très grande précision et une durée de vie quasi illimitée, l'usure mécanique étant pratiquement inexistante (absence de frottements).

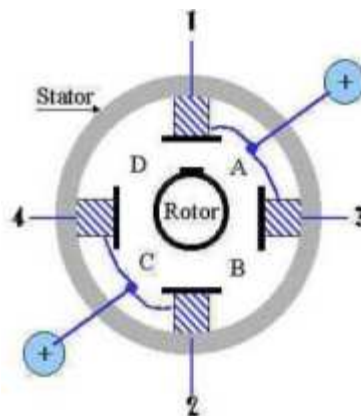
La figure ci-dessous nous montre l'aspect externe d'un moteur pas à pas.



**Figure II-1 :** Moteur pas à pas

Sa structure interne est donnée par la figure II-2, et comme tous les moteurs, un moteur pas à pas est constitué d'un :

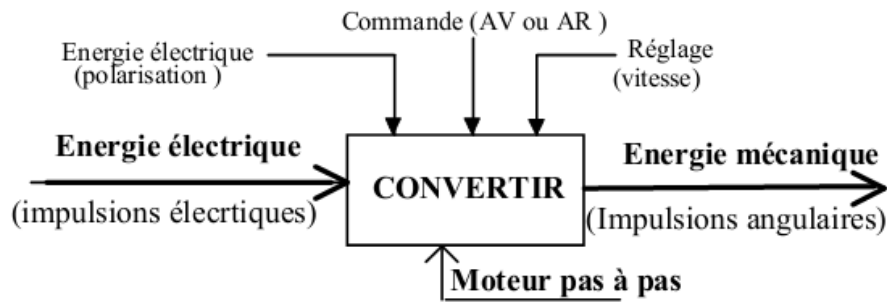
- **stator**, formé d'un circuit magnétique et des bobines (phases) dont le rôle est de créer un flux magnétique à directions multiples
- **rotor**, placé dans le flux du stator il se positionne suivant le flux maximum.



**Figure II-2 :** Structure interne d'un moteur pas à pas

## II.2.2 Principe de fonctionnement

Un moteur pas à pas est un actionneur qui transforme une information numérique sous forme de train d'impulsions en un nombre équivalent de pas angulaire de caractère incrémental.

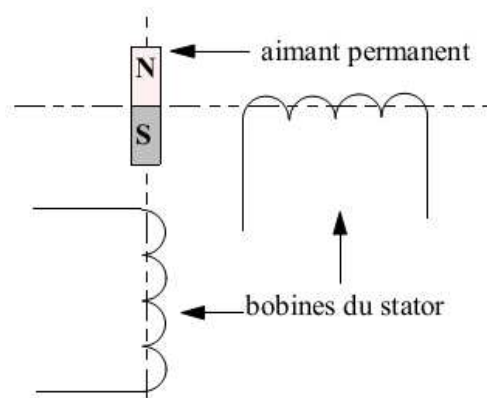


**Figure II-3 :** Schéma d'un moteur pas à pas

Si on place, sur un axe de rotation, entre deux bobines à axes perpendiculaires un aimant permanent on constate que :

- Si une seule bobine est alimentée l'aimant se positionne parallèlement à son axe
- Si on inverse le courant dans la bobine, l'aimant fait un 1/2 tour ( $90^\circ$ ) et reste parallèle à l'axe de la bobine
- Si les deux bobines sont alimentées, l'aimant se positionne suivant la bissectrice des deux axes

On dit que l'aimant se positionne de façon qu'il soit traversé par le maximum de flux : règle de flux maximal.



**Figure II-4 :** Principe de fonctionnement d'un moteur pas à pas

### II.2.3 Avantages et inconvénients

Les moteurs pas à pas présentent les avantages suivants :

- Rotation constante pour chaque commande (précision meilleure que 5% d'un pas).
- Existence de couple à l'arrêt.
- Contrôle de la position, de la vitesse et synchronisation de plusieurs moteurs.
- Moteur sans balais.

Cependant, ils ont les inconvénients suivants :

- Plus difficile à faire fonctionner qu'un moteur à courant continu.
- Vitesse et couple relativement faible.
- Couple décroissant rapidement lorsque la vitesse augmente.
- Résonance mécanique.

## II.2.4 Caractéristiques

Les caractéristiques mécaniques d'un moteur pas à pas sont :

- le pas par tour (valeurs classiques: 12, 24, 48, 100, 200),
- le couple,
- la vitesse de rotation maximum,
- la fréquence de résonance, rarement indiquée.

Les caractéristiques électriques sont définies par le voltage le courant et la résistance de chaque bobine. Le paramètre important est le courant qui ne doit jamais être dépassé.

## II.2.5 Les différents types des moteurs pas à pas

Il existe trois types de moteur pas à pas: les moteurs à aimants permanents et les moteurs à réluctance variable et les moteurs hybrides.

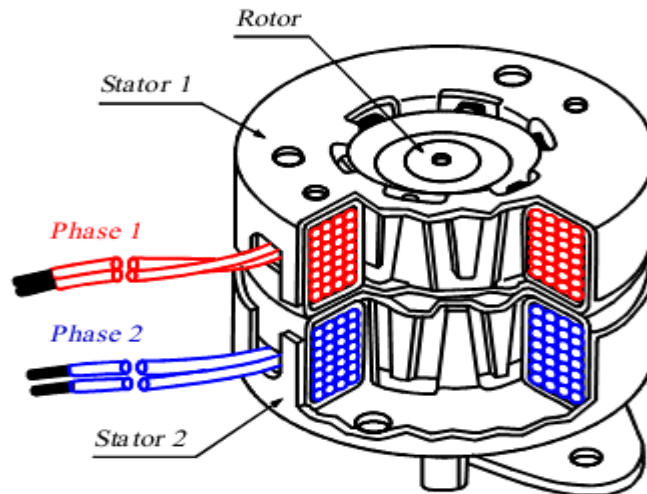
Malgré les différences existant entre les moteurs, le résultat recherché est l'avance d'un seul pas, c'est-à-dire la rotation de leur axe suivant un angle déterminé à chaque impulsion que l'une ou l'autre de leurs différentes bobines recevra. Cet angle, qui varie selon la constitution interne du moteur, est en général compris entre  $0.9^\circ$  et  $90^\circ$ .

Les moteurs les plus couramment rencontrés possèdent des pas de :

- $0,9^\circ$  soit 400 pas par tour.
- $1,8^\circ$  soit 200 pas par tour.
- $3,6^\circ$  soit 100 pas par tour.
- $7,5^\circ$  soit 48 pas par tour.
- $15^\circ$  soit 24 pas par tour.

### II.2.5.1 Les moteurs à aimants permanents

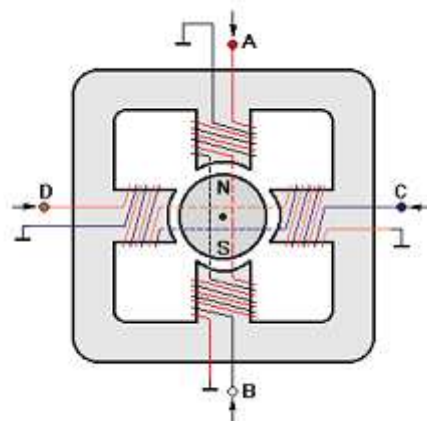
Les moteurs à aimants sont constitués d'un stator supportant les bobinages et d'un rotor magnétique (aimant bipolaire). Cette catégorie de moteur se subdivise en deux types : le moteur unipolaire et le moteur bipolaire.



*Figure II-5 : Moteur à aimants permanents*

- **Les moteurs unipolaires**

Une représentation schématisée d'un moteur unipolaire est donnée en Figure II.6. Afin d'inverser le sens du courant, les enroulements sont réalisés au moyen de deux fils dont l'une des extrémités est reliée au pôle + ou au pôle - de l'alimentation. La commande de ce type de moteur est la plus simple de tous les moteurs pas à pas puisqu'il suffira d'alimenter les bobinages à tour de rôle pour faire tourner l'axe d'un pas.

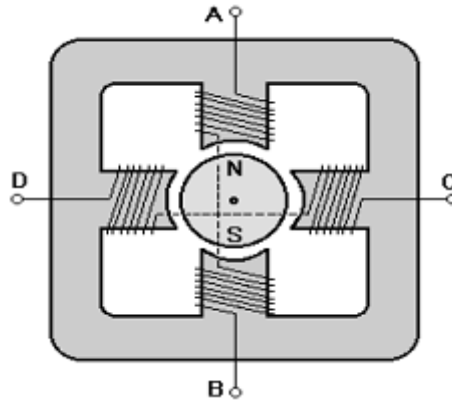


*Figure II-6 : Représentation schématique d'un moteur unipolaire*

Comme pour chaque type de moteur, le modèle unipolaire peut être commandé en mode monophasé, biphasé ou demi-pas.

- **Les moteurs bipolaires**

La Figure II-7 représente la constitution interne d'un moteur de type bipolaire. Ce type de moteur nécessite une commande plus complexe que celle du moteur unipolaire, le courant devant changer de sens dans les enroulements à chaque pas effectué.

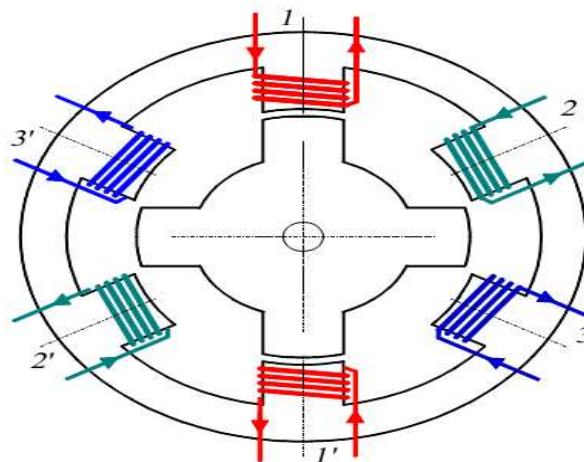


**Figure II-7 :** Représentation schématique d'un moteur bipolaire

Comme pour le modèle précédent, ce moteur peut être alimenté sous trois séquences différentes.

### II.2.5.2 Les moteurs à réluctance variable

Les moteurs à réluctance variable fonctionnent selon un principe différent de celui des moteurs à aimants permanents, Ils possèdent bien évidemment un stator et un rotor, mais ce dernier est fabriqué en acier doux non magnétique. Il n'est pas lisse et possède plusieurs dents. Ce type de moteur est représenté en Figure II-8 On peut voir, dans cet exemple, que le stator est composé de 6 plots sur lesquels sont enroulés les bobinages, ce qui donne 4 phases. Le rotor, quant à lui, ne comporte que 6 dents.



**Figure II-8 :** Moteur à réluctance variable

### II.2.5.3 Les moteurs hybrides

Le rotor comporte en périphérie des dentures polarisées par aimants, les aimants permanents ont caractéristiques principales suivantes :

- Bonne résolution (jusqu'à 400 pas par tour).
- Couple plus important que les moteurs à réluctance variable.
- Fréquence de commutation élevée.

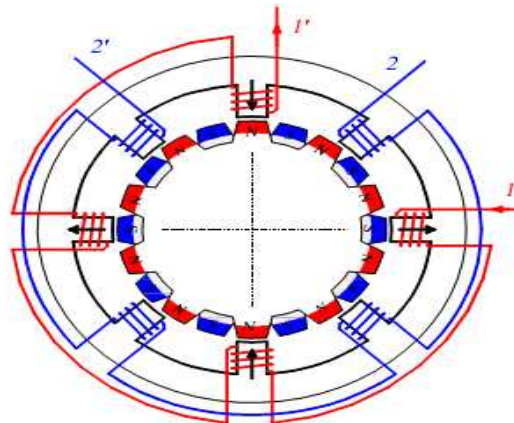


Figure II-9 : La structure interne d'un moteur hybride

### II.2.6 Comparaison entre les trois types de moteurs pas à pas

Le tableau ci-dessous donne une comparaison entre les divers types de moteurs pas à pas.

Type de moteur pas à pas	Moteur à réluctance variable	Moteur à aimants permanents	Moteur hybride
<b>Résolution (nb de pas par tour)</b>	Bonne	Moyenne	Elevée
<b>Couple moteur</b>	Faible	Elevée	
<b>Sens de rotation</b>	Dépend : - de l'ordre d'alimentation des phases	Dépend : - de l'ordre d'alimentation des phases - du sens du courant dans les bobines	
<b>Fréquence de travail</b>	Grande	Faible	Grande
<b>Puissance</b>	Quelques Watts	Quelques dizaines de Watts	Quelques KWatts
<b>Inconvénients</b>	Pas de mémoire de position	/	

## II.2.7 Mode de commande

La rotation du moteur s'effectue par une séquence d'alimentation des divers enroulements de phases en unipolaire ou en bipolaire. La génération d'un couple est intimement liée aux courants circulant dans les phases. Chaque commutation entraîne d'une phase transitoire dont la durée peut varier selon le type de contrôle (tension ou courant).

### II.2.7.1 Mode 1 : commande en pas entier, une phase ON

Une seule phase est alimentée à la fois par injection d'un courant nominal  $I_n$ . C'est dans ce mode que le fabricant définit le pas angulaire du moteur. La Figure II.10 illustre la séquence des alimentations de phases pour un moteur à aimants permanents.

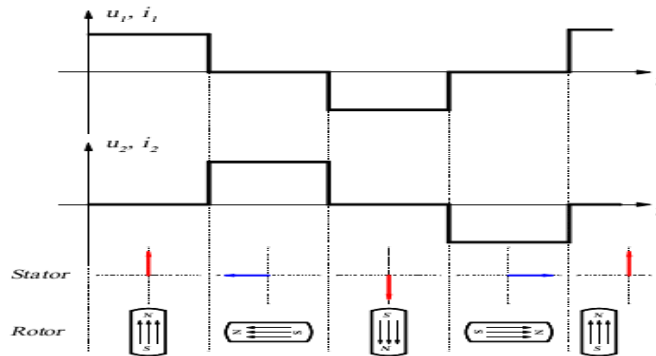


Figure II-10 : Commande dans le mode 1

### II.2.7.2 Mode 2 : commande symétrique en pas entier, deux phases ON

Deux phases du moteur sont alimentées simultanément par un courant nominal  $I_n$ . Le couple moteur est multiplié par 2 par rapport au contrôle selon le mode 1. Le pas angulaire est identique au mode 1 mais les positions d'équilibre sont intermédiaires aux précédentes. La Figure II.11 illustre la séquence des alimentations de phases pour un moteur à aimants permanents.

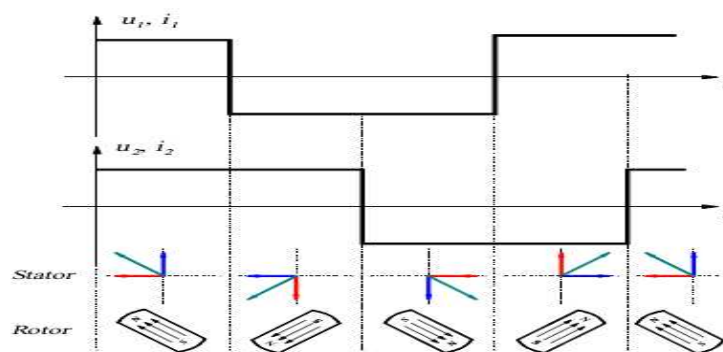


Figure II-11 : Commande dans le mode 2



### II.2.7.3 Mode 3 : commande asymétrique en demi pas, une ou deux phases ON

La combinaison en alternance du mode 1 et du mode 2 permet le fonctionnement en demi-pas. Pour effectuer un déplacement donné, il faut doubler le nombre d'impulsions de commande. Les couples quasi statiques ne sont pas identiques selon si une ou les deux phases sont alimentées. La Figure II.12 illustre la séquence des alimentations de phases pour un moteur à aimants permanents.

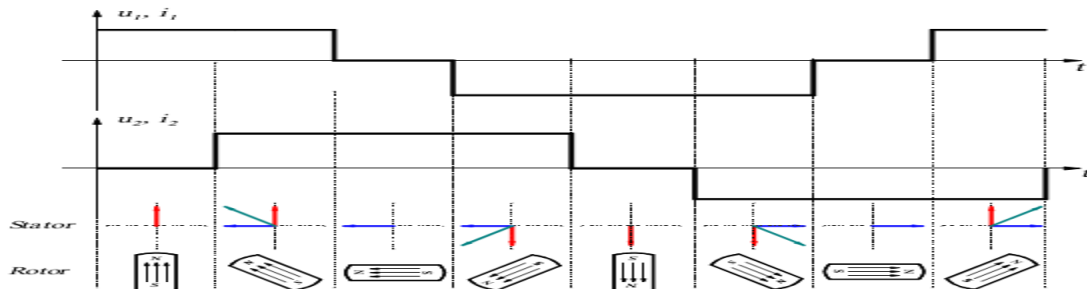


Figure II-12 : Commande dans le mode 3

### II.2.7.4 Mode 4 : commande symétrique en demi pas, une ou deux phases ON

Pour un fonctionnement régulier en demi-pas, il faut augmenter le courant d'un facteur 2 lorsqu'une seule phase est alimentée. On a ainsi les performances de couple du mode 2 mais avec deux fois plus de pas. La Figure II.13 illustre la séquence des alimentations de phases pour un moteur à aimants permanents.

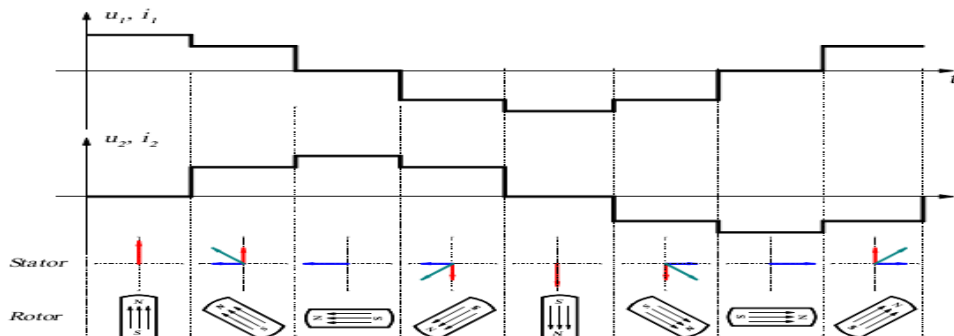


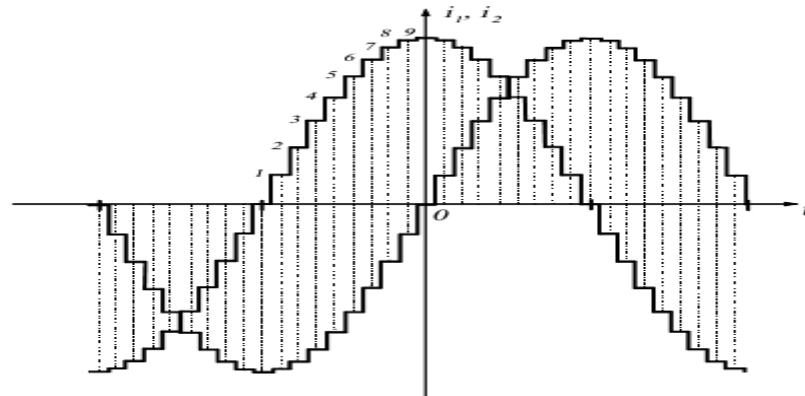
Figure II-13 : Commande dans le mode 4

### II.2.7.5 Mode 5 : commande micro pas

Ce mode consiste à multiplier les positions intermédiaires en asservissant le courant de chaque phase. Il constitue une généralisation du mode 4.

Pour des moteurs classiques, le mode 5 permet une rotation continue entre deux positions d'équilibre, en amortissant les oscillations à basse fréquence de vitesse, causées de

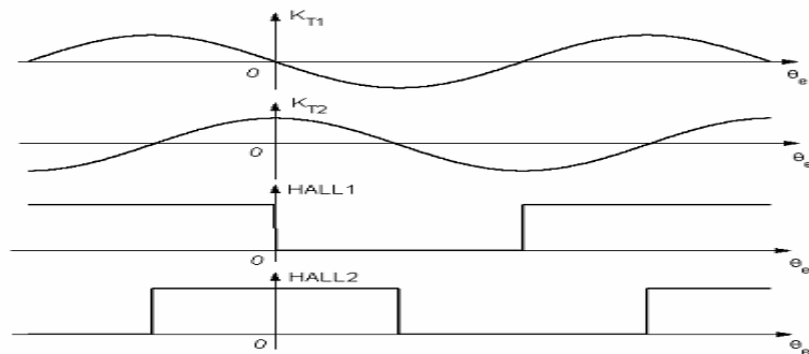
certaines instabilités dans une rotation incrémentale. Ce mode est très performant mais n'est pas économique.



*Figure II-14 : Commande dans le mode 5*

### II.2.7.6 Mode 6 : commande en auto commutation (utilisation d'un capteur)

Dans ce mode un capteur composé de deux senseurs est nécessaire pour déterminer la position relative rotor-stator du moteur pas à pas.



*Figure II-15 : Commande dans le mode 6*

## II.3 Les servomoteurs

Un servomoteur est un moteur capable de maintenir une position à un effort statique et dont la position est vérifiée en continu et corrigée en fonction de la mesure, c'est donc un système asservi.

Dans le cas d'un moteur rotatif, la position est une valeur d'angle et, dans le cas d'un moteur linéaire une distance. On utilise des moteurs électriques (continu, asynchrone, brushless) aussi bien que des moteurs hydrauliques. Le démarrage et la conservation de la position prédéterminée sont commandés par un système de réglage.

Pour un ajustement précis de la position, le moteur et son réglage sont équipés d'un système de mesure qui détermine la position courante (p. ex. l'angle de rotation parcouru relatif à une position de départ) du moteur. Cette mesure est effectuée sur un réglage rotatif, p. ex. un résolveur, un réglage incrémental ou un réglage absolu (réalisable p. ex. par un potentiomètre).

Donc, en résumé, un servomoteur est un ensemble mécanique et électronique comprenant :

- Un moteur à courant continu de très petite taille ;
- Un réducteur en sortie de ce moteur diminuant la vitesse mais augmentant le couple ;
- Un potentiomètre (faisant fonction de diviseur résistif) qui génère une tension variable, proportionnelle à l'angle de l'axe de sortie ;
- Un dispositif électronique d'asservissement ;
- Un axe dépassant hors du boîtier avec différents bras ou roues de fixation.

Dans une certaine mesure, ces moteurs peuvent être remplacés par des moteurs pas-à-pas qui occasionnent moins de dépenses. Mais les moteurs pas-à-pas peuvent toutefois, dans certaines conditions, commettre des erreurs de mise en position (sauter des pas). De plus, les servomoteurs – généralement avec boîte de vitesses – peuvent délivrer des couples plus élevés et être actionnés avec des vitesses de rotation plus importantes, ce qui est favorable lors des applications dynamiques qui exigent particulièrement une sécurité de travail élevée ou des temps d'ajustage rapides.

Il existe une vaste gamme de servomoteurs : des gros modèles industriels de plusieurs kilogrammes à courant alternatif, avec des boîtiers et carters d'engrenages en métal, jusqu'aux minuscules servomoteurs en plastique de quelques grammes à courant continu que l'on retrouve en modélisme dans les avions, les bateaux, les voitures et les hélicoptères modèles réduits.

### **II.3.1 Avantages et inconvénients**

Par rapport à d'autre moteur, les servomoteurs :

- Sont relativement précis,

- Sont facilement contrôlable que ce soit via un microcontrôleur ou via un circuit analogique,
- Ont un couple important,
- Permettent un asservissement de la position de l'axe,
- Ont des dimensions standardisées.

D'autre part :

- Le couple et la précision dépendant directement de la qualité de fabrication,
- Ils sont plus chère,
- Leur vitesse de rotation est assez lente.

### II.3.2 L'aspect

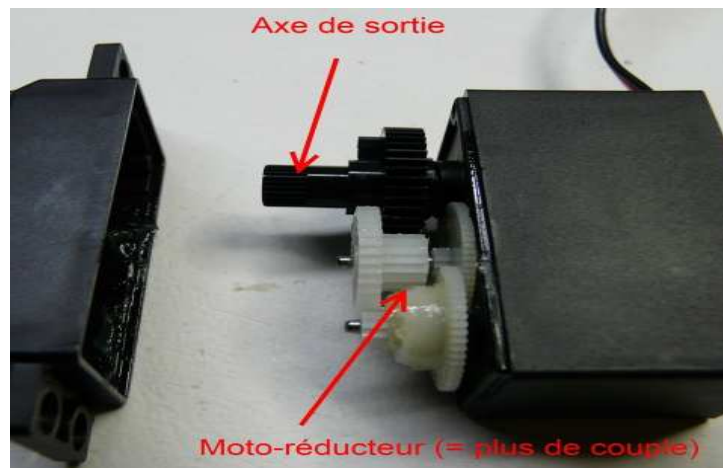
Un servomoteur est constitué d'un corps (de taille standardisé) comportant des fixations sur les cotés et d'un axe sur lequel est vissé un système d'accouplement.

Le câblage ce fait à travers 3 fils, un fil de masse, un autre d'alimentation et un dernier de signal.



*Figure II-16 : aspect extérieur d'un servomoteur*

De l'intérieur, les engrenages forment un motoréducteur qui réduit considérablement la vitesse du moteur, ce qui résulte plus de couple sur l'axe de sortie du servomoteur et bien sûr une vitesse plus petite que la vitesse du moteur lui-même.

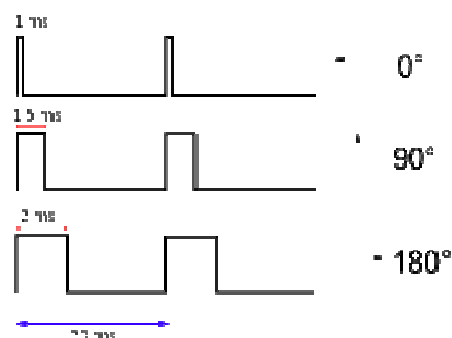


*Figure II-17 : réducteur d'un servomoteur*

### II.3.3 L'électronique de contrôle

C'est elle qui dirige les servomoteurs et lui donne sa précision, une électronique de mauvaise qualité même avec un système d'engrenage et un moteur de qualité aura des résultats médiocre.

Les servomoteurs sont commandés par l'intermédiaire d'un câble électrique à trois fils qui permet d'alimenter le moteur et de lui transmettre des consignes de position sous forme d'un signal codé en largeur d'impulsion plus communément appelé PWM. Cela signifie que c'est la durée des impulsions qui détermine l'angle absolu de l'axe de sortie et donc la position du bras de commande du servomoteur. Le signal est répété périodiquement, en général toutes les 20 millisecondes, ce qui permet à l'électronique de contrôler et de corriger continuellement la position angulaire de l'axe de sortie, cette dernière étant mesurée par le potentiomètre.



*Figure II-18 : commande la position du servomoteur*

# Chapitre III

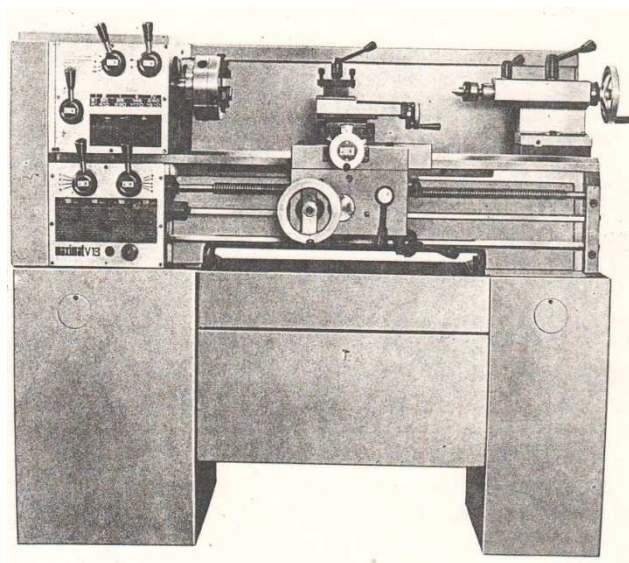
## Numérisation de l'emco maximat V13

### III.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons étudier les différentes modifications à effectuer sur un tour conventionnel pour pouvoir le rendre un tour numérique.

Dans notre cas, on a trouvé un tour conventionnel en panne au niveau du hall technologique de notre département, c'est un emco maximat v13. C'est l'un parmi 09 tours conventionnels disponibles ; sa numérisation est un ajout sur l'équipement du hall, et toutes les pièces enlevées -comme on va le voir prochainement- seront très utiles en cas où de nouvelles pannes apparaissent sur les autres tours.

La figure III-1 présente un tour maximat v13 du constructeur emco, ses caractéristiques sont présentées en annexe C à la fin de ce document.



*Figure III-1 : tour emco maximat v13*

## III.2 Démarche de numérisation

Pour pouvoir numériser l'emco maximat v13, on doit suivre le plan suivant :

- Définir les différentes pièces non nécessaires au fonctionnement du tour après sa numérisation.
- Remplacer les pièces nécessaires au fonctionnement par des pièces adéquates.
- Installer des servomoteurs pour commander le mouvement de rotation de la broche, de déplacement du trainard et du chariot transversal, et finalement la sélection de l'outil.

## III.3 Pièces à enlever et celles à remplacer

### III.3.1 Banc trempé

Sur le banc trempé (voir figure III-2), les pièces citées dans le tableau III-1 deviennent inutiles et peuvent être enlevées.

*Tableau III-1 : Pièces à enlever du banc trempé*

POS	Réf.NO	Désignation
2	D1A 000 320	Vis mère 650 M
3	D1A 000 330	Barre de chariotage
4	D1A 000 340	Broche de vitesse
6	ZFD 85 5520	Clavette
7	D1A 190 010	Manchon d'accouplement
8	D1A 190 020	Goupille
9		Rondelle embrayage
10	D1A 180 020	Porte sphère
11	D1A 180 030	Rondelle
12	D1A 180 040	Bague fileté
13	D1A 180 050	Ressort
15	ZKG 00 1060	Bille acier
16	D1A070220	Goupille de cisaillement
17	H1A 000 380	Ressort de compression
18	ZKG 00 1040	Bille acier
24	ZSR 12 0616	Vis 6 pans creux
25	D1A 000 350	Support de vis mère
26	ZSR 12 1055	Vis 6 pans creux
27	D1A 000 360	Douille - palier
28	ZST 81 0855	Goupille

29	ZRG 71 1210	Bague de Sécurité
30	ZSB 14 1200	Rondelle
31	ZLG 51 1010	Palier de butée
32	D1A 000 610	Ecrou
33	ZST 13 0608	Vis pointeau
34	S2A 010 090	Pastille
<b>En totale : 26 position à enlever</b>		

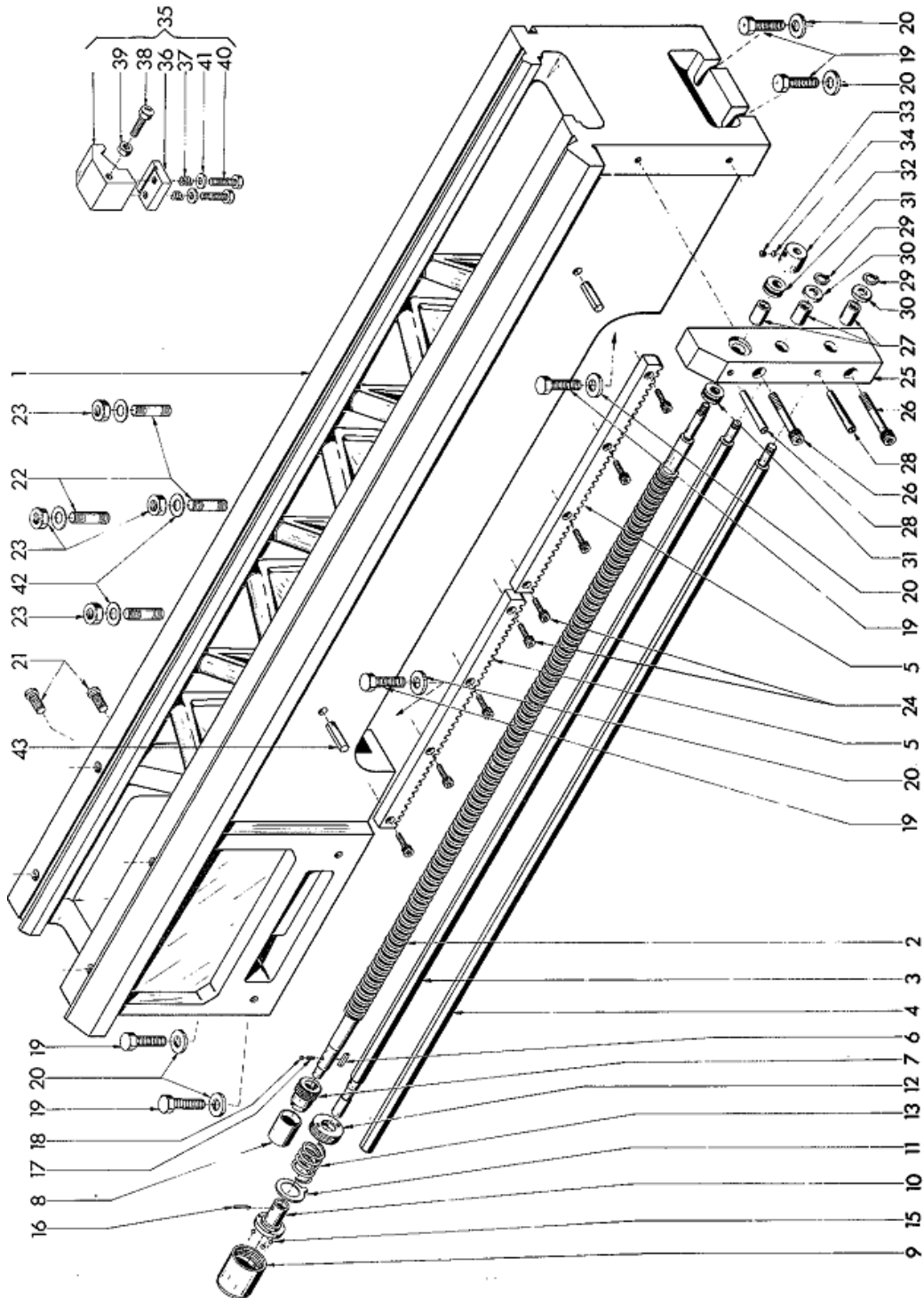


Figure III-2 : Banc trempé et ses accessoires



### III.3.2 La boîte des vitesses

Sur la boîte des vitesses (voir figure III-3 et 4), les pièces citées dans le tableau III-2 deviennent inutiles et peuvent être enlevées. Ceux cités sur le tableau III-3 doivent être remplacés par d'autres pièces :

- La plaquette indicatrice (position N° 106) doit être remplacée par une autre plaquette sans trous pour conserver l'huile de lubrification de la boîte des vitesses.
- Les positions 5, 42, 45 et 47, respectivement l'engrenage 85 dents, l'engrenage 34 dents, l'engrenage 61 dents et la clavette, doivent être remplacés par un seul engrenage 61 dents ayant une bague suffisamment longue et cannelé de l'autre extrémité pour assurer une liaison avec la broche.
- Les positions 52, 54 et 55, respectivement l'engrenage 34 dents, l'engrenage 47 dents et la clavette, doivent être remplacés par un seul engrenage 47 dents cannelé pour pouvoir l'entraîner avec l'arbre de renvoi

**Tableau III-2 : Pièces à enlever de la boîte des vitesses**

POS	Réf.NO	Désignation
10	D1A 030 100	Engrenage double 36
11	D1A 030 110	Pignon baladeur crabot m3le
12	D1A 030 120	Axe palier
13	ZRG 05 6101	Bague d'étanchéité
16	D1A 030 151	Bouchon
21	D1A 030 211	Collet
22	D1A 030 221	Arbre du baladeur
23	D1A 030 230	Entretoise
24	D1A 030 240	Coussinet
25	D1A 030 250	Tige de Commande 1
26	D1A 030 260	Tige de Commande 2
27	D1A 030 270	Moyen de manette
28	D1A 030 280	Moyen de manette
29	D1A 030 290	Moyen de manette
30	D1A 030 300	Patin
33	D1A 030 330	Doit du baladeur
34	D1A 030 350	Plaquette indicatrice 1
35	D1A 030 360	Plaquette indicatrice 2
36	D1A 030 370	Plaquette indicatrice 3
39	D1A 030 410	Rondelle – disque
57	D1A 034 010	Arbre porte- balaie

58	D1A 034 020	Boulon du baladeur
63	D1A 000 390	Ressort
64	POH 000 160	Ecusson
75	ZFD 85 6420	Clavette
79	ZLG 76 2917	Cage à aiguilles
80	ZLG 79 2520	Roulement à aiguilles
81	ZOR 02 8025	Bague
82	ZSR 12 0610	Vis 6 pans creux
84	ZOR 00 8020	Bague
89	ZST 51 0610	Vis pointeau
90	ZST 16 1016	Vis pointeau
91	20F 39 3010	Bouton conique
92	ZLG 76 2210	Cage à aiguilles
93	ZOR 02 2020	Bague
94	ZSB 12 1610	Rondelle
95	ZRG 71 1812	Bague de sécurité
96	ZFD 85 6430	Clavette
97	ZSR 12 0630	Vis 6 pans creux
98	ZLG 78 1818	Cage à aiguilles
99	ZRG 60 2207	Bague d'étanchéité
100	ZKG 00 1060	Bille acier
103	ZNA 76 0144	Rivet de fixation
105	ZAL 81 0428	Goupille tendue
<b>En totale : 44 position à enlever</b>		

*Tableau III-3 : Pièces à remplacer sur la boîte des vitesses*

<b>POS</b>	<b>Réf.NO</b>	<b>Désignation</b>
106	D1A000221	Plaquette indicatrice
42	D1A 031 011	Engrenage 34
45	D1A 031 040	Engrenage 61
47	ZFD 85 8583	Clavette
5	D1A 030 050	Engrenage 85
52	D1A 033 010	Engrenage 34
54	D1A 033 030	Engrenage 47
55	ZFD 85 8725	Clavette

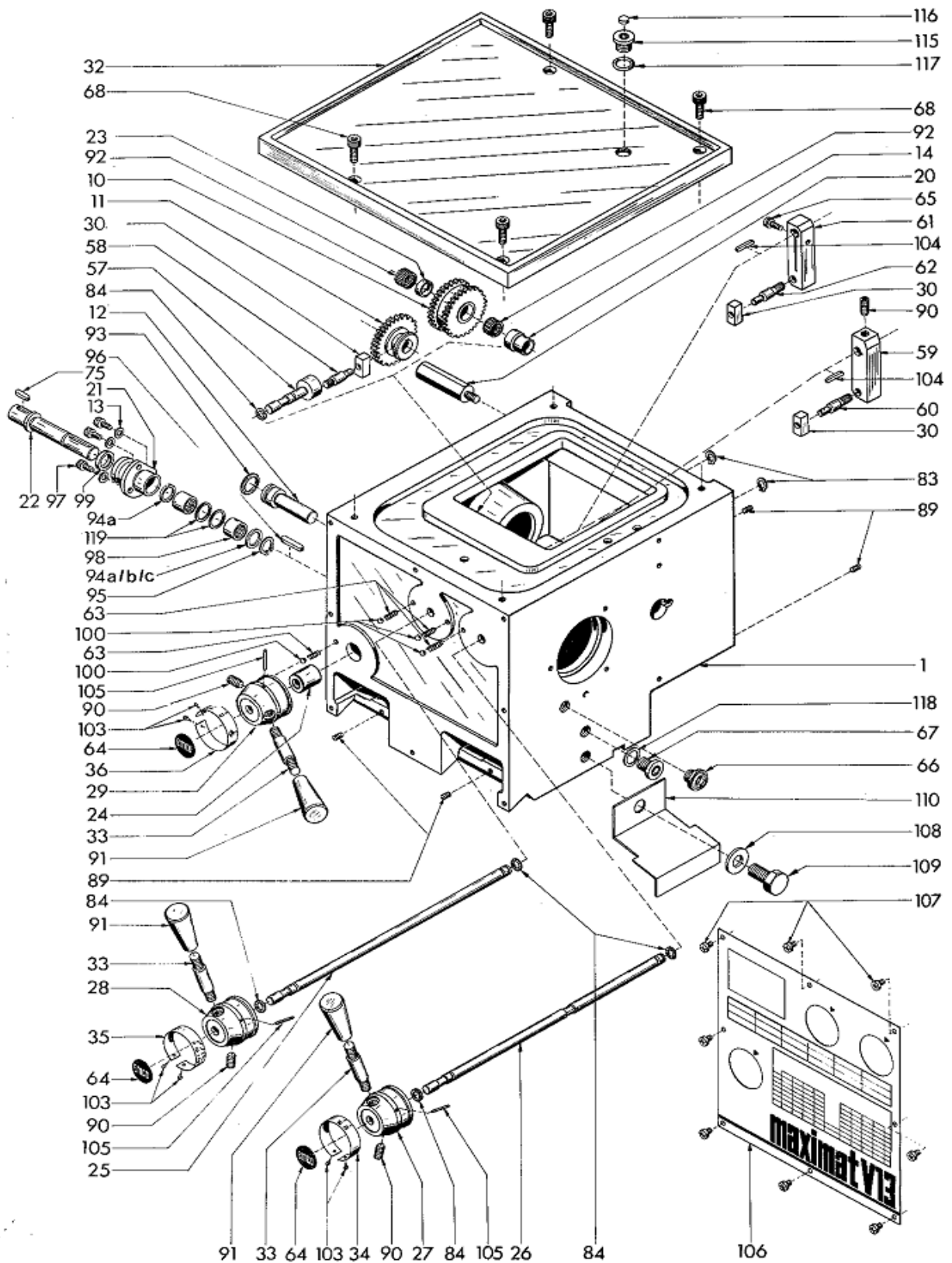


Figure III-3 : la boîte des vitesses

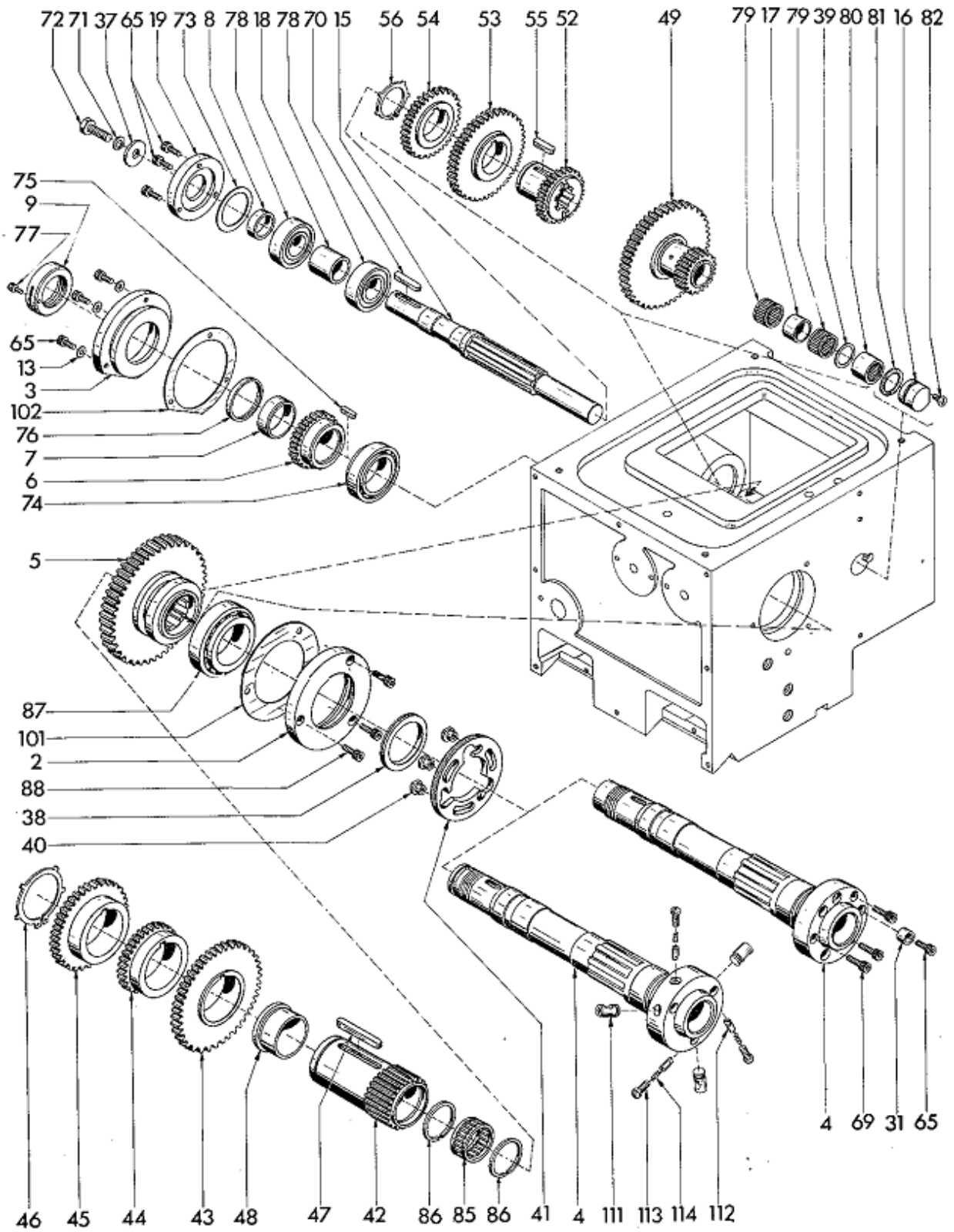


Figure III-4 : la boîte des vitesses

### III.3.3 La boîte des avances

Toutes les pièces citées dans le tableau III-4 et figurant sur la figure III-5 (boîte des avances) peuvent être enlevées sauf le bouton poussoir : arrêt d'urgence (position N° 66).

**Tableau III-4 : Pièces à enlevées sur la boîte des avances**

POS	Réf.NO	Désignation
1	D1A 070 010	Botte de changement d'avance
2	D1A 070 020	Arbre du baladeur
3	D1A 070 030	Arbre
4	D1A 070 040	Douille
5	D1A 070 050	Pignon baladeur crabot male
6	D1A 070 060	Engrenage
7	D1A 070 070	Pignon baladeur crabot
8	D1A 070 080	Engrenage Ww
9	D1A 070 090	Engrenage Ww
10	D1A 070 100	Engrenage Ww
11	D1A 070 110	Douille d'écartement
12	D1A 070 250	Douille - palier
13	D1A 070 130	Moyen de manette
14	D1A 070 210	Goupille
15	D1A 070 220	Goupille de cisaillement
16	D1A 070 230	Plaquette indicatrice de
17	D1A 070 240	Plaquette indicatrice de mouvement
18	D1A 071 010	Doit du baladeur
19	D1A 071 020	Boulon
21	ZHL 81 0620	Goupille fendue
22	D1A 072 011	Palier porte-lyre
23	D1A 070 120	Douille -palier
24	ZRG 60 2507	Bague d'étanchéité
25	D1A 073 010	Couvercle de roulement
26	D1A 073020	Douille-pallier
27	D1A 074 010	Engrenage 25 M
28	D1A 074020	Douille – palier
29	D1A 075 010	Engrenage 27
30	D1A 075 020	Douille - palier
32	D1A 076 011	Bride
33	D1A 078 021	Douille - palier
34	ZRG 502007	Bague d'étanchéité
35	D1A 077 010	Arbre
36	DIA 077 020	Douille - palier

37	D1A 030 300	Patin
38	D1A 030 330	Doit du baladeur
39	B2Z 321 040	Ressort
40	ZKG 00 1060	Bille acier
41	ZOR 00 8020	Bague
42	ZST 16 1016	Vis pointeau
43	ZGF 39 3010	Bouton conique
44	ZSR 12 0612	Vis6 pans creux
45	ZFD 85 6400	Clavette
46	ZFD 35 6425	Clavette
47	ZFD 85 6420	Clavette
48	ZDK 80 3800	Voyant d'huile
49	ZSR 08 3800	Vis de fermeture
50	ZFD FiS 6416	Clavette
51	ZRG 60 2507	Bague d'étanchéité
52	ZRG 05 1215	Bague d'étanchéité
53	ZSB 10 5352	Rondelle
54	ZRG 21 0250	Rondelle - segment
55	ZSR 40 1045	Vis sans tête
56	ZNA 76 0144	Rivet de fixation
57	V-IL 81 0428	Goupille fendue
58	ZSB 12 2001	Rondelle
59	258 12 2501	Rondelle
60	258 12 1010	Vis 6 pans creux
62	ZSR 89 0508	Vis
63	D1A 000 300	Plaquette M
64	D1A 000 411	Plaquette M
65	ZEL 22 1220	Interrupteur
66	ZEL 40 0002	Interrupteur à boutons poussoirs
67	ZEL 21 9001	Commutateur standard
68	D1F 120 090	Engrenage 12
69	DIP 120 070	Bitter
70	ZBB5 0320	Rondelle
71	288 33 0306	Vis hexagonale
72	ZMU 34 0400	Ecron6pans
73	ZFIG 28 0040	Rondelle-ressort
74	01F 120 100	Rondelle
75	ZRG 71 2012	Rondelle-segment
76	D1F 120 080	Engrenage 29
77	ZDK 50 4172	Bouchon fileté
<b>En totale : 77 position à enlever</b>		

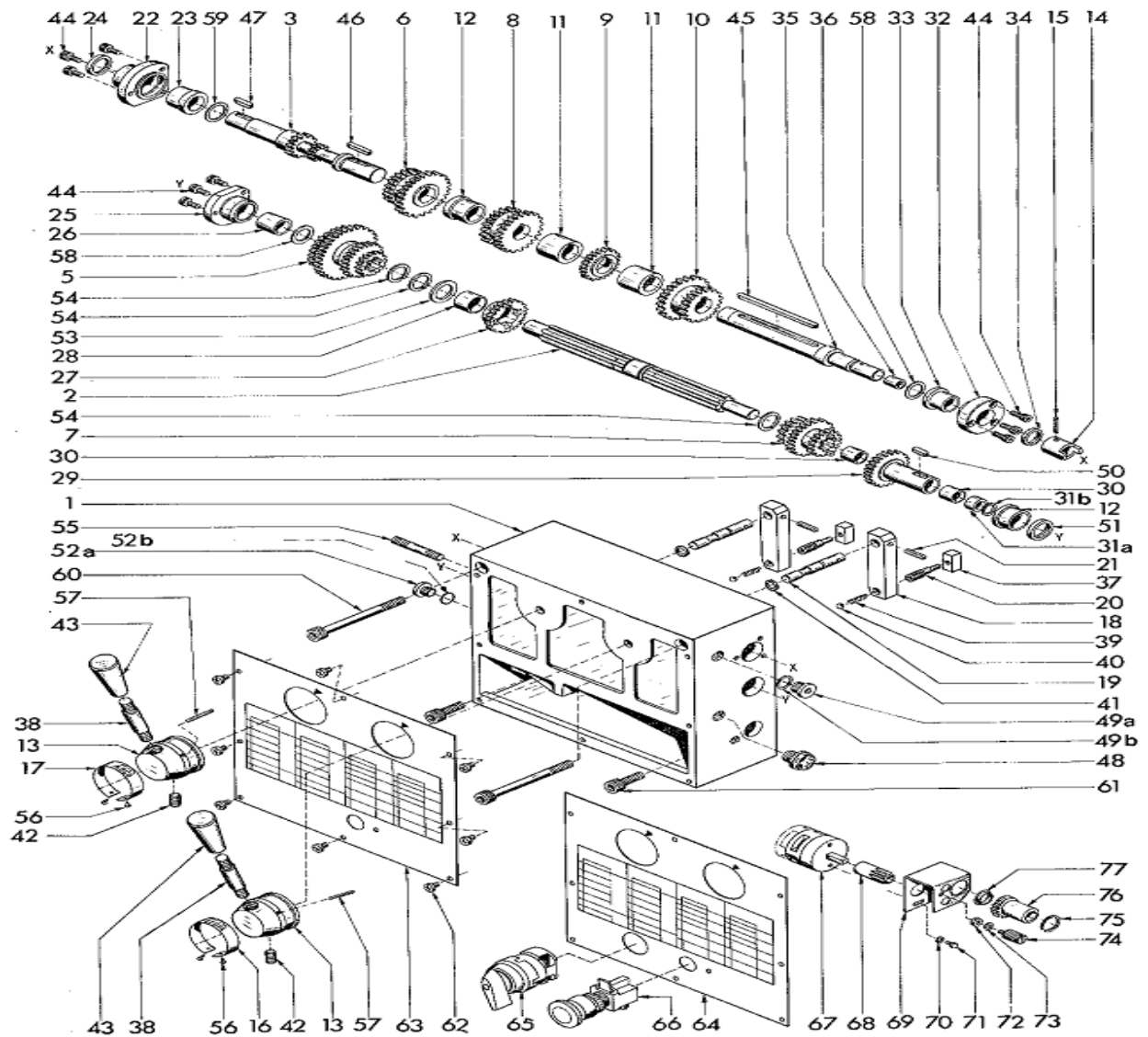


Figure III-5 : la boite des avances

### III.3.4 Lyre

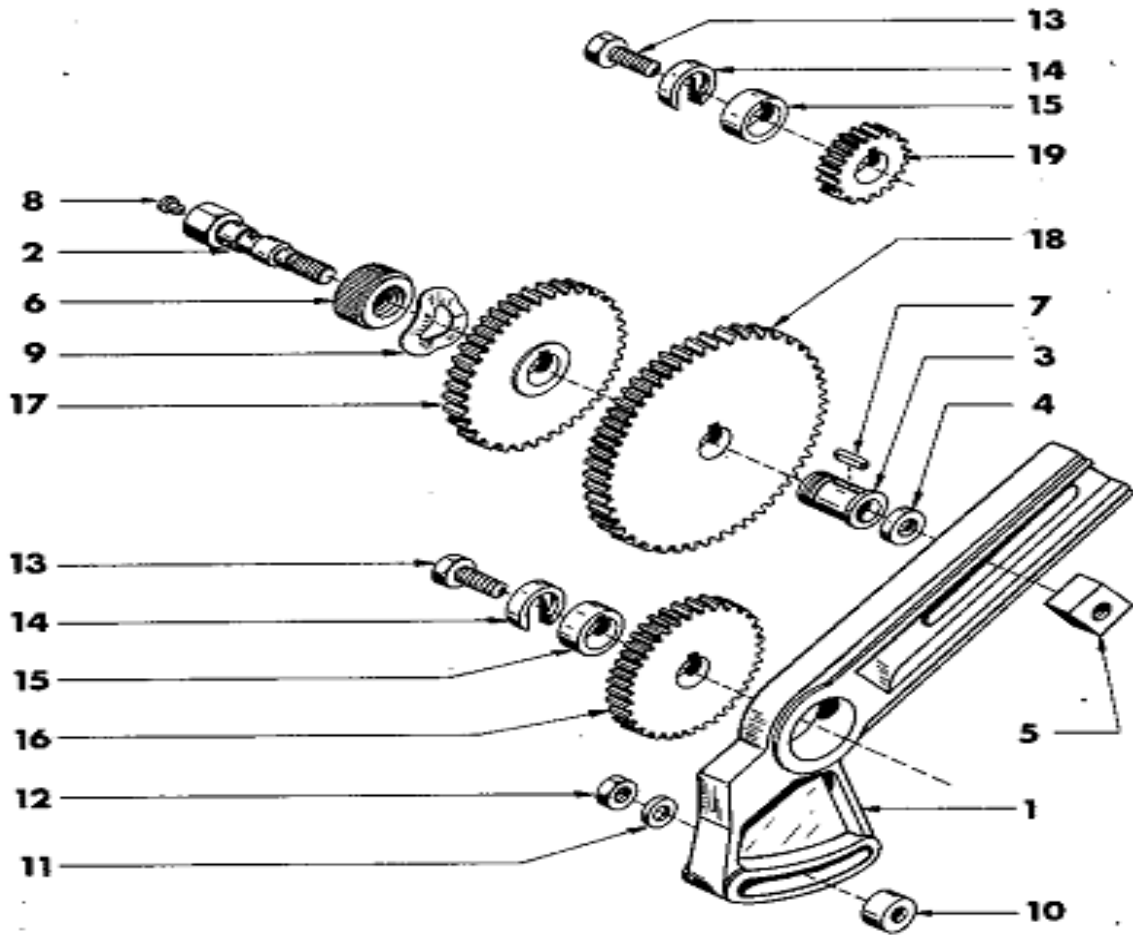
Toutes les pièces citées dans le tableau III-5 et figurant sur la figure III-6 (Lyre) peuvent être enlevées.

Tableau III-5 : Pièces à enlevées sur Lyre

POS	Réf-NO	Désignation
1	D1A 000 040	Lyre
2	D1A 000 050	Axe
3	D1A 000 060	Coussinet
4	D1A 000 070	Rondelle
5	D1A 000 080	Boulon tête carrée
6	D1A 000 090	Ecrou

7	ZFD 85 8420	Clavette
8	ZNP 01 2000	Graisseur
9	ZSB 02 6300	Rondelle
10	D1A000 110	Bague d'écartement
11	ZSB25 1050	Rondelle
12	ZMU34 1000	Ecrou
13	ZSR331020	Boulon 6 pans
14	D1A000650	Rondelle
15	D1A000100	Manchon
16	D1A000150	Engrenage 80 M
17	D1A00030	Engrenage 100 M
18	D1A000120	Engrenage 127
19	D1A000140	Engrenage 40

**En totale : 19 position à enlever**



*Figure III-6 : Lyre*



### III.3.5 Trainard et chariot transversal :

Toutes les pièces citées dans le tableau III-6 et figurant sur la figure III-7 (Trainard et chariot transversal) peuvent être enlevées. Le volant (position N° 34 – voir figure III-6) doit être remplacé par un pignon dont le nombre de dents est calculé en fonction du servomoteur à placer au dessous du trainard pour assurer le déplacement du trainard.

*Tableau III-6 : Pièces à enlevées sur Trainard et chariot transversal*

<b>POS</b>	<b>Réf.NO</b>	<b>Désignation</b>
33	D1A 020 030	Pignon de crémaillère
35	D1A 020 051	Vernier M
36	D1A 020 060	Plaque
37	D1A 020 080	Plaque M
38	D1A 010 220	Ressort à lame
39	ZSR 14 0256	Vis
40	ZMU85 1000	Ecrou
41	ZSB 25 1050	Rondelle
42	ZNA 76 0144	Rivet de fixation
43	ZFD 85 5520	Clavette
44	ZLG 51 1020	Palier de butée
45	D1A 022000	Manette conique
47	D1A 021 020	Douille
<b>En totale : 13 position à enlever</b>		

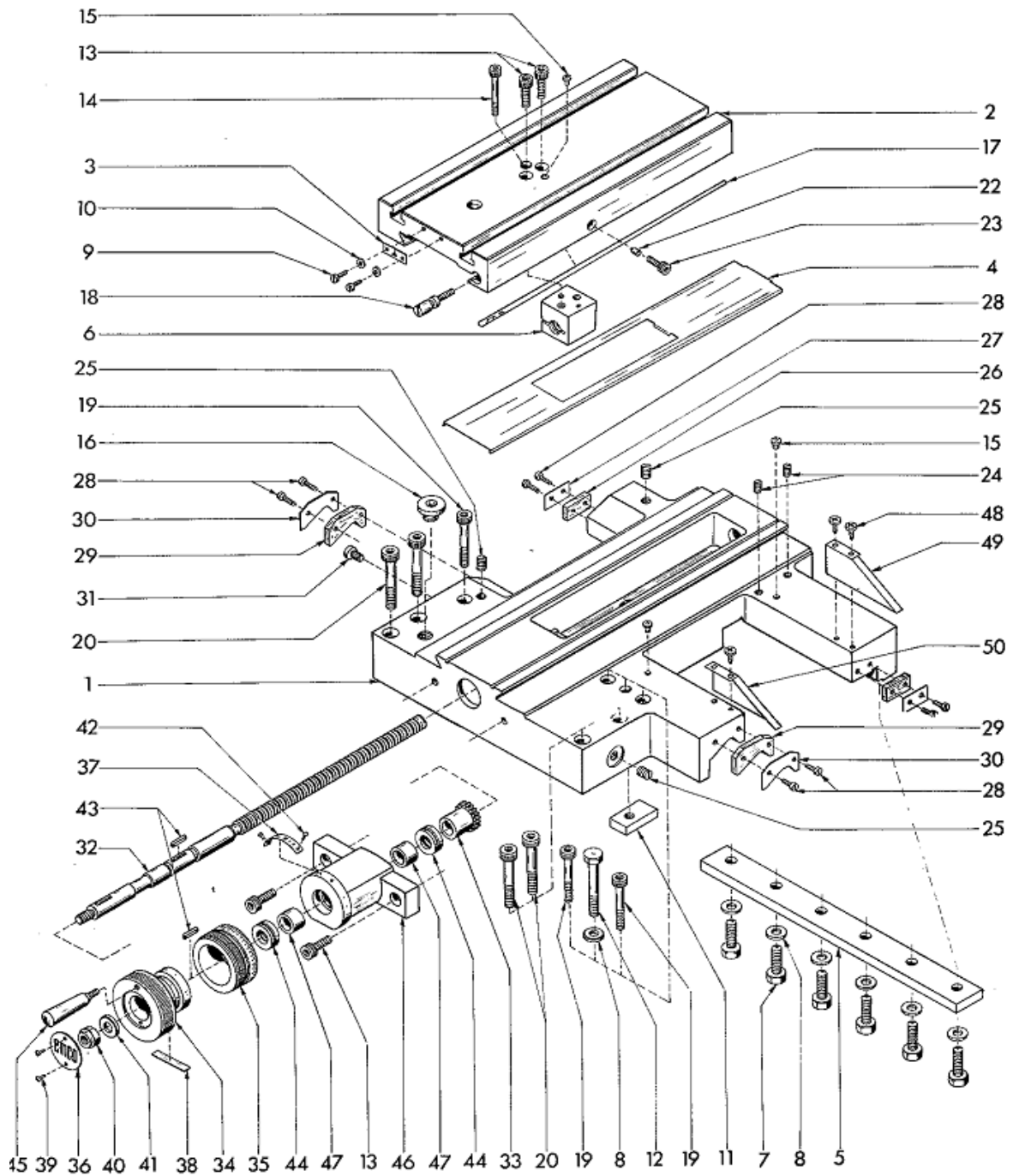


Figure III-7 : Trainard et chariot transversal

### III.3.6 Chariot supérieur

Sur chariot supérieur (voir figure III-8), les pièces citées dans le tableau III-7 deviennent inutiles et peuvent être enlevées. Ceux cités sur le tableau III-8 doivent être remplacés par d'autres pièces :

- Les positions 1, 2 et 10, Support supérieur Base du chariot et Rondelle plate 1, doivent être remplacés par un engrenage avec arbre dont le nombre de dents est

calculer en fonction du servomoteur à placer pour commander la sélection de l'outil (rotation du porte outil) et centré sur un support avec alésage fixé sur le support transversal du trainard par les quatre glissières (position N° 12).

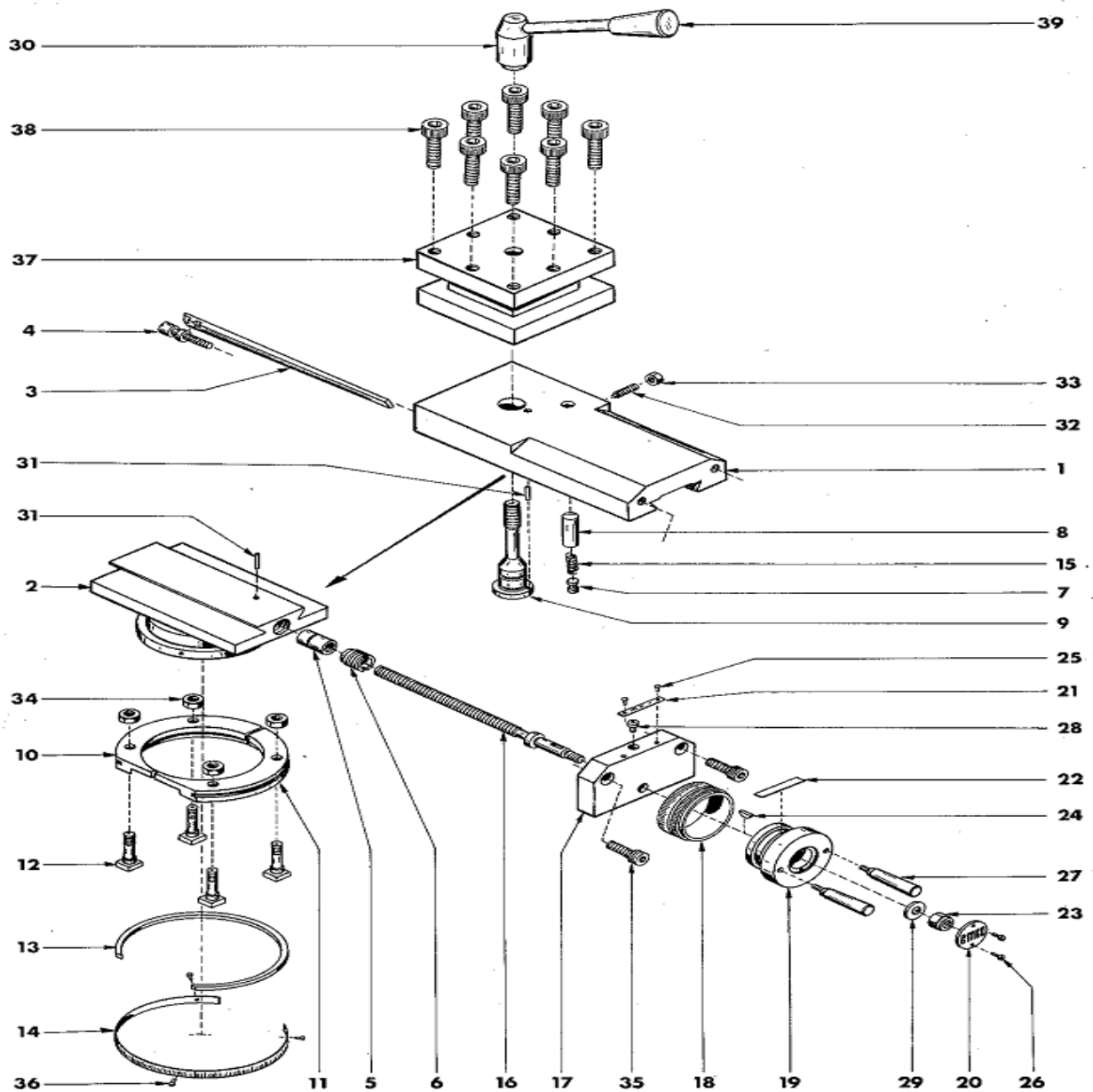
- Le levier (position N° 30) avec le boulon axe du porte outil (position N° 9) doivent être remplacé par un boulon de fixation avec écrou. L'assemblage engrenage, porte outil et le support aléser doit être avec jeu pour permettre la rotation du porte outil (le porte outil et l'engrenage sont considérer solidaire).

**Tableau III-7 : Pièces à enlever du chariot supérieur**

<b>POS</b>	<b>Réf.NO</b>	<b>Désignation</b>
1	D1A 050 010	Support supérieur
5	D1A 050 051	Noix du chariot supérieur M
6	D1A 050 060	Bague fileté de réglage
7	D1A 050 070	Boulon
8	D1A 050 080	Boulon index
9	D1A 050 090	Boulon axe du porte outil
13	D1A 050 130	Rondelle -segment
14	D1A 050 140	Echelle
15	B2A 060 070	Ressort e pression
16	D1A 051 011	Broche M
17	D1A 051 020	Palier de broche
18	D1A051 030	Vernier M
19	D1A 051 040	Volant
20	C4A 020 060	Ecusson "EMCO"
21	D1A 020 070	Plaque M
22	D1A 010 220	Ressort a lame
23	ZMU 82 0300	Ecrou a 6 pans
24	ZFD 88 0337	Clavette de poulie
25	ZNA 76 0144	Rivet de fixation
26	ZSR 14 0256	Vis anti taraudante
27	ZGF 38 6219	Manette
28	ZNP 01 1000	Graisneur
29	ZSB 25 0340	Rondelle
36	ZNA 76 0144	Rivet de fixation
<b>En totale : 24 position à enlever</b>		

**Tableau III-8 : Pièces à remplacer sur chariot supérieur**

POS	Réf.NO	Désignation
2	D1A 050 020	Base du chariot
3	D1A 050 030	Lardon de réglage
4	D1 A 33 0801	Vis de réglage
34	ZMU 81 0316	Ecrou 6 pans
30	ZGF 30 0212	Levier



**Figure III-8 : Chariot Supérieur**

### III.3.7 Le tablier

Toutes les pièces citées dans le tableau III-9 et figurant sur la figure III-9 (Tablier) peuvent être enlevées. La totalité de ces pièces est remplacée par un servomoteur avec un pignon engrenant avec la crémaillère fixé sur le banc trempé.

*Tableau III-9 : Pièces à enlevées sur Tablier*

POS	Réf.NO	Désignation
1	D1A 010 010	Tablier
2	D1A 010 020	Pignon de crémaillère
3	D1A 010 030	Engrenage M
4	D1A 010 040	Rondelle-disque
5	D1A 010 050	Douille - palier
6	D1A 010 060	Douille -palier
7	D1A 010 080	Axe
8	D1A 010 100	Pignon de crémaillère
9	D1A 010 120	Chapeau de palier
10	D1A 010 130	Ecrou
11	D1A 010 140	Rondelle
12	D1A 010 150	Douille -palier
13	D1A 010 160	Vis sans fin
14	D1A 010 170	Couvercle
15	D1A 010 180	Couvercle
16	D1A 010 260	Secteur crante
17	D1A 010 200	Plaque de guidage
18	D1A 010 280	Plaquette indicatrice
19	D1A 010 220	Ressort à lame
20	D1A 014 000	Roue à vis sans fin
21	D1A 030 300	Patin
22	D1A 030 330	Doit du baladeur
23	C4A 010 160	Goupille tangentielle
24	C4A 010190	Plaquette indicatrice
25	C4A 010 210	Couvercle de fermeture
26	ZSR 33 0616	Vis6 pans
27	ZSR 33 1020	Vis6 pans
28	ZSR 84 0516	Vis tête cylindrique
29	ZSR 79 0620	Vis tête fraisée
30	ZST 53 0612	Vis pointeau
31	ZRG 21 0420	Rondelle - segment
32	ZMU 85 1400	Ecrou
33	ZSR 08 3800	Vis de fermeture

34	ZFD 85 5322	Clavette
35	ZRG 71 1510	Bague de sécurité
36	ZGP 70 0140	Volant avec manette
37	ZLG 60 0402	Roulement à billes
38	ZLG62 0304	Roulement à billes
39	ZSB 02 6004	Rondelle égalisant
40	ZOR 60 2026	Sage d'étanchéité
41	ZGF 39 3010	Bouton conique
42	ZDK 80 3600	Voyant d'huile
43	ZSB 26 1500	Rondelle
44	D1A 010 290	Ressort
45	ZOR 01 3020	Bague
46	ZST 16 0508	Vis pointeau
47	ZST 51 0615	Vis pointeau
48	ZSR 12 0625	Vis 6 pans creux
40	D1A 010 250	Boulon du baladeur
50	ZFD 85 5520	Clavette
51	D1A 040051	Clavette
52	ZNP 01 2000	Graisneur
53	D1A 010 230	Axe du levier de noix
54	ZHL 810418	Goupille tendue
55	ZSR 120840	Vis 8 pans creux
56	ZKG 001080	Bille acier
57	D1A 010 270	Bouton conique
58	D1A 000 390	Ressort
59	C3A 062 040	Ressort
60	D1A 011010	Plaquette M
60	D1B011 010	Plaquette Ww
61	ZST 060624	Vis tête cylindrique
62	D1A 012010	Levier des avances
63	D1A 012020	Boulon
64	D1A 016 000	Pignon baladeur avec
65	D1A 018020	Douille- palier
66	D1R 010 020	Plaque M
67	ZNA 76 0144	Rivet de fixation
68	D1R 010 010	Vernier M
69	D1A 010300	Ressort à lame
70	ZME 090005	Manette
71	ZRG 05 1721	Bague d'étanchéité
<b>En totale : 71 position à enlever</b>		

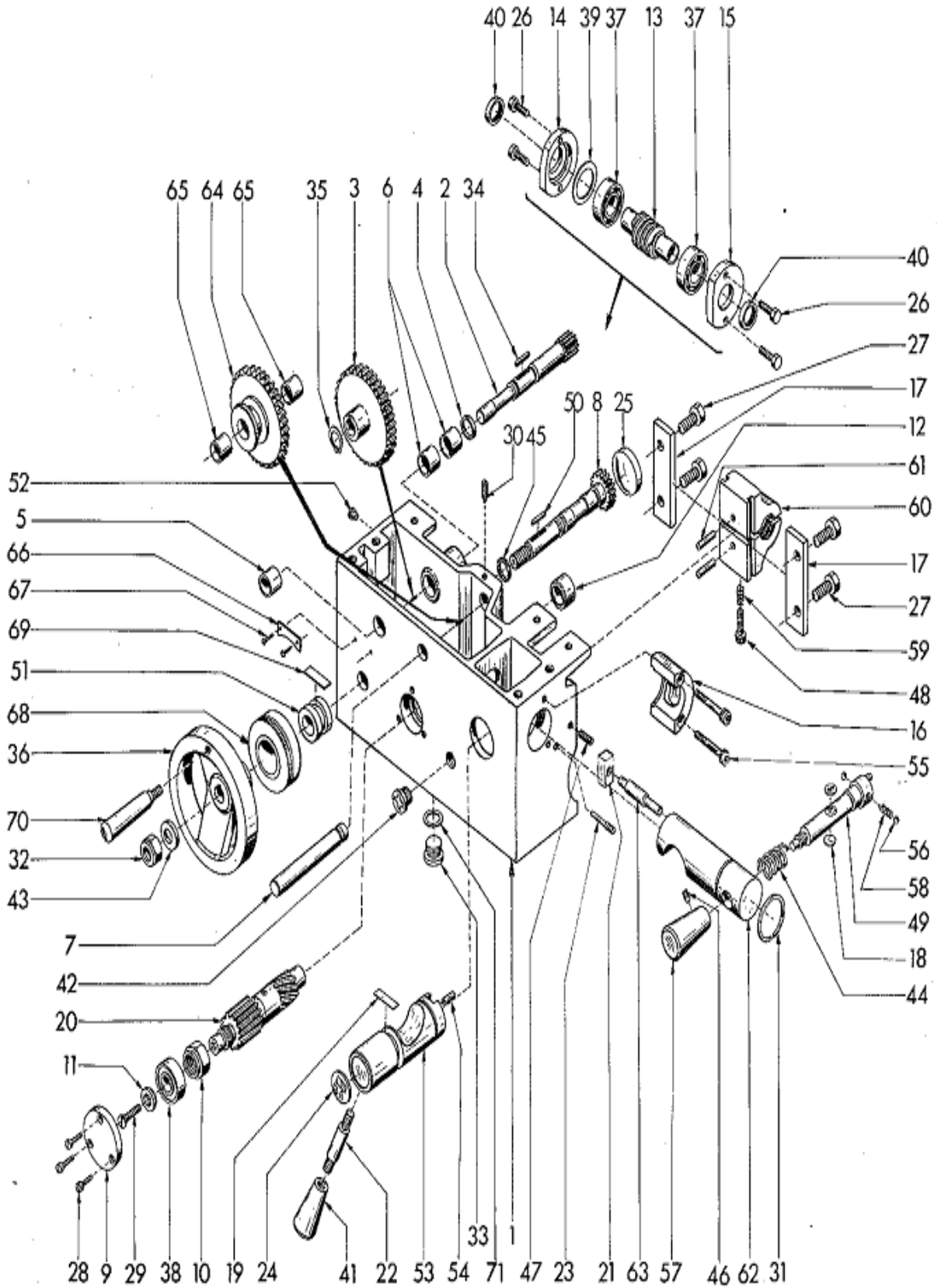


Figure III-9 : Tablier

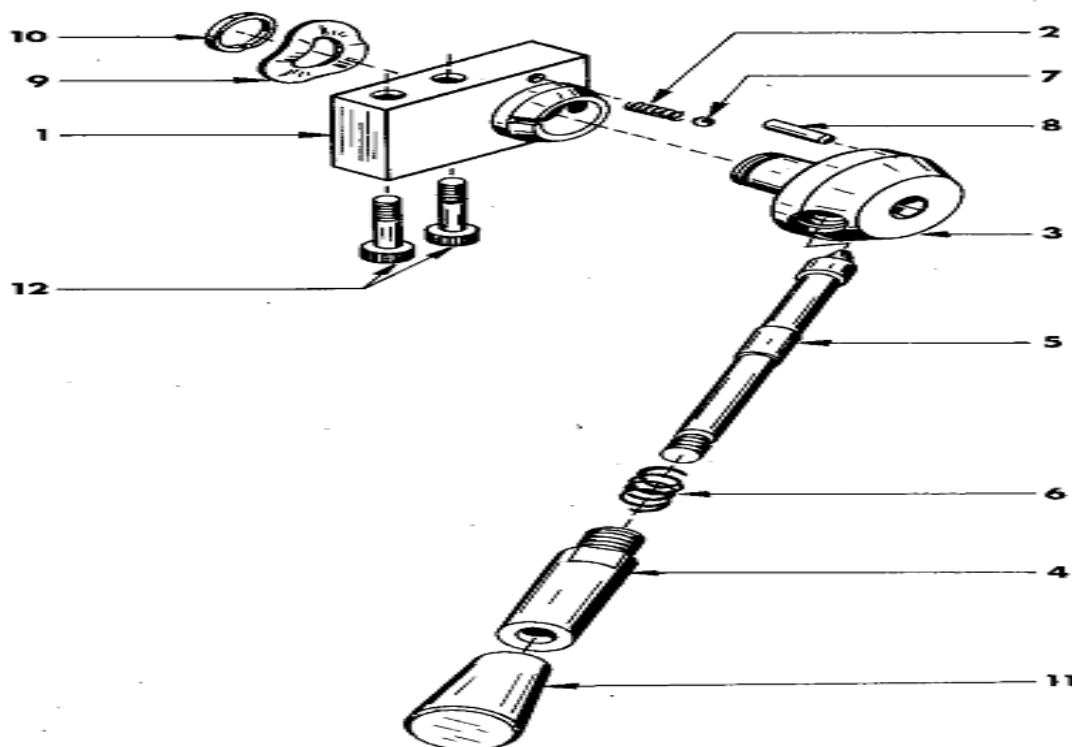
### III.3.8 Levier de mise en marche

Toutes les pièces citées dans le tableau III-10 et figurant sur la figure III-10 (Levier de mise en marche) peuvent être enlevées.

*Tableau III-10 : Pièces à enlevées sur Levier de mise en marche*

POS	Réf-No	Désignation
1	D1A 000 380	Corps
2	D1A 000 390	Ressort
3	D1A 000 400	Boulon du baladeur
4	D1A 000 620	Douille
5	D1A 000 630	Manette
6	D1A 000 840	Ressort
7	ZKG 00 1060	Bille acier
8	ZST 73 0620	Cheville de position
9	ZSB 02 6300	Rondelle égalisant
10	ZRG 21 0240	Rondelle4egrnent
11	ZGF 39 3010	Bouton conique
12	ZSR 120850	Vis 8 pans creux

**En totale : 12 position à enlever**



*Figure III-10 : Levier de mise en marche*

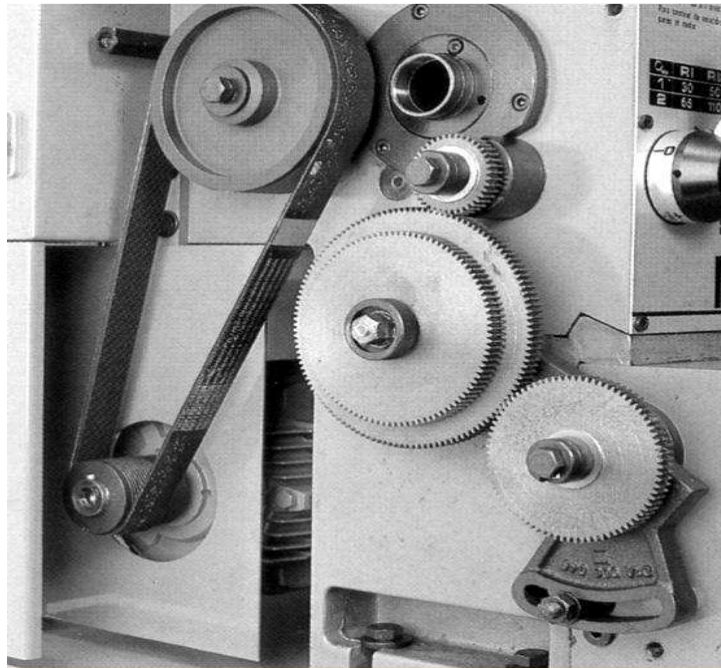


## III.4 Installation des servomoteurs

### III.4.1 Numérisation de la broche

D'après les caractéristiques du tour, la vitesse de rotation maximale de la broche est :  $v_B = 2500 \text{ tr/min}$

Sachant qu'on a effectué des modifications sur la boîte des vitesses, les éléments assurant le transfert de mouvement de rotation du moteur vers la broche sont : la petite poulie fixée sur l'arbre moteur qui entraîne une grande poulie sur l'arbre de renvoi. Un couple d'engrenage 61/47 dent assure le transfert de mouvement de l'arbre de renvoi vers la broche.



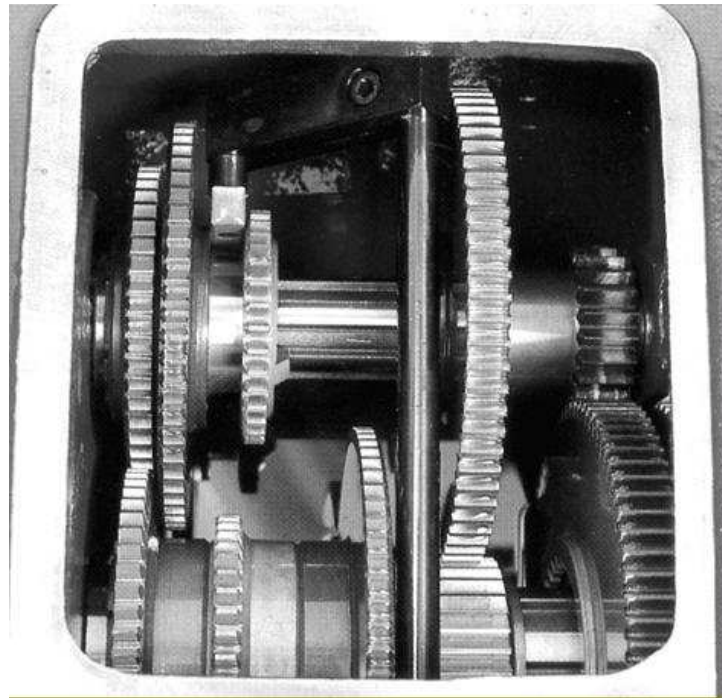
**Figure III-11 :** Transfert du mouvement de rotation du moteur vers l'arbre de renvoi

Et sachant que :

- Le rayon de la petite poulie:  $r = 27.5 \text{ mm}$
- Le rayon de la grand poulie :  $R = 70 \text{ mm}$

Le rapport de réduction E entre moteur et broche est :

$$E_b = \frac{r}{R} * \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{27.5}{70} * \frac{61}{47} = 0.5$$



**Figure III-12 :** *Transfert du mouvement de rotation de l'arbre de renvoi vers la broche*

Donc, pour assurer une vitesse de rotation maximale de la broche égale à 2500 tr/min, la vitesse de rotation du servomoteur à installer à la place du moteur triphasé doit être égale à :

$$v_M = \frac{v_B}{E} = \frac{2500}{0.5} = 5000 \text{ tr/min}$$

Ainsi, on choisi à installer un servomoteur de vitesse de rotation maximale supérieur à 5000 tr/m et d'une puissance égale au moins 1.5 kW. On doit aussi installer un variateur de vitesse pour commander le servomoteur et un capteur pour surveiller sa vitesse de rotation.

Parmi les fournisseurs des servomoteurs, « siemens » a parmi sa gamme un servomoteur de référence 1FK7 042 5AK71 – 1TB0 et de caractéristiques :

- Une vitesse de rotation égale à 6000 tr/min
- Une puissance égale 1.05 KW
- Un poids de 4.9 Kg.

Ce servomoteur semble être adéquat à notre application, pour commander la rotation de la broche, on l'install avec un variateur de vitesse.



Figure III-13 : Vue d'ensemble de servomoteur siemens

### III.4.2 Numérisation de l'axe x

D'après les caractéristiques du tour, la gamme des vitesses d'avances sur l'axe x est comprise entre 0.023 mm/tr et 0.406 mm/tr.

Ainsi, la vitesse d'avance maximale sur l'axe x est égale à :

$$2500[\text{tr}/\text{min}] * 0.406[\text{mm}/\text{tr}] = 1015 \text{ mm}/\text{min}$$

Pour assurer une telle vitesse d'avance, est sachant que la commande manuelle d'avance de l'axe x permet d'avoir 3 mm d'avance pour chaque tour, la vitesse de rotation du pignon qui remplacera la manette doit être égale au moins :

$$\begin{array}{l} 1 \text{ tr}/\text{min} \longrightarrow 3 \text{ mm}/\text{min} \\ v_{\text{manette}_x} \text{ tr}/\text{min} \longrightarrow 1015 \text{ mm}/\text{min} \\ v_{\text{manette}_x} = \frac{1 * 1015}{3} = 338.33 \text{ tr}/\text{min} \end{array}$$

Cette vitesse de rotation est très faible, et généralement, les vitesses de rotation maximales des servomoteurs disponibles sur le marché sont beaucoup plus grand, c'est pourquoi on a opté à utiliser un entraînement avec une courroie crantée où le rapport de réduction est égale à un tiers (1/3), donc, la vitesse de rotation du servomoteur commandant l'axe x doit être :

$$\begin{array}{l} v_{m_x} * E_x = v_{\text{manette}_x} \\ E_x (\text{rapport de réduction}) = \frac{z_{x1}}{z_{x2}} = \frac{1}{3} \end{array}$$

Avec:

$z_{x1}$  : le nombre de la roue (sur la manette)

$z_{x2}$  : le nombre du pignon (sur le servomoteur)

$$v_{m_x} = 338.33 * 3 = 1015 \text{ tr}/\text{min}$$

### III.4.3 Numérisation de l'axe Z

D'après les caractéristiques du tour, la gamme des vitesses d'avances sur l'axe z est comprise entre 0.045 mm/tr et 0.787 mm/tr.

Ainsi, la vitesse d'avance maximale sur l'axe Z est égale à :

$$2500[tr/min] * 0.787[mm/tr] = 1967 mm/min$$

Pour assurer une telle vitesse d'avance, est sachant que la commande manuelle d'avance de l'axe z permet d'avoir 20 mm d'avance pour chaque tour, la vitesse de rotation du pignon qui remplacera la manette doit être égale au moins :

$$\begin{array}{l} 1 \text{ tr/min} \longrightarrow 20 \text{ mm/min} \\ v_{manette\_z} \text{ tr/min} \longrightarrow 1967 \text{ mm/min} \\ v_{manette\_z} = \frac{1 * 1967}{20} = 98.35 \text{ tr/min} \end{array}$$

Cette vitesse de rotation est très faible, et généralement, les vitesses de rotation maximales des servomoteurs disponibles sur le marché sont beaucoup plus grand, c'est pourquoi on a opté à utiliser un entraînement avec une courroie crantée où le rapport de réduction est égale à un dixième (1/10), donc, la vitesse de rotation du servomoteur commandant l'axe z doit être :

$$\begin{array}{l} v_{m\_z} * E_z = v_{manette\_z} \\ E_z \text{ (rapport de réduction)} = \frac{z_{z1}}{z_{z2}} = \frac{1}{10} \end{array}$$

Avec:

$z_{z1}$  : le nombre de la roue (sur la manette)

$z_{z2}$  : le nombre du pignon (sur le servomoteur)

$$v_{m\_z} = 98.35 * 10 = 983.5 \text{ tr/min}$$

### III.4.4 Numérisation du porte outil et choix des servomoteurs

La vitesse de rotation du porte outil ne nous intéresse pas, l'essentiel est d'aligné l'outil avec la pièce à usinée, à chaque changement d'outil, le porte outil doit tourner d'un angle égale à 90°, peut n'importe sa vitesse de rotation.

C'est pour cela qu'on a opté pour le même servomoteur du même fournisseur " siemens " comme moteur à installer sur les axes x et z et sur le porte outil.

Ce servomoteur est choisi en raison de son poids réduit (1.2 Kg) ; ses caractéristiques sont les suivantes :

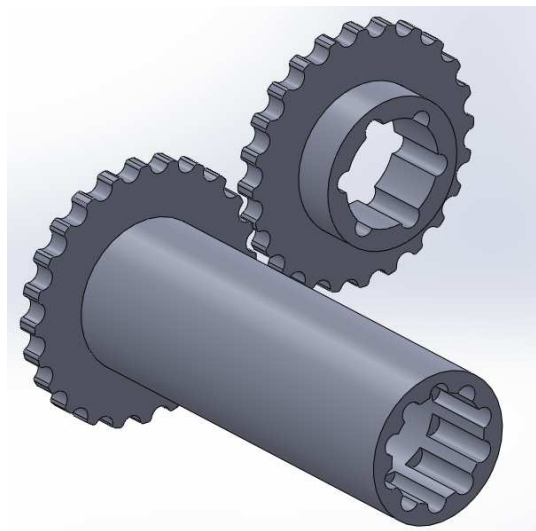
- Réf : 1FT6 021 – 6AK7 1 – 1TB0
- La vitesse de rotation est de 6000 tr/min
- La puissance est 0.19 KW

C'est-à-dire qu'on va utiliser le même type de servomoteur pour la commande de l'axe x, pour la commande du trainard (l'axe z), et finalement pour la commande du porte outil.

### III.5 Conception des nouvelles pièces

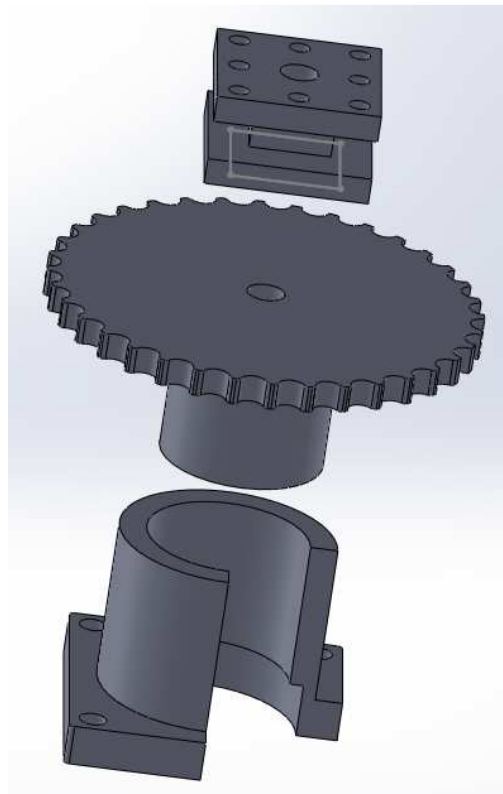
Pour les pièces qui doivent être remplacées, nous donnons ici une "préconception" juste pour avoir une idée sur l'état du tour après sa numérisation.

Pour la boîte de vitesses, la figure III-14 représente une préconception de l'engrenage 61 avec bague longue et cannelé pour assurer une liaison avec la broche, ainsi que l'engrenage 47 dents cannelé. Rappelons que ce couple d'engrenages transmet le mouvement de rotation de l'arbre de renvoi vers la broche.



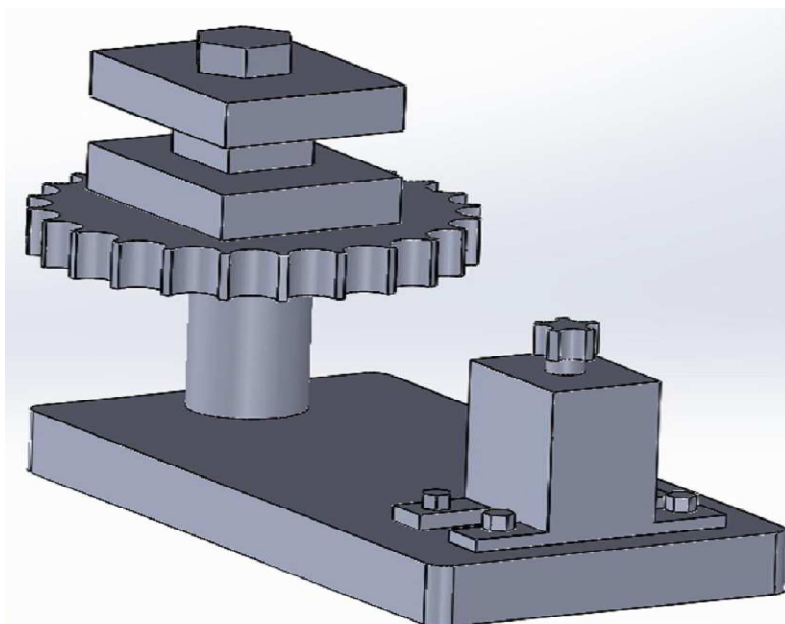
**Figure III-14** : couple d'engrenage à installer sur la boîte des vitesses

Concernant le chariot supérieur, la figure III-15 représente une préconception des pièces qui remplaceront les pièces citées dans le tableau III-8.

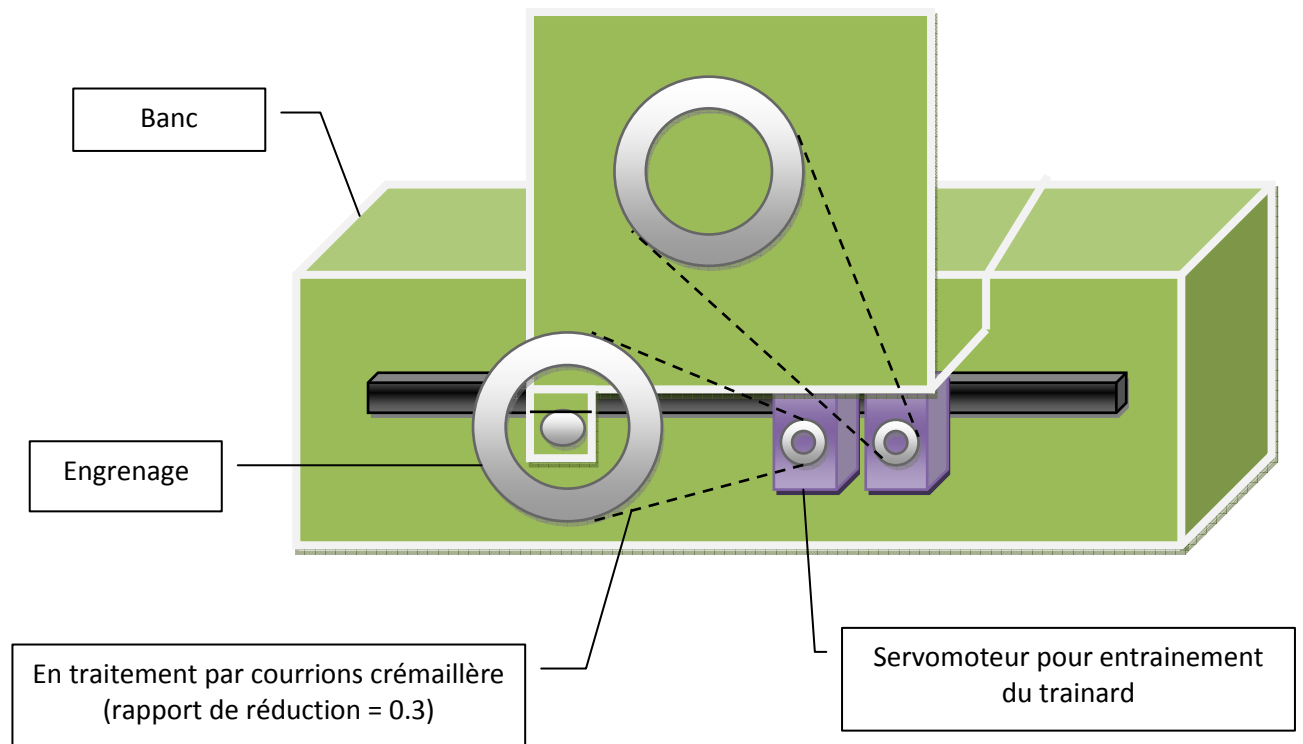


*Figure III-15 : l'ensemble de sélection d'outil*

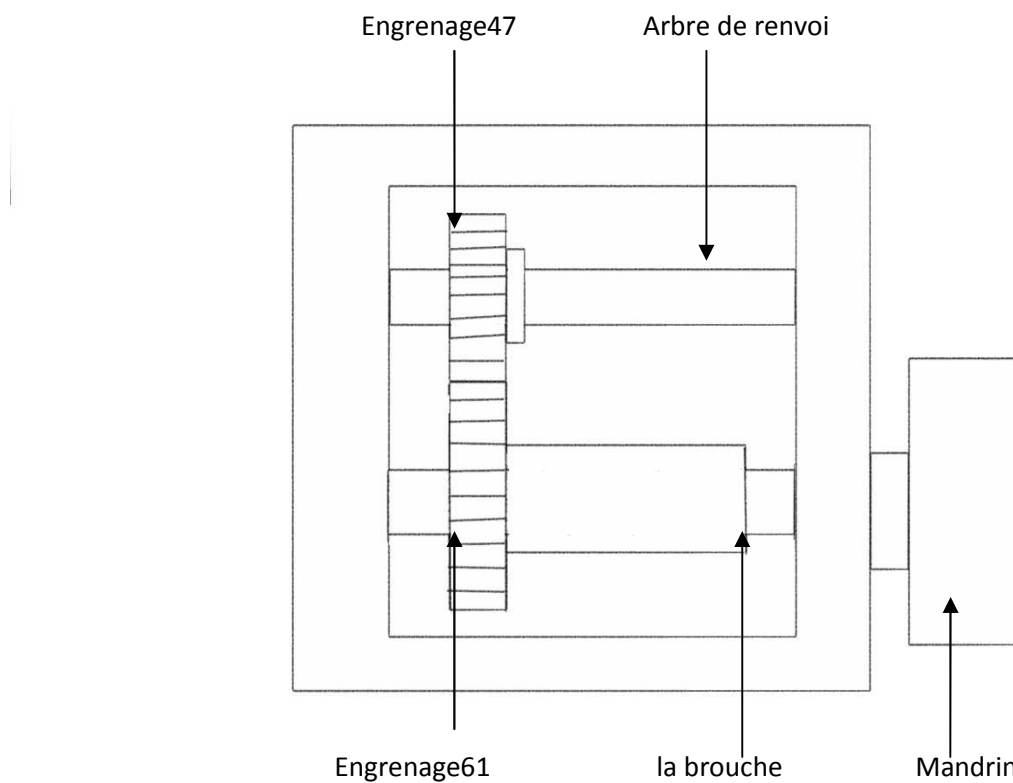
Ici le porte outil est conservé, il est présenté seulement pour compléter l'ensemble. Les figures suivantes présentent les modifications à établir plus clairement.



*Figure III-16 : Vue d'ensemble de la commande du port outil avec servomoteur*



**Figure III-17 :** installation des servomoteurs pour commande des axes



**Figure III-18 :** position des nouvelles pièces dans la boîte des vitesses

# Conclusion

Les tours ont connus un développement important depuis l'apparition du premier tour parallèle en 1794. Ils sont devenus indispensables dans n'importe quelle production.

Aujourd'hui, et grâce aux nombreuses améliorations, ils sont devenus des machines parfaitement au point et entièrement automatisés, ce qui a conduit au remplacement des tours conventionnels de plus en plus par des tours à commande numérique.

Pour les entreprises de moyennes et grandes productions, l'acquisition des tours numériques est devenue indispensable vu leurs avantages. Cependant, le coût d'achat d'un tour numérique reste élevé surtout pour les moyennes entreprises. D'un autre côté, il y a les tours conventionnels qui sont déjà là et qui seront moins utiles après l'acquisition de nouveaux tours numériques.

Dans le présent travail nous avons proposé une solution disons "économique". Nous avons proposé de numériser des tours conventionnels déjà disponibles au niveau de l'entreprise, pour notre cas, cette étude a visé la numérisation d'un tour emco maximat v13, l'un de neuf autres disponibles au niveau de hall technologique de notre établissement.

Nous ne sommes pas intéressés à la partie électronique, seule la partie mécanique a été étudiée, elle comprend le remplacement du moteur électrique, de la boîte des avances et de divers autres organes par des servomoteurs et d'autres pièces auxiliaires. Cependant, on doit indiquer qu'il est possible de commander les servomoteurs au moyen des cartes Arduino via interface USB.

Plusieurs positions (presque 300 positions) sont enlevées, elles peuvent servir comme pièces de rechange pour les autres tours disponibles.

Au départ de ce travail, nous avons prévue une étude économique, mais suite à des contraintes de temps, cela n'était pas possible, comme recommandations, nous proposons de réaliser ce projet après son étude économique bien sûr.



## Références

- [1] Debbache Abdellatif et Benglia Mohammed Bakar, « Optimisation Multi-Passe des Régimes de Coupe En Chariotage », Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah - Ouargla, 2011.
- [2] Mebrouki Mohammed, « Etude et réalisation d'un porte-outil réglable pour le tour parallèle SN 40 au niveau du Hall technologie », Mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkaid - Tlemcen, 2013.
- [3] Sebbak Ahmed, « Etude cinématique d'une machine outil à structure parallèle », Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah – Ouargla, 2013.
- [4] Haas Automation Inc. [www.HaasCNC.com](http://www.HaasCNC.com).
- [5] Cours tournage, Ecole Nationale Supérieure de Technologie.
- [6] Cours les moteurs Pas a Pas, Gerard Yvrau.
- [7] Guide du technicien en électrotechnique, éd. Hachette Technique.
- [8] Atelier machines-outils, I.S.B.A. - site Cobegge
- [9] Cours emco maximant v13.

## Annexes

## A. Les servomoteurs synchrones 1FK7 compact à refroidissement naturel

Vitesse assignée	Hauteur d'axe	Puissance assignée	Couple assigné <sup>1)</sup>	Courant assigné	Couple à l'arrêt	Moteurs synchrones 1FK7 Compact à refroidissement naturel	Nombre de paires de pôles	Moment d'inertie du rotor (sans frein)	Poids (sans frein)
$n_N$		$P_N$ pour $\Delta T=100\text{ K}$	$C_N$ pour $\Delta T=100\text{ K}$	$I_N$ pour $\Delta T=100\text{ K}$	$C_0$ pour $\Delta T=100\text{ K}$	N° de référence Type de base		$J$	
tr/min	HA	kW	Nm	A	Nm			$10^{-4}\text{ kgm}^2$	kg
2000	100	7,75	37	16	48	1FK7 105 – 5AC71 – 1 ■■■■	4	156	39
3000	48	0,82	2,6	1,95	3	1FK7 042 – 5AF71 – 1 ■■■■	4	3,01	4,9
	63	1,48	4,7	3,7	6	1FK7 060 – 5AF71 – 1 ■■■■	4	7,95	7
		2,29	7,3	5,6	11	1FK7 063 – 5AF71 – 1 ■■■■	4	15,1	11,5
	80	2,14	6,8	4,4	8	1FK7 080 – 5AF71 – 1 ■■■■	4	15	10
		3,3	10,5	7,4	16	1FK7 083 – 5AF71 – 1 ■■■■	4	27,3	14
	100	3,77	12	8	18	1FK7 100 – 5AF71 – 1 ■■■■	4	55,3	19
		4,87	15,5	11,8	27	1FK7 101 – 5AF71 – 1 ■■■■	4	79,9	21
5,37 <sup>4)</sup>		20,5 <sup>4)</sup>	16,5 <sup>4)</sup>	36	1FK7 103 – 5AF71 – 1 ■■■■	4	105	29	
8,17		26	18	48	1FK7 105 – 5AF71 – 1 ■■■■	4	156	39	
4500	63	1,74	3,7	4,1	6	1FK7 060 – 5AH71 – 1 ■■■■	4	7,95	7
		2,09 <sup>5)</sup>	5 <sup>5)</sup>	6,1 <sup>5)</sup>	11	1FK7 063 – 5AH71 – 1 ■■■■	4	15,1	11,5
	80	2,39 <sup>5)</sup>	5,7 <sup>5)</sup>	5,6 <sup>5)</sup>	8	1FK7 080 – 5AH71 – 1 ■■■■	4	15	10
		3,04 <sup>6)</sup>	8,3 <sup>6)</sup>	9 <sup>6)</sup>	16	1FK7 083 – 5AH71 – 1 ■■■■	4	27,3	14
6000	28	0,4	0,6	1,4	0,85	1FK7 022 – 5AK71 – 1 ■■■■	3	0,28	1,8
		0,47	0,8	1,4	1,1	1FK7 032 – 5AK71 – 1 ■■■■	3	0,61	2,7
	48	0,69	1,1	1,7	1,6	1FK7 040 – 5AK71 – 1 ■■■■	4	1,69	3,5
		1,05 <sup>7)</sup>	2 <sup>7)</sup>	3,1 <sup>7)</sup>	3	1FK7 042 – 5AK71 – 1 ■■■■	4	3,01	4,9
• Capteur :			Codeur incrémental sin/cos 1 V <sub>cac</sub> <sup>1) 2)</sup> Codeur absolu EnDat 2048 traits <sup>1) 2)</sup> Codeur absolu EnDat 512 traits <sup>1) 3)</sup> Codeur absolu simple EnDat 32 traits <sup>1) 2)</sup> Résolveur multipolaire Résolveur bipolaire			A E H G S T			
• Bout d'arbre :		• Tolérance de concentricité :		• Frein de maintien :		A B G H			
avec clavette et rainure de clavette		N		sans					
avec clavette et rainure de clavette		N		avec					
Arbre lisse		N		sans					
Arbre lisse		N		avec					
• Degré de protection :			IP64 IP65 et bride côté D supplémentaire IP67 IP64, peinture anthracite IP65 et bride côté D supplémentaire IP67, peinture anthracite			0 2 3 5			
• Autres exécutions :			Indiquer références abrégées supplémentaires S.V.P., voir page 2/3.			-Z			

## B. Les servomoteurs synchrones 1FT6 à refroidissement naturel

Vitesse assignée	Hauteur d'axe	Puissance assignée	Couple assigné <sup>1)</sup>	Courant assigné	Couple à l'arrêt	Servomoteurs 1FT6 à refroidissement naturel	Nombre de paires de pôles	Moment d'inertie du rotor (sans frein)	Poids (sans frein)
$n_N$		$P_N$ pour $\Delta T=100\text{ K}$	$C_N$ pour $\Delta T=100\text{ K}$	$I_N$ pour $\Delta T=100\text{ K}$	$C_0$ pour $\Delta T=100\text{ K}$	N° de référence Type standard		$J$	
tr/min	HA	kW	Nm	A	Nm			$10^{-4}\text{ kgm}^2$	kg
6000	28	0,19	0,3	1,1	0,4	1FT6 021 – 6AK7 1 – ■■■■	3	0,21	1,2
		0,31	0,5	0,9	0,8	1FT6 024 – 6AK7 1 – ■■■■	3	0,34	2,1
	36	0,47	0,75	1,2	1	1FT6 031 – 4AK7 1 – ■■■■	2	0,65	3,1
		0,88	1,4	2,1	2	1FT6 034 – 4AK7 1 – ■■■■	2	1,1	4,4
	48	1,1	1,7	2,4	2,6	1FT6 041 – 4AK7 1 – ■■■■	2	2,9	6,6
		1,9	3	4,1	5	1FT6 044 – 4AK7 1 – ■■■■	2	5,1	8,3
	63	1,3	2,1	3,1	4	1FT6 061 – 6AK7 ■ – ■■■■	3	6	8
			2,1	3,2	6	1FT6 062 – 6AK7 ■ – ■■■■	3	8,5	9,5
		1,3	2,1	3,5	9,5	1FT6 064 – 6AK7 ■ – ■■■■	3	13	12,5
	80	2,9	4,6	7,7	8	1FT6 081 – 8AK7 ■ – ■■■■	4	21	12,5
			5,5	9,1	13	1FT6 082 – 8AK7 ■ – ■■■■	4	30	15
		4,1	6,5	9,2	20	1FT6 084 – 8AK7 ■ – ■■■■	4	48	20,5
• Forme de construction :		IM B5 IM B14 <sup>2)</sup> (sauf pour 1FT602, 1FT603, 1FT604)				1 2			
• Orientation du connecteur de puissance :		transversale, vers la droite (sauf pour 1FT603, 1FT604, 1FT606) transversale, vers la gauche (sauf pour 1FT603, 1FT604, 1FT606) axiale, côté N axiale, côté D				1 2 3 4			
• Capteur :		Codeur incrémental sin/cos 1 $V_{c\grave{a}c}$ Codeur absolu EnDat 2048 traits <sup>1) 3)</sup> Codeur absolu EnDat 512 traits <sup>1) 4)</sup> Résolveur multipolaire Résolveur bipolaire				A E H S T			
• Bout d'arbre :		• Tolérance de concentricité :		• Frein de maintien :					
avec clavette et rainure de clavette		N		sans					
avec clavette et rainure de clavette		N		avec					
avec clavette et rainure de clavette		R		sans					
avec clavette et rainure de clavette		R		avec					
Arbre lisse		N		sans					
Arbre lisse		N		avec					
Arbre lisse		R		sans					
Arbre lisse		R		avec					
• Degrés d'intensité vibratoire :				• Degré de protection :					
N				IP64					
N <sup>3)</sup>				IP65 <sup>3)</sup>					
N				IP67					
N <sup>3)</sup>				IP68 <sup>3)</sup>					
R				IP64					
R <sup>3)</sup>				IP65 <sup>3)</sup>					
R				IP67					
R <sup>3)</sup>				IP68 <sup>3)</sup>					
• Autres exécutions :		Indiquer références abrégées supplémentaires S.V.P., voir page 2/9.				0 1 2 6 3 4 5 7 -Z			

### C. Caractéristiques du maximat v13

#### Caractéristiques techniques

Hauteur de pointes	165 mm
Distance entre pointes, modèle standard	650 mm
modèle spécial	850 mm
Ø admissible au dessus du banc	330 mm
Ø admissible au dessus du transversal	190 mm
Largeur du banc	210 mm
Course totale du chariot supérieur	105 mm
Course totale du chariot transversal	190 mm
Ø de la vis-mère	25 mm
Pas de la vis-mère, métrique	6 mm
en pouces	1/4 mm
Ø du mandrin	160 mm
Ø du plateau 4 mors indépendants	200 mm
Hauteur de la machine à la broche	1065 mm
Encombrement de la machine standard	1595 x 835 mm
spéciale	1795 x 835 mm
<b>Poupée fixe:</b>	
Alésage de la broche	36 mm
Cône intérieur	CM 5
Pointe sèche	CM 5
Nez de broche DIN 55022	no.4
Raccordement à bayonnette (Camlock)	no.4
selon ASA B5, 9 Type D1	
Nombre de vitesses de broche	8
Puissance du moteur	3 CV à 1450 t/min.
Gamme de vitesses	50 - 2000 t/min.
ou au choix	40 - 1600 t/min.
	60 - 2400 t/min.
<b>Poupée mobile:</b>	
Ø du canon	40 mm
Cône intérieur	CM 3
Course du canon	100 mm
Décentrement	+ 12 - 10 mm
<b>Avances:</b>	
28 longitudinales	0,045 - 0,8 mm/t
28 transversales	0,0225 - 0,4 mm/t
<b>Filetages: sur machine métriques</b>	
Métriques: 28 de 0,4 à 7 mm	Métriques: 28 de 0,4 à 7 mm
En pouces: 32 de 4 à 56/pouces	En pouces: 32 de 4 à 56/pouces
Module: 28 de 0,2 à 3,5	Module: 28 de 0,2 à 3,5
Diamétral Pitch: 32 de 8 à 112	Diametral Pitch: 32 de 8 à 112

Source : Mode d'emploi du maximat V13

## Résumé

Notre travail vient proposer une solution au problème d'acquisition des tours CNC par les petites et moyennes entreprises. Il est possible de numériser un tour conventionnel, cela permettra d'acquérir cette nouvelle technologie à des prix minimes.

Dans ce but, nous avons suivi un plan de travail qui consiste à effectuer une recherche sur les deux types de tours, ainsi que les moteurs brushless. Ensuite, nous avons étudié la numérisation d'un tour conventionnel en panne au niveau du hall technologie du département de mécanique, c'est un tour Maximat V13 du constructeur EMCO.

Plusieurs positions ont devenues non nécessaires au fonctionnement du tour après sa numérisation, c'est presque 300 positions à enlever et qui peuvent servir de pièce de rechange.

## المخلص

يأتي عملنا هذا كاقترح لحل إشكال الحصول على آلات خراطة بتحكم رقمي من قبل المؤسسات الصغيرة والمتوسطة. بالإمكان تحويل آلة خراطة تقليدية إلى أخرى ذات تحكم رقمي مما يسمح بامتلاك هذه التكنولوجيا الجديدة بأقل تكاليف.

في هذا الاطار إتبعنا خطة عمل تتمثل في إجراء البحوث على كلا النوعين من آلات الخراطة وكذا المحركات التي تعتمد عليها آلات الخراطة ذات التحكم الرقمي، ثم درسنا إمكانية التحكم الرقمي بآلة خراطة من نوع Maximat V13 للمصنع EMCO وهي آلة في حالة عطب متواجدة على مستوى معمل قسم الهندسة الميكانيكية.

عند تحول آلة الخراطة من تقليدية إلى آلة ذات تحكم رقمي، ما يقارب الثلاثمائة قطعة يصبح وجودها غي ضروري، وعليه يكمن إزالتها وإستعمالها كقطع غيار للآلات المماثلة

## Summary

Our work is to propose a solution to the problem of acquisition of CNC lathes by small and medium enterprises. By converting a simple lathe to a CNC one, we can get this new technology at minimal prices.

in this aim, we followed a work plan which is to conduct a research on two types of lathes and the brushless electrical motor. Then we studied converting a simple lathe of our mechanical department, it's a Maximat V13 of EMCO manufacturer.

Several positions have become not required to operate the lathe after it is converted, it is almost 300 positions to remove and which can serve as a spare.