

BIBLIOGRAPHIE

- [1]. Passeron, Tournage, Techniques de L'Ingénieur, BM7086, 1997.
- [2]. J.P. Cordebois, Coll, Fabrication Par Usinage, DUNOD, Paris 2003.
- [3]. M. Rahou, F. Sebaa, Automatisation des Instruction d'Usinage Cas Paramètres de Coupe, Mémoire de Master Université, Abou Baker Belkaid, Tlemcen, 2007.
- [4]. P. Padella, A, Thély, Guide des Fabrication Mécanique, Deuxième Edition Ravine et Augmentée, Dunod INSBN ,2-24-01587-0, Bordas ,paris 1981.
- [5]. A.F. Djilali, Etude Comportement de L'outil-Pièce En Tournage, Mémoire de Magistère, Ecole Nationale Polytechnique D'oran, 2014.
- [6]. Y. Shoefs , S. Fournie, j.j. Leon, Production Mécanique, Espace Technologique, 1994
- [7]. R. Bourgeois D. Cogniel :Memotech plus, Electrotechnique. Collection A. Capliez, Edition Casteilla, cinquième édition, 1996.
- [8]. Séguier Guy et Nottelet Francis. Électrotechnique industrielle. Tec et doc (Lavoisier). 1982.
- [9].] Jean Bonal. Entraînements à vitesse variable. Prométhée — Groupe Schneider. Tec et doc (Lavoisier). 1982.
- [10].J. Chatelain. Machines électriques. Tomes 1 et 2. T3E. Dunod. 1983.
- [11].SOYED-Abdessami. Cours Electricité Industrielle, Chapitre 1 : Les Appareillages Electriques.
- [12].Les techniques de commande du moteur asynchrone», Intersections, Groupe Schneider, juin 1998.
- [13].L'essentiel sur les variateurs de vitesse», Danfoss Drives A/S, 1999, 1ère édition.
- [14].J. Schonek, Y. Nebon, «Protections BT et variateurs de vitesse (convertisseurs de fréquence)», Cahier ttechnique n° 204, Collection Technique, Schneider Electric, mai 2002.
- [15].Auger, A., Schémas d'électricité, Edition de la Capitelle, 1988.
- [16].Caliez, A., Joffin, G., Lehalle, B., Technologie d'électrotechnique, Collection A. Capliez, Edition Casteilla, 1994.
- [17].Chabloz. A., Technologie des matériaux à l'usage des professions de l'électricité, Edition Delta & Spes S. A. 1983.
- [18].Hubert Largeaud., Le schéma électrique. EYROLLES, troisième édition, 1998.

I) Généralités sur l'appareillage industriel

I.1.Introduction

La majorité des installations industrielles sont constituées par deux types de circuits : le circuit de commande et le circuit de puissance.

I.2.Circuit de commande

Il comporte l'appareillage nécessaire à la commande des récepteurs de puissance. On trouve :

- Une source d'alimentation
- Un appareil d'isolement (sectionneur)
- Une protection du circuit
- Un appareil de commande ou de contrôle (bouton poussoir, détecteur de grandeur physique)
Organes de commande (bobine du contacteur)

La source d'alimentation et l'appareillage du circuit de commande ne sont pas nécessairement celle du circuit de puissance, elle dépend des caractéristiques de la bobine.

I.3.Circuit de puissance

Il comporte l'appareillage nécessaire au fonctionnement des récepteurs de puissance suivant un automatisme bien défini.

On trouve :

- Une source de puissance (généralement réseau triphasé).
- Un appareil d'isolement (sectionneur).
- Un appareil de protection (fusible, relais thermique).
- Appareil de commande (les contacts de puissance du contacteur).
- Des récepteurs de puissance (moteurs).

I.4.Appareils de commande, de signalisation et de protection

I.4.1. Disjoncteur

C'est un appareil de protection qui comporte deux relais, relais magnétique qui protège contre les courts circuits et un relais thermique qui protège contre les surcharges.

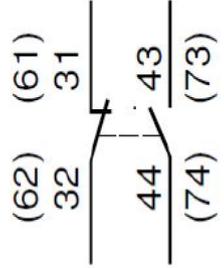
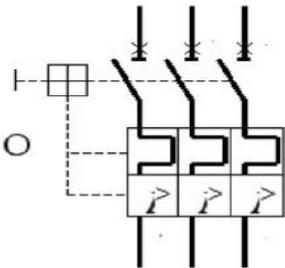
		
<p align="center">Images</p>	<p align="center">Symbole dans le circuit de commande</p>	<p align="center">Symbole dans le circuit de puissance</p>

Figure II.1.Disjoncteur.

I.4.2. Sectionneur

C'est un appareil qui permet la consignation d'une installation. Il se manœuvre à vide (installation éteinte). Il **n'a pas de pouvoir de coupure**, ce n'est pas un interrupteur, ce sont les fusibles qui coupent en cas de court-circuit. Les fusibles ont un type aM, un calibre et une taille adaptée au sectionneur.

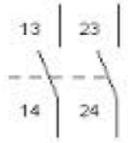
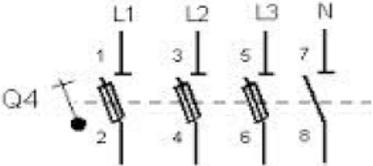
		
<p align="center">Images</p>	<p align="center">Symbole dans le circuit de commande</p>	<p align="center">Symbole dans le circuit de puissance</p>

Figure II.2. Sectionneur

I.4.3. Interrupteur sectionneur

Il a un pouvoir de coupure, il peut être manipulé en charge.

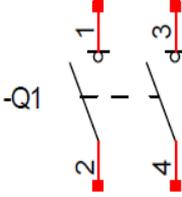
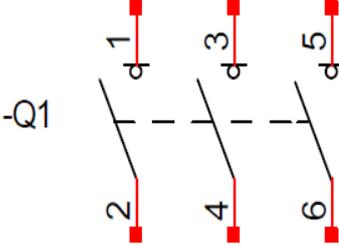
		
<p>Images</p>	<p>Symbole dans le circuit de commande</p>	<p>Symbole dans le circuit de puissance</p>

Figure. II.3. Interrupteur Sectionneur.

I.4.4. Relais Thermique

Le relais thermique assure la protection du moteur contre les surcharges électriques. Cet appareil s'échauffe légèrement par le courant du moteur (effet joules sur 3 bilames). Au-delà d'une valeur pré-réglée, un contact interne s'ouvre et coupe la bobine du contacteur tripolaire.

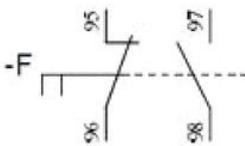
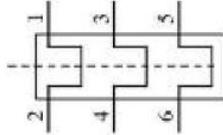
		
<p>Images</p>	<p>Symbole dans le circuit de commande</p>	<p>Symbole dans le circuit de puissance</p>

Figure. II.4. Relais Thermique.

I.4.5. Contacteur

Il assure la fonction de commutation. Il permet de fermer ou d'ouvrir un circuit électrique de puissance en charge et à distance.

Lorsque la bobine du contacteur est alimenté les contacts de la partie puissance et ceux de la partie commande changent d'état simultanément. L'ouverture et la fermeture des contacts s'effectuent grâce à un circuit électromagnétique.

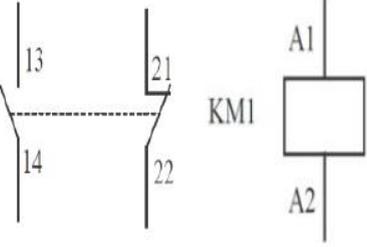
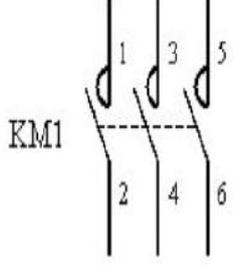
		
<p align="center">Images</p>	<p align="center">Symbole dans le circuit de commande</p>	<p align="center">Symbole dans le circuit de puissance</p>

Figure. II.5. Contacteur

I.4.6. Bloc auxiliaire temporisé (ou temporisateur)

Les blocs auxiliaires temporisés servent à retarder l'action d'un contacteur (lors de la mise sous tension ou lors de son arrêt). Il contient deux contacts 1NC et 1NO : le premier est normalement ouvert et le second et normalement fermé. Dans ce type de temporisateur, le basculement des contacts est retardé par rapport à la mise sous tension de la bobine. La retombée des contacts est instantanée par rapport à la mise hors tension de la bobine.

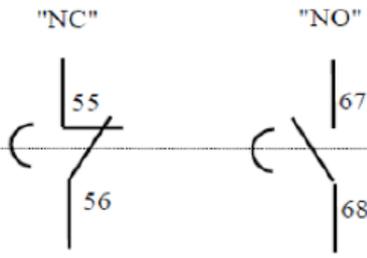
	
<p align="center">Images</p>	<p align="center">Symbole dans le circuit de commande</p>

Figure. II.6. Bloc auxiliaire temporisé

Il existe d'autres types de temporisateurs dans ses derniers le basculement des contacts est instantanée par rapport à la mise hors tension de la bobine.

Cette définition est valable pour les blocs additifs temporisateur de types LA3-D22 (Télemécanique) qui est mécanique, ne s'applique pas pour les relais temporisés au repos électronique de type RHR. En effet, l'électronique nécessite une alimentation permanente.

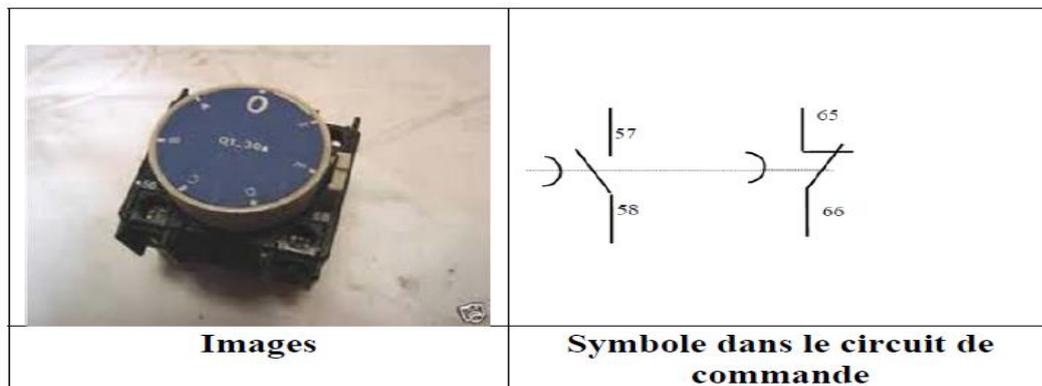


Figure. II.7. Autre bloc auxiliaire temporisé

I.4.7. Bloc de contacts auxiliaires

Le bloc de contact auxiliaire est un appareil mécanique de connexion qui s'adapte sur les contacteurs. Il permet d'ajouter de 2 à 4 contacts supplémentaires ou contacteur. Les contacts sont prévus pour être utilisés dans la partie commande des circuits. Ils ont la même désignation et repérage dans les schémas que le contacteur sur lequel ils sont installés (KA, KM...).

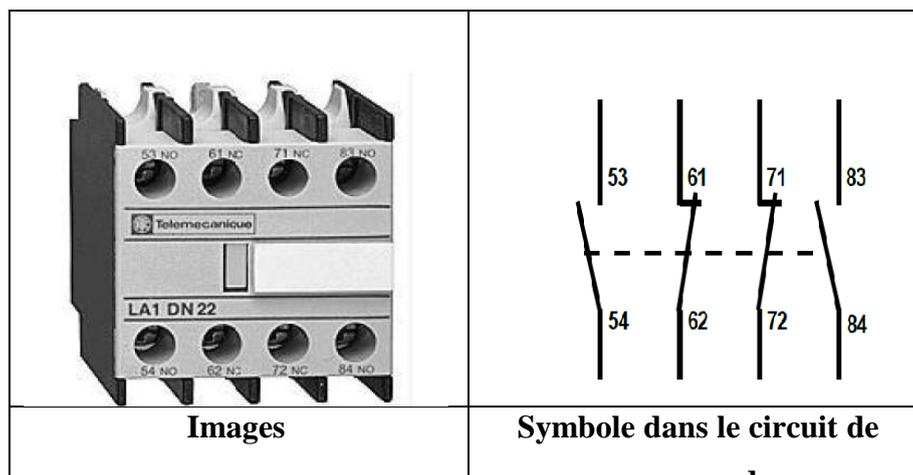


Figure. II.8. Bloc de contacts auxiliaires

Différentes configurations de Contacts auxiliaires en voici quelques exemples :

- 4 Contacts NO : 13-14 ; 23-24 ; 33-34 ; 43-44.
- 4 Contacts NC : 11-12 ; 21-22 ; 31-32 ; 41-42.
- 3 Contacts NO et 1 contact NC : 13-14 ; 21-22, 33-34 ; 43-44
- 2 Contacts NO et 2 contacts NC 13-14 ; 21-22 ; 31-32 ; 41-42.

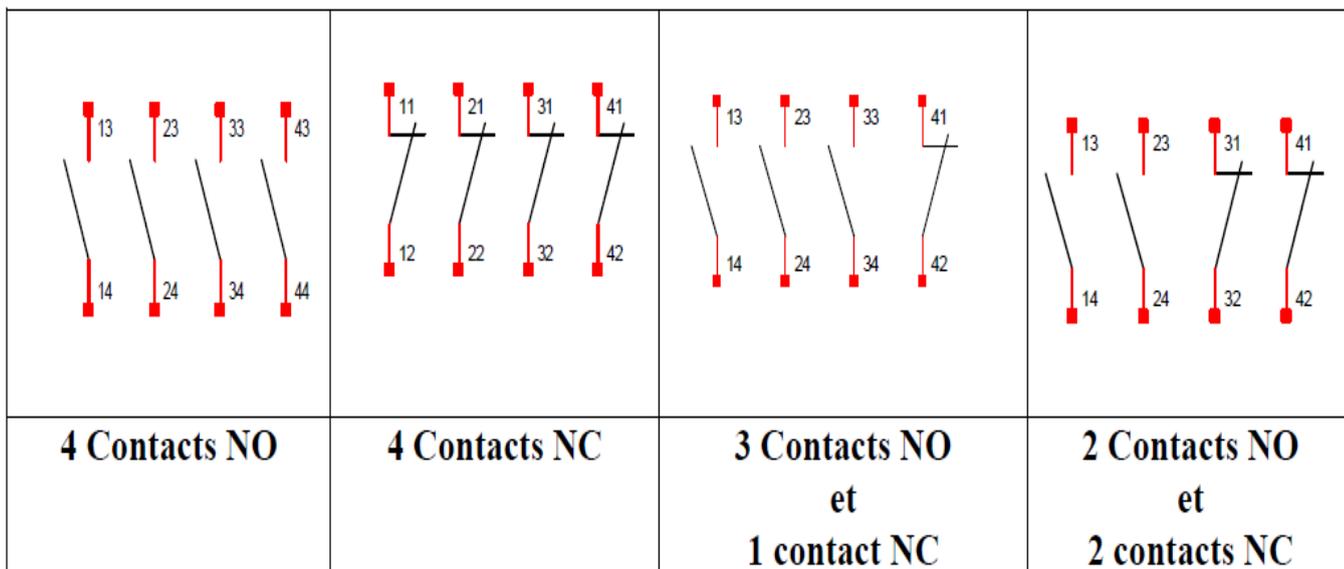


Figure. II.9. Différentes configurations de contacts auxiliaires

I.4.8. Contacteur auxiliaire

C'est un relais ayant le même principe de fonctionnement que le contacteur mais ne permettant d'alimenter que des circuits de commande.

Il est utilisé pour relayer les capteurs (plus de contacts), permettre de réaliser des commandes plus complexes. On peut lui ajouter des blocs de contacts auxiliaires temporisés ou non. Il est repéré dans les schémas par KA, (KA1, KAA...) aussi bien pour la bobine et les contacts.

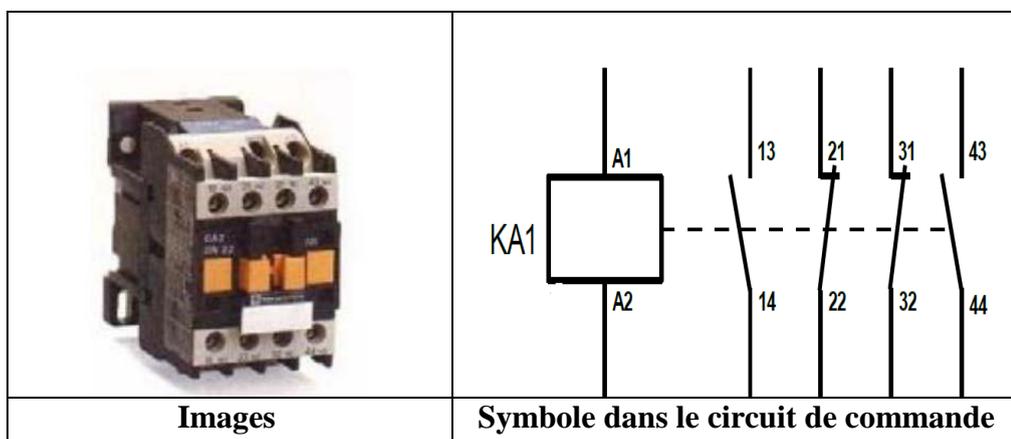


Figure. II.10. Contacteur auxiliaire

I.4.9. Les capteurs de fin de course (ou butée de fin de course)

Le capteur de fin de course est un capteur qui possède un dispositif mécanique et deux contacts 1NO et 1NC. Il permet de couper ou établir un circuit lorsqu'il est actionné par un mobile.

	
Images	Symbole dans le circuit de commande

Figure. II.11. Capteurs de fin de course

I.4.10. Fusible

Il comporte un fil conducteur grâce à sa fusion. il interrompt le circuit électrique lorsqu'il est soumis à une intensité du courant qui dépasse la valeur maximale supportée par le fil.

	
Images	Symbole

Figure. II.12. Fusibles

Il existe plusieurs types de fusibles :

- **aM** : ce sont des cartouches à usage industriel, pour l'accompagnement moteur, commence à réagir à partir de $4 \cdot I_n$ (I_n est le courant prescrit sur le fusible), protège uniquement contre les courts-circuits. Il est souvent utilisé pour les moteurs, les transformateurs...
- **gG** : ce sont des fusibles à usage industriel protège contre les faibles et les fortes surcharges et les courts circuits. Il est utilisé pour l'éclairage, les fours, la ligne d'alimentation...
- **gF** : ce sont des fusibles à usage domestique, il assure la protection contre les surcharges et les courts circuits.

I.4.11. Lampes de signalisation ou voyants

Ils servent à donner une information sur l'état du système.

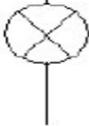
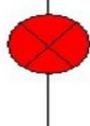
	<p>H1</p>  <p>Au repos</p>	<p>H1</p>  <p>Actionner</p>
<p>Images</p>	<p>Symbol</p>	

Figure. II.13. Voyants

I.4.12. Boutons poussoirs

Il en existe deux types : Les boutons poussoirs à fermeture et les boutons poussoirs à ouverture. Ils servent à ouvrir ou fermer un circuit électrique. Dès qu'on relâche ils reviennent dans leur position initiale. Le bouton poussoir est composé de deux parties différentes le corps et la tête. La tête s'emboîte dans le corps grâce à un clip. Le corps qui par sa référence indiquera si c'est un bouton poussoir NO ou NC.



Figure. II.14. Le corps d'un bouton poussoir

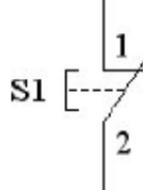
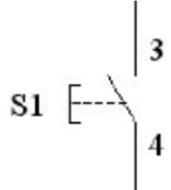
<p>Bouton poussoir arrêt (Normaly Closed NC)</p>		 <p>S1</p> <p>Symbole</p>
<p>Bouton poussoir marche (Normaly Open NO)</p>		 <p>S1</p> <p>Symbole</p>

Figure. II.15. Boutons poussoirs

II. Procèdes de démarrage des moteurs asynchrones

Un moteur asynchrone possède un fort couple de démarrage mais il a l'inconvénient d'absorber de 4 à 8 fois son intensité nominale. Pour réduire cet appel de courant on dispose de plusieurs procédés de démarrage. Il existe deux types d'actions : action sur le stator et action sur le rotor.

- Action sur le stator : Dans ce cas 3 types de démarrage sont possibles :
 - Démarrage étoile triangle.
 - Démarrage par élimination des résistances statoriques.
 - Démarrage par autotransformateurs.

L'inconvénient de ces démarrages c'est que : le couple moteur qui est proportionnel au carré de la tension est réduit dans le même rapport.

- Action sur le rotor :
 - Démarrage par élimination des résistances rotoriques.

Cette seconde façon de procéder ne présente pas d'inconvénient sur le plan fonctionnel, l'augmentation de la résistance du rotor se traduit par une augmentation du couple de démarrage et une diminution du courant de démarrage.

- Choix des appareillages : Le choix des appareillages est principalement réalisé en fonction du moteur.
- Il faudra calculer le courant qui traversera les appareillages en cherchant le courant nominal du moteur, ou bien en utilisant sa puissance utile, dans ce cas il faut diviser cette puissance par le rendement du moteur et utiliser la formule : $I = \frac{P}{\sqrt{3}U\cos\varphi}$.
- Une fois le courant calculé il ne reste plus qu'à choisir dans un catalogue le contacteur (et ses auxiliaires), le relais thermique. Ainsi que les fusibles adéquats qui seront de type aM.

II.1. Démarrage direct

II.1.1.Principe

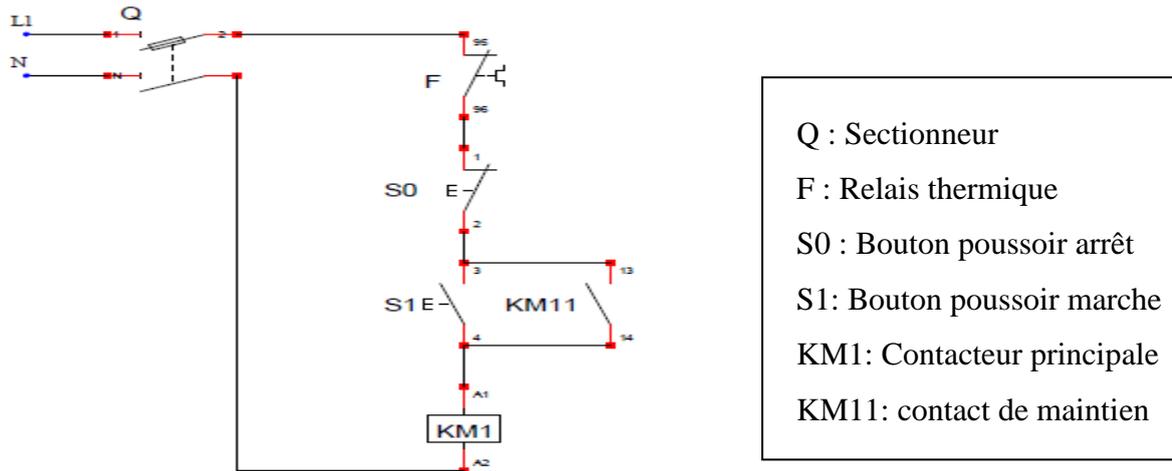
Dans ce procédé de démarrage, le moteur asynchrone est directement branché au réseau d'alimentation le démarrage s'effectue en un seul temps. Le courant de démarrage peut atteindre 4 à 8 fois le courant nominal du moteur. Le couple de très important : il peut atteindre 1.5 fois le couple nominal.

II.1.2.Démarrage directe semi-automatique à un seul sens de marche

Objectif

On veut démarrer un moteur asynchrone triphasé dans un seul sens de marche. L'arrêt s'effectue en appuyant sur un bouton poussoir **S0** et la mise en marche sur un bouton poussoir **S1**.

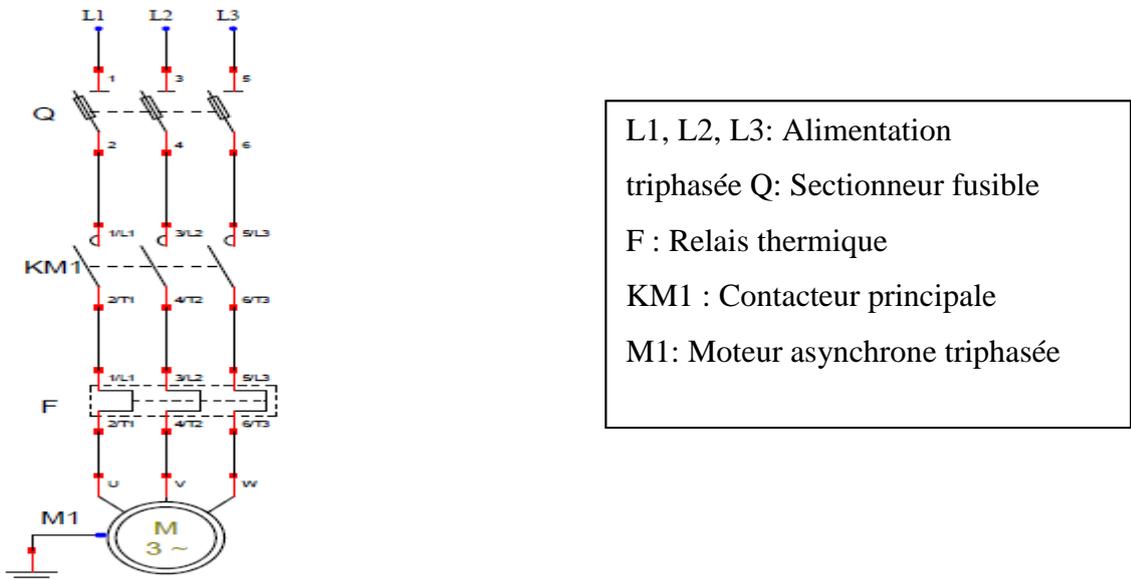
Circuit de commande



- Q : Sectionneur
- F : Relais thermique
- S0 : Bouton poussoir arrêt
- S1: Bouton poussoir marche
- KM1: Contacteur principale
- KM11: contact de maintien

Figure.16. Circuit de commande de démarrage direct semi-automatique à un seul sens de marche

Circuit de puissance



- L1, L2, L3: Alimentation triphasée
- Q: Sectionneur fusible
- F : Relais thermique
- KM1 : Contacteur principale
- M1: Moteur asynchrone triphasée

Figure. II.17.Circuit de puissance de Démarrage direct semi-automatique à un seul sens de marche

II.1.3.Démarrage direct semi-automatique à deux sens de marche

On veut démarrer un moteur asynchrone triphasé dans deux sens de rotation. L'arrêt s'effectue en appuyant sur un bouton poussoir **S0** et la mise en marche dans le sens 1 s'effectue en appuyant sur un bouton poussoir **S1** et dans le sens 2 en appuyant sur un bouton poussoir **S2**.

Avec,

- Q : Sectionneur
- F : Relais thermique
- S0 : Bouton poussoir arrêt

- S1 : Bouton poussoir marche sens1
 S2 : Bouton poussoir marche sens2
 KM1, KM2 : Contacteur principale
 KM11, KM12 : Contact de maintien
 KM21, KM22 : Contact de verrouillage électrique

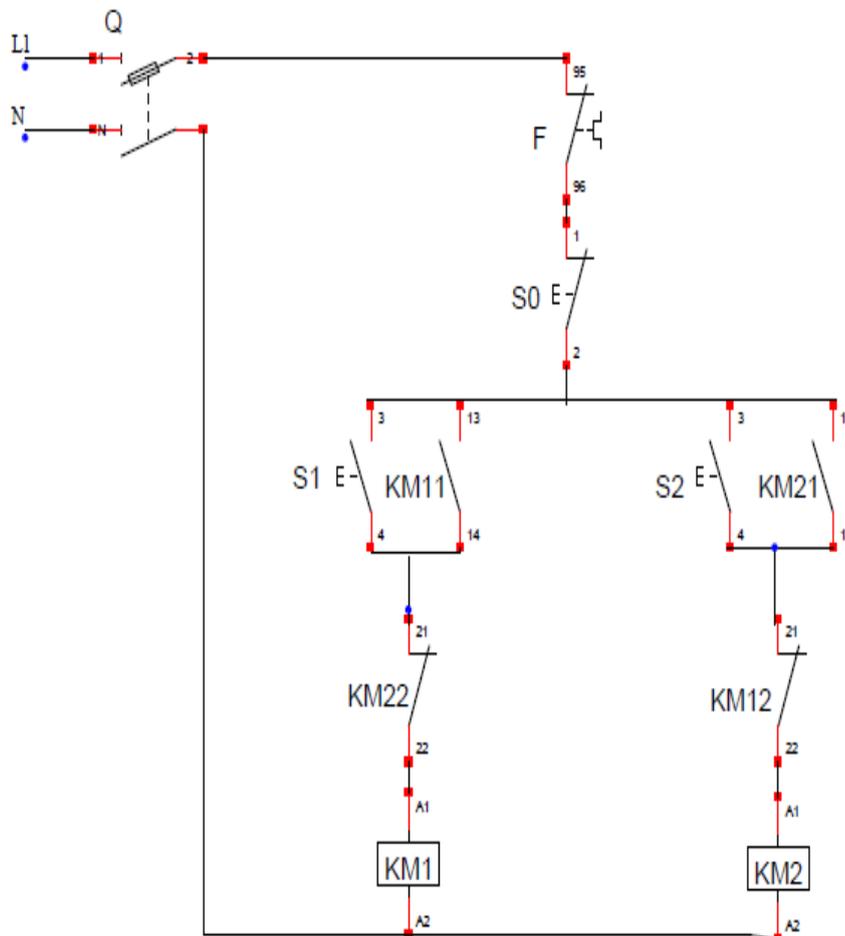
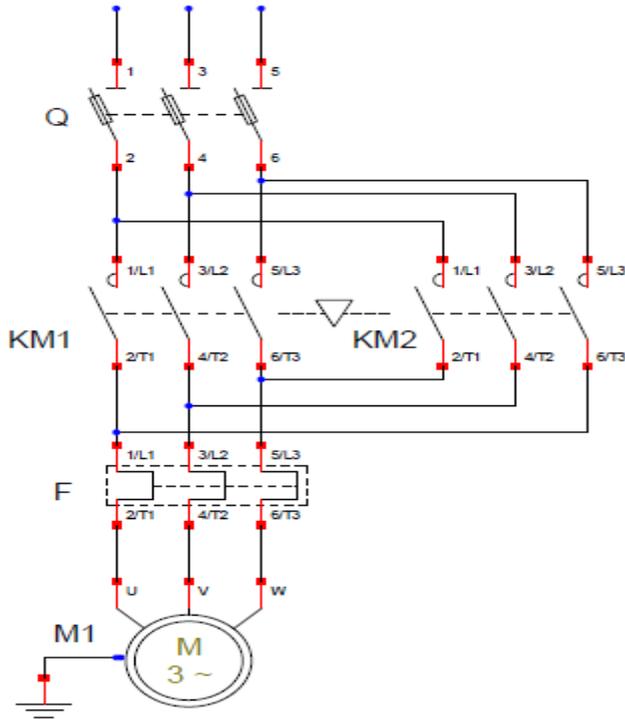


Figure. II.18. Circuit de commande de démarrage direct semi-automatique à deux sens de marche

Circuit de puissance :

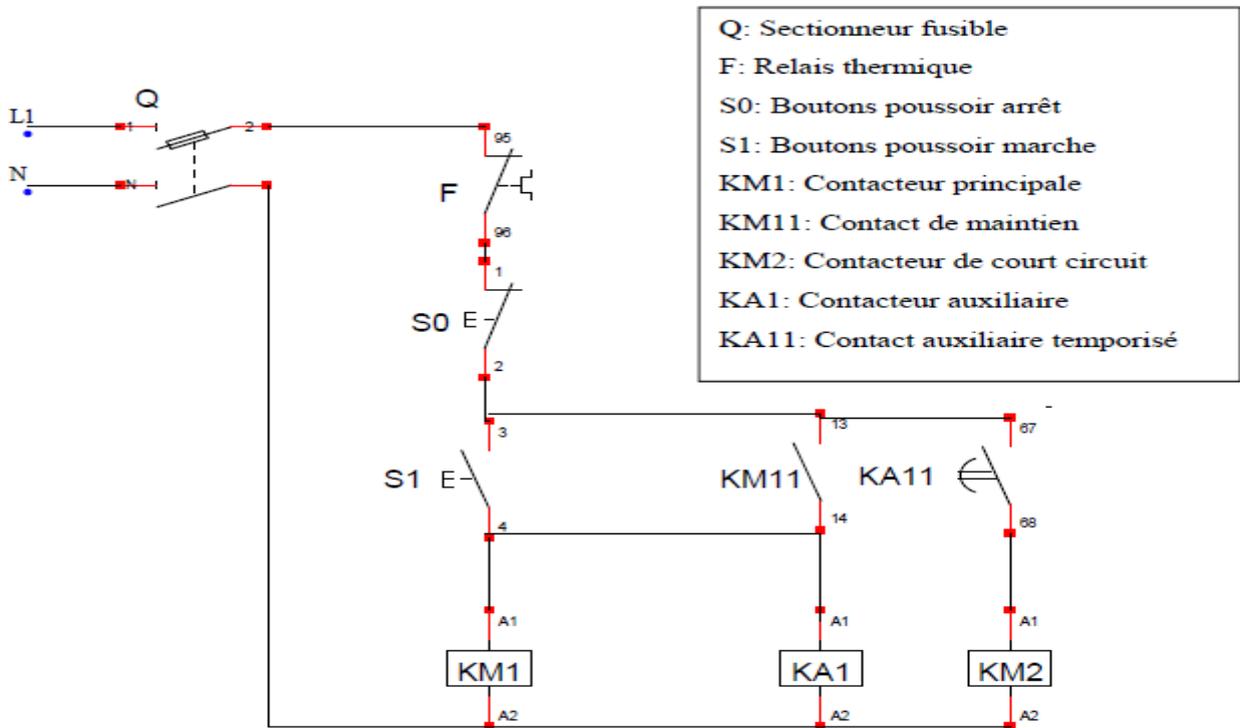


- L1,L2,L3: Alimentation triphasée
- Q: Sectionneur fusible
- F: Relais thermique
- KM1: Contacteur principale sens1
- KM2: Contacteur principale sens2
- M1: Moteur asynchrone triphasée

Figure. II.18. Circuit de puissance de démarrage direct semi-automatique à deux sens de marche

II.2.1. Démarrage par élimination de résistances statoriques à un seul sens de marche

Circuit de commande



- Q: Sectionneur fusible
- F: Relais thermique
- S0: Boutons poussoir arrêt
- S1: Boutons poussoir marche
- KM1: Contacteur principale
- KM11: Contact de maintien
- KM2: Contacteur de court circuit
- KA1: Contacteur auxiliaire
- KA11: Contact auxiliaire temporisé

Figure. II.19.. Circuit de commande de Démarrage par élimination de résistances statoriques à un seul sens de marche

Circuit de puissance :

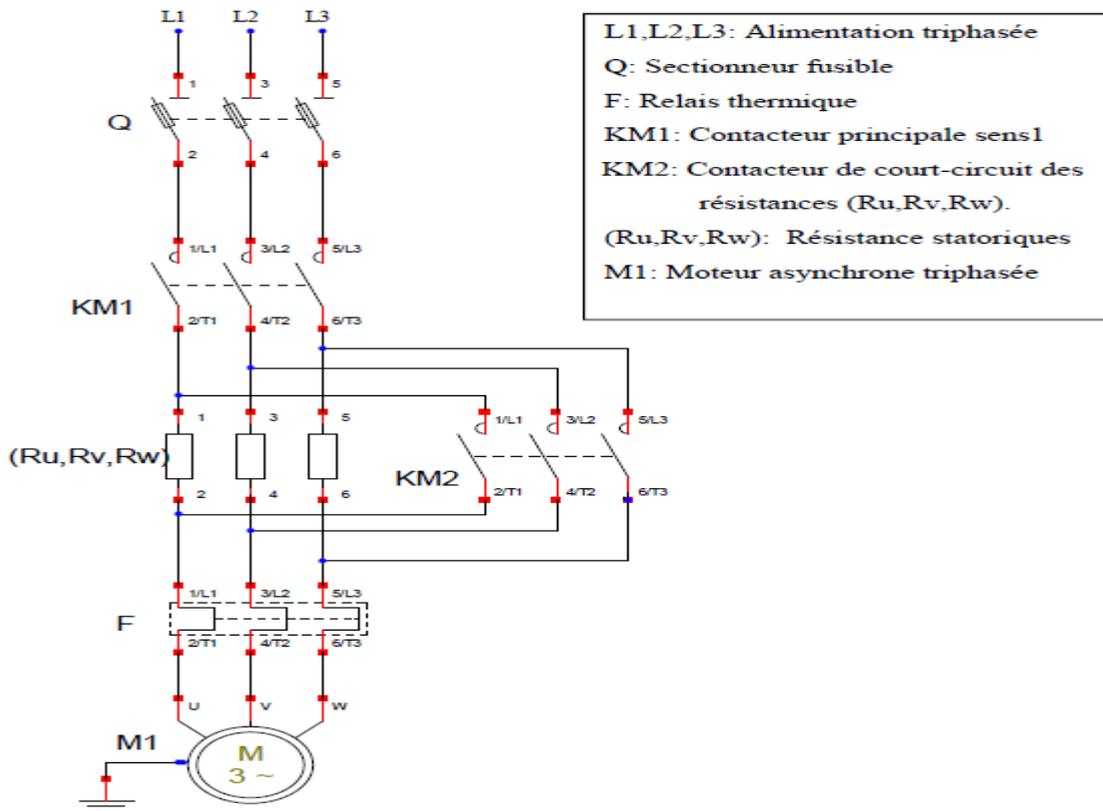


Figure. II.20. Circuit de puissance de Démarrage par élimination de résistances statoriques à un seul sens de marche

II.2.2. Démarrage par élimination de résistances statoriques à deux sens de marche

Circuit de commande :

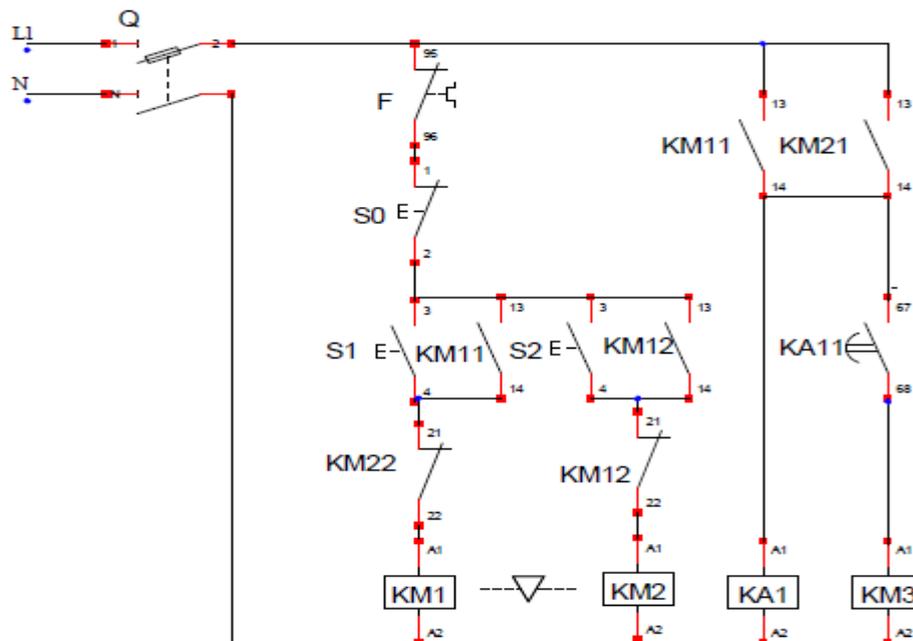


Figure. II.21. Circuit de commande de démarrage par élimination de résistances statoriques à deux sens de marche

Avec :

Q : Sectionneur fusible

F : Relais thermique

S0 : Boutons poussoir arrêt

S1 : Boutons poussoir marche sens1

S2 : Boutons poussoir marche sens2

KM1 : Contacteur principale sens1

KM2 : Contacteur principale sens2

KM11 : Contact de maintien

KM12 : Contact de maintien

KM3 : Contacteur de court-circuit

KA1 : Contacteur auxiliaire

KA11 : Contact auxiliaire temporisé

Circuit de puissance :

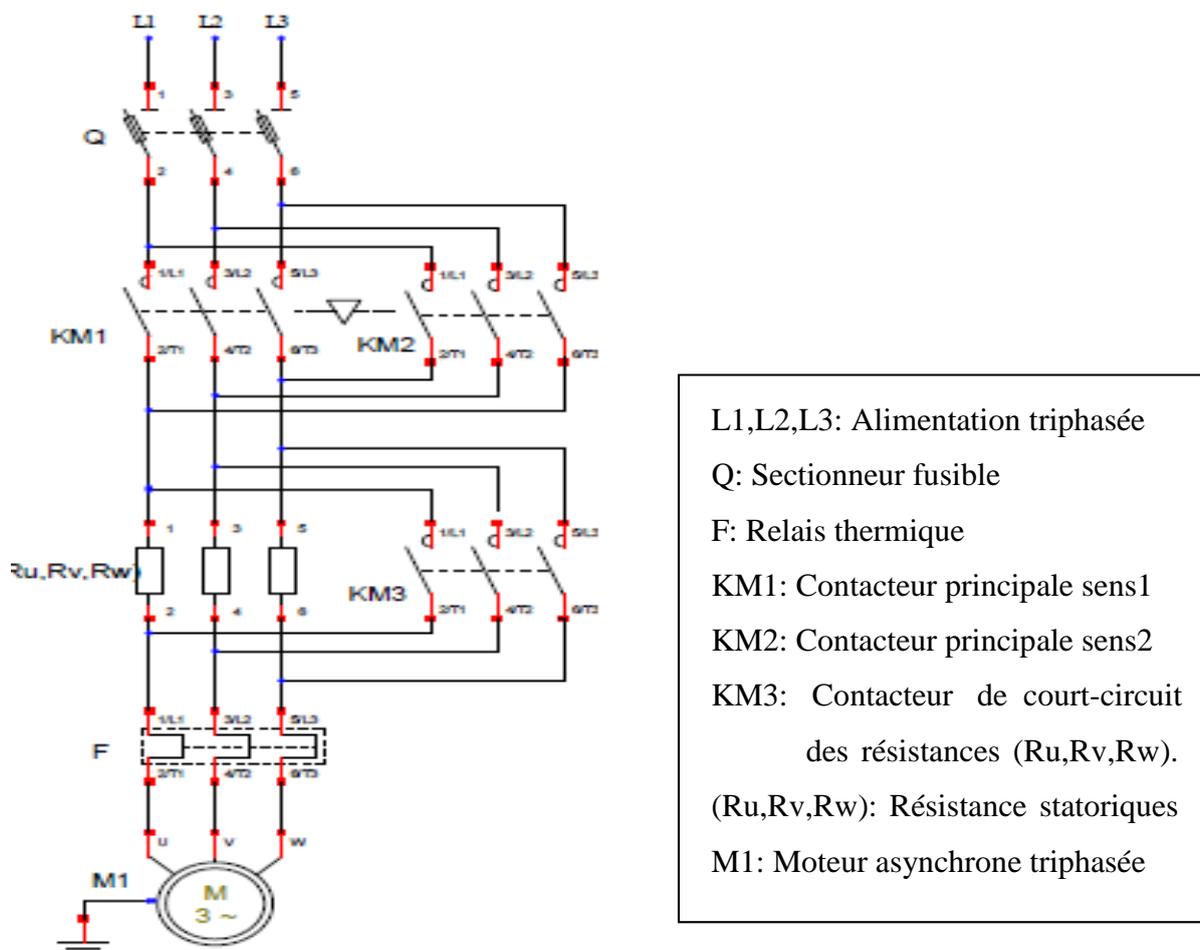


Figure. II.22. Circuit de puissance de démarrage par élimination de résistances statoriques à deux sens de marche

II.3.1. Démarrage par élimination de résistances rotoriques à un seul sens de marche

Principe :

Ce type de démarrage est utilisé pour les moteurs à rotor bobiné dont les enroulements sont couplés en **Y** et les trois sont soudés à des bagues fixées sur l'arbre du moteur auxquels on peut insérer des résistances à l'aide de balais frotteurs.

Ce démarrage consiste à alimenter le stator du moteur par la tension nominale et éliminer les résistances rotoriques en plusieurs temps (3 temps au minimum).

1^{er} temps : On insère la totalité des résistances dans les enroulements du rotor.

2^{ème} temps : On diminue la résistance du circuit rotor en éliminant une partie des résistances insérées.

3^{ème} temps : On élimine toutes les résistances rotoriques en court-circuitant les enroulements du rotor.

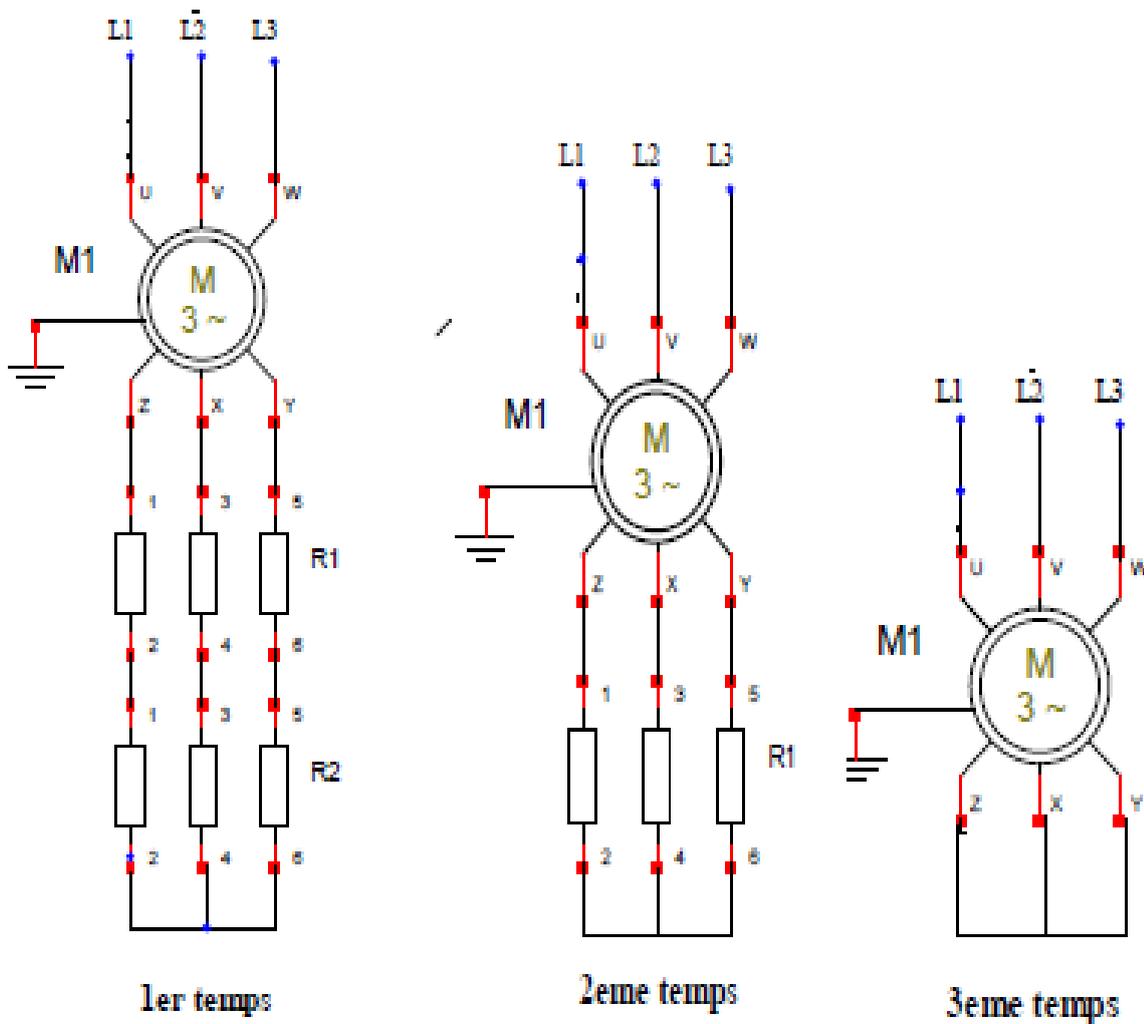


Figure. II.23. Démarrage par élimination de résistances rotoriques à un seul sens de marche

Circuit de commande :

1^{ère} solution

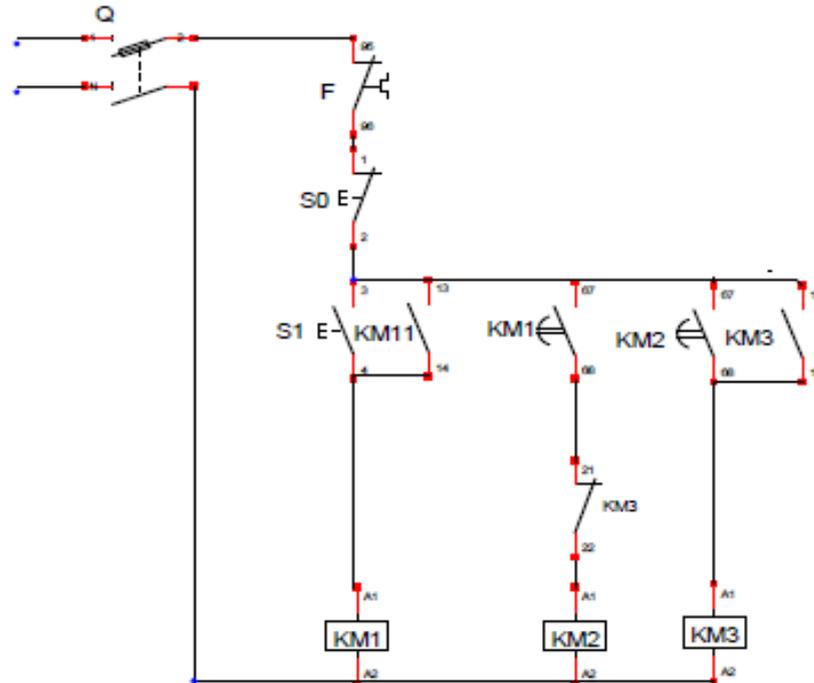


Figure. II.24. Circuit de commande Démarrage par élimination de résistances rotoriques à un seul sens de marche

2^{ème} solution

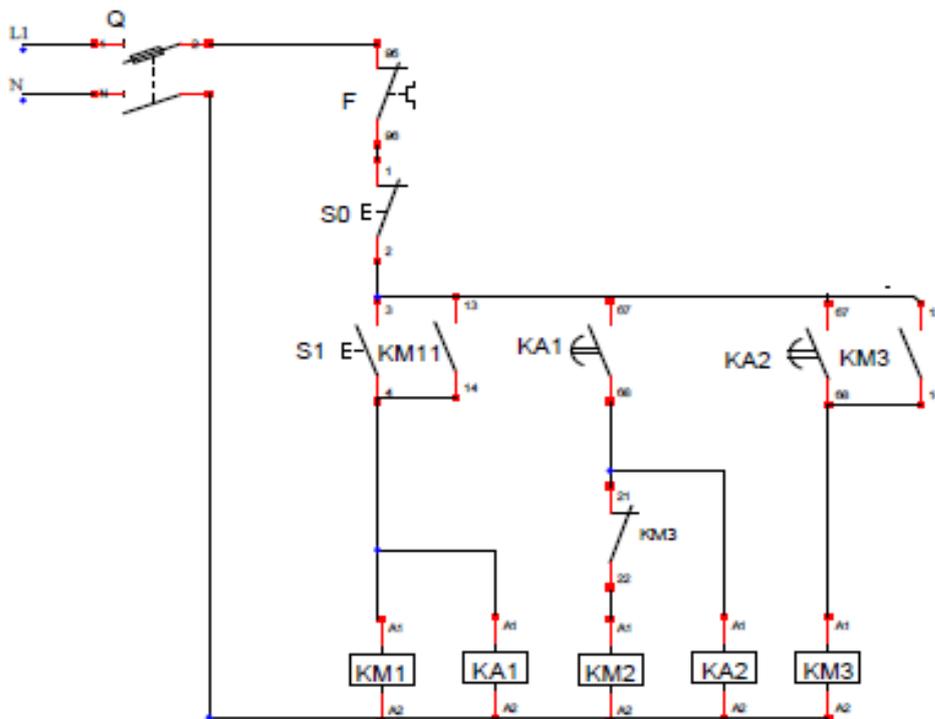


Figure. II.24. Circuit de commande Démarrage par élimination de résistances rotoriques à un seul sens de marche

Circuit de puissance :

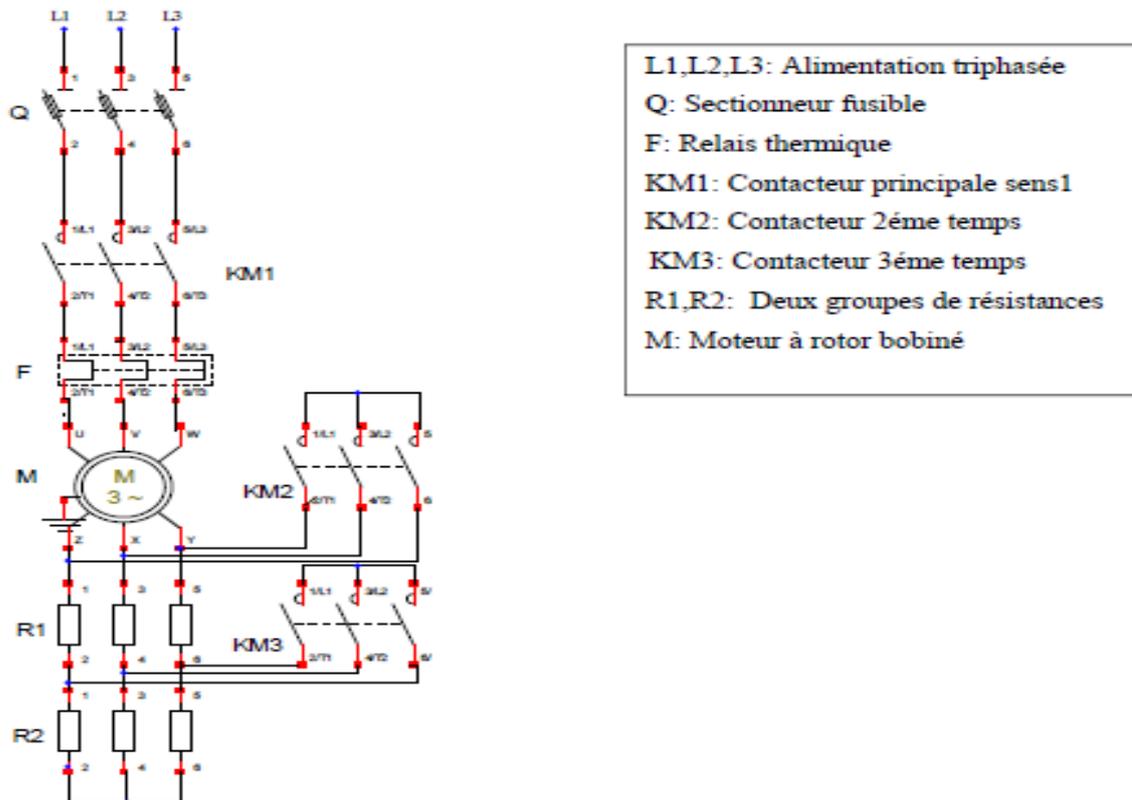


Figure. II.25. Circuit de puissance Démarrage par élimination de résistances rotoriques à un seul sens de marche

II.3.2. Démarrage par élimination de résistances rotoriques à deux sens de marche

Circuit de commande :

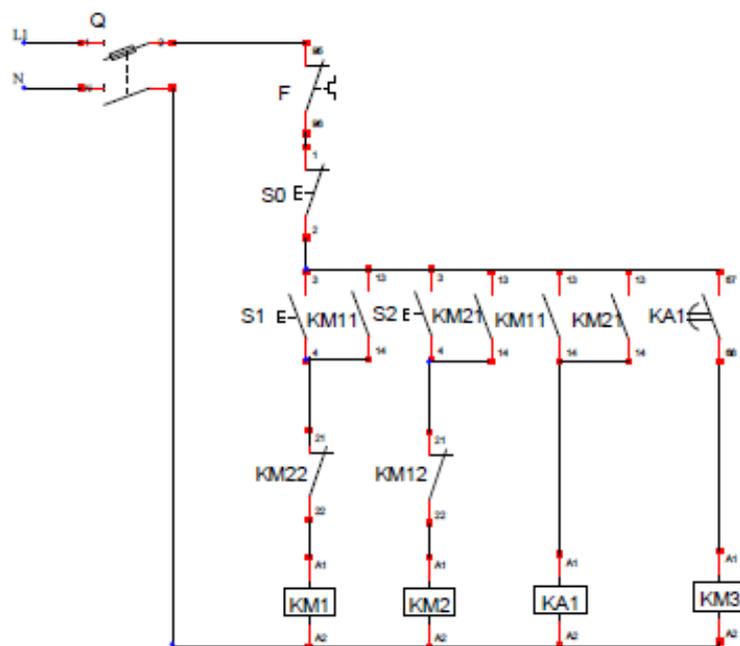
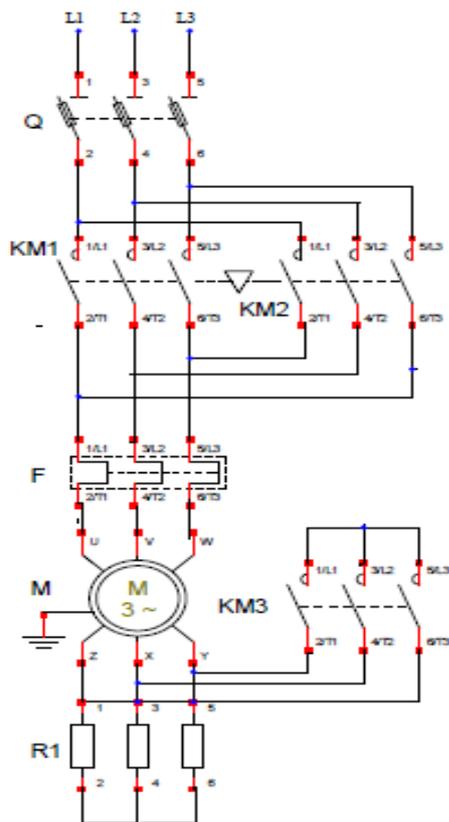


Figure. II.26. Circuit de commande Démarrage par élimination de résistances rotoriques à deux sens de marche

Circuit de puissance :



L1,L2,L3: Alimentation triphasée

Q: Sectionneur fusible

F: Relais thermique

KM1: Contacteur principale sens 1

KM2: Contacteur principale sens 2

KM3: Contacteur 2^{ème} temps

R1: Groupe de résistances

M: Moteur à rotor bobiné

Figure. II.27. Circuit de puissance Démarrage par élimination de résistances rotoriques à deux sens de marche

II.4. Démarrage étoile-triangle

Le démarrage s'effectue en deux temps :

- **1er temps** : Chaque enroulement du stator est alimenté sous une tension réduite en utilisant le couplage **Y**. Il est le temps nécessaire pour que la vitesse du moteur atteigne 80% de sa vitesse nominale.
- Chaque enroulement du stator est alimenté par sa tension nominale changeant le couplage au triangle.

Remarque :

Pour ce type de démarrage, il faut donc utiliser un moteur **normalement couplé en triangle**

Δ et dont toutes les extrémités d'enroulement sont sorties sur la plaque à bornes.

II.4.1. Démarrage étoile-triangle semi-automatique à un sens de marche :

a- Objectif :

On veut démarrer un moteur asynchrone triphasée en étoile triangle dans un sens de rotation en appuyant sur un bouton poussoir **S1** et l'arrêt s'effectue en appuyant sur un bouton poussoir **S0**.

b- Circuit de commande :

1ère solution :

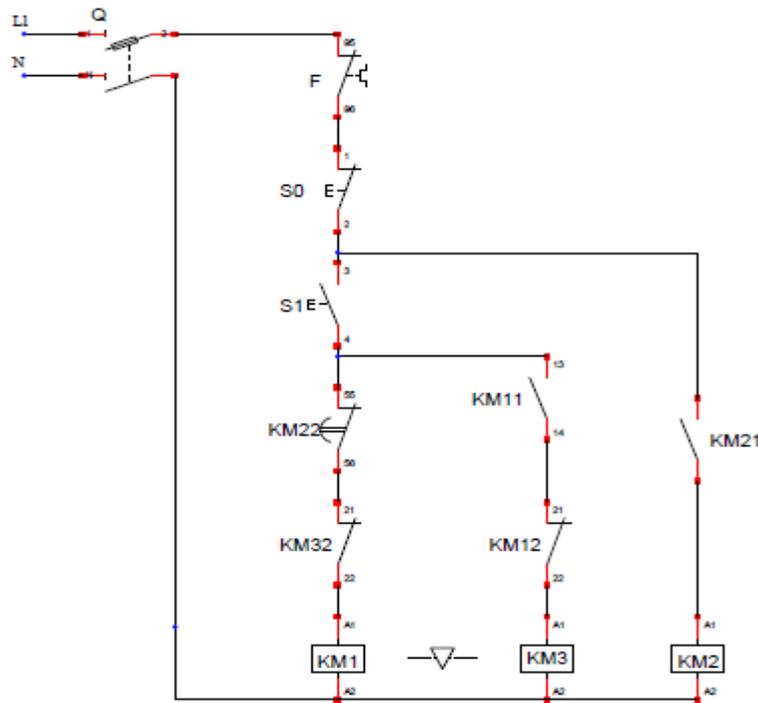


Figure. II.28. Circuit de commande de démarrage étoile-triangle semi-automatique à un sens de marche

2ème solution :

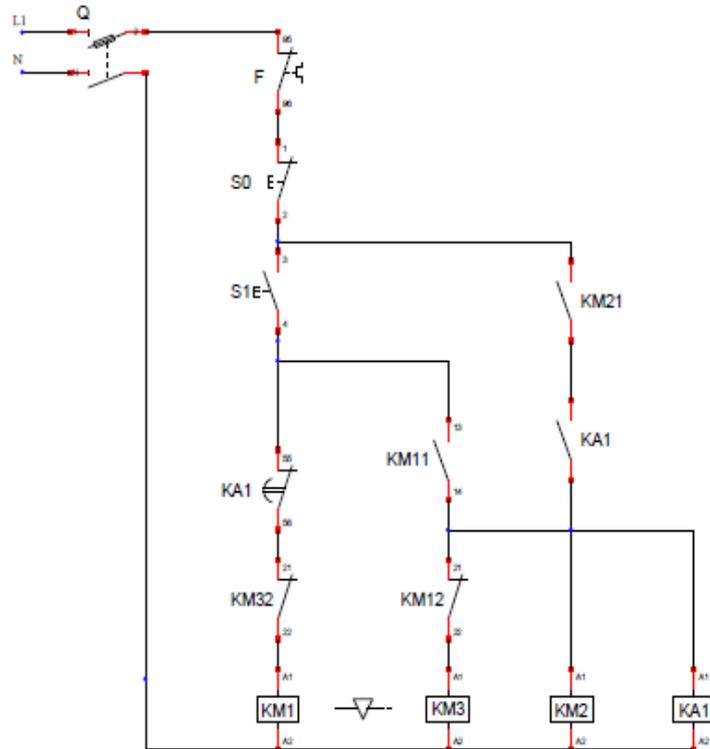


Figure. II.29. Circuit de commande de démarrage étoile-triangle semi-automatique à un sens de marche

Circuit de puissance

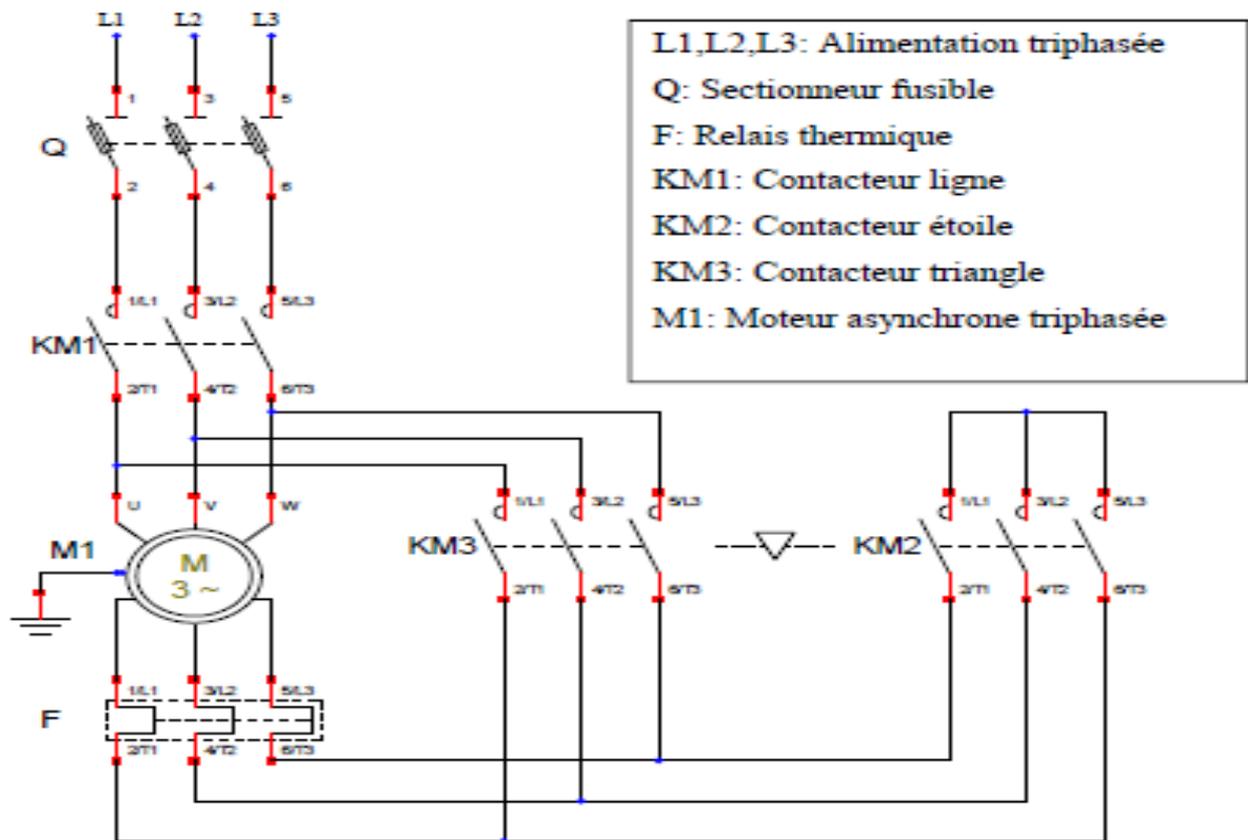


Figure. II.29. Circuit de puissance Démarrage étoile-triangle semi-automatique à un sens de marche

III. Entraînement des machines outils : le moteur asynchrone

III.1. Introduction.

Les entraînements électriques pilotés par des machines asynchrones sont très utilisés dans le domaine industriel. Ces machines sont très robustes et de faible coût d'entretien et pouvant fonctionner dans des conditions très sévères. Les performances dynamiques de la machine asynchrone dépendent beaucoup de la qualité du découplage entre le flux et le couple. Ce découplage dans le cas d'une machine à courant continu à excitation séparée est naturel. Cependant, ce type de machine ne convient pas pour les grandes puissances. C'est l'une parmi d'autres raisons qui a conduit à l'utilisation de la machine asynchrone.

Le moteur électrique asynchrone a pour rôle de **transformer** l'énergie électrique en énergie mécanique de rotation.

III.2. Constitution

Les moteurs asynchrones triphasés sont constitués d'une partie fixe appelée **stator** et d'une partie tournante appelée **rotor**.

III.2.1. Stator

Il est constitué de trois enroulements alimentés par des tensions triphasées et produisant un champ magnétique tournant à la fréquence de rotation : $n_s = \frac{f}{p}$

Avec :

- f : fréquence en [Hz],
- p : nbre de paires de pôles,
- n_s : en [tr/s].

Si la fréquence $f = 50$ Hz, les vitesses synchrones possibles sont :

P	n_s [tr/s]	n_s [tr/min]
1	50	3000
2	25	1500
3	16.67	1000
4	12.5	750

Table.1. Les vitesses synchrones possibles en fonction du nombre de Paires de pôles

III.2.2. Rotor

Le rotor constitue d'un circuit électrique fermé où se crée des courants induits qui entraînent la mise en rotation du rotor. Le rotor tourne à la vitesse de rotation n qui est inférieure à la vitesse synchrone n_s . Il existe essentiellement deux types de rotors suivant la constitution et l'emploi :

III.2.2.1. Rotor à cage d'écureuil :

Il est constitué de barres métalliques identiques dont les extrémités sont réunies entre elles par des couronnes métalliques peu résistives. L'ensemble présente une résistance électrique très faible, on dit que le rotor est en court-circuit.

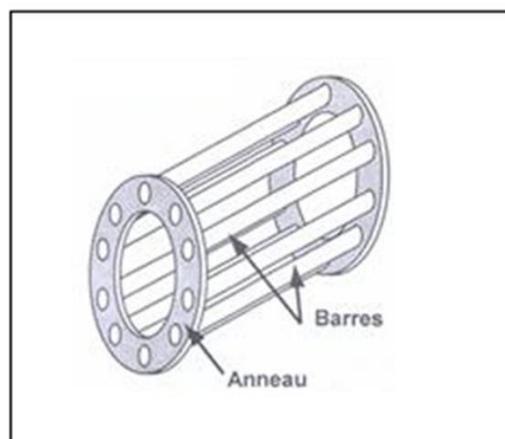
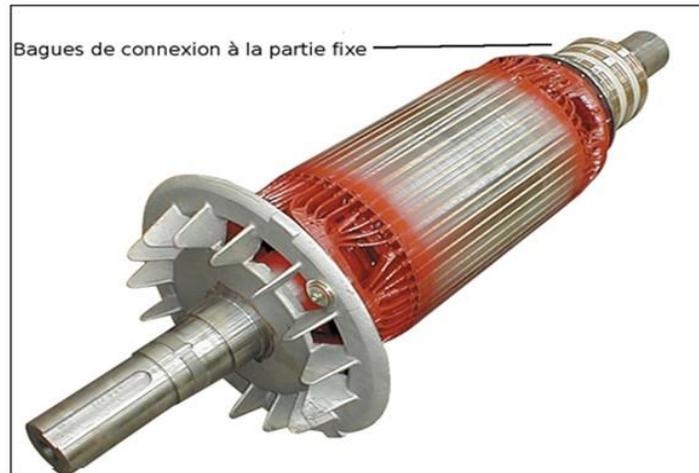


Figure. II.30. Rotor à cage d'écureuil.

III.2.2.2. Rotor bobiné à bagues :

Les tôles de ce rotor sont munies d'encoches où sont placés des conducteurs formant un bobinage le plus souvent triphasé, trois bagues et trois balais sont prévus pour accéder à ces enroulements, permettant de modifier certaines des caractéristiques électriques du circuit rotorique.



Figur. II.31. Rotor bobiné à bague

III.3. Principe de fonctionnement

Trois bobines fixées sur un circuit magnétique appelé stator, sont alimentées par un réseau de tension triphasé. Ces trois tensions sont déphasées dans l'espace chacune de 120° , elles produisent à travers des bobinages statoriques un champ magnétique tournant s'exerçant sur un cylindre en aluminium appelé rotor.

Le rotor se met alors à tourner dans le même sens que le champ tournant mais à une vitesse légèrement plus faible d'où le terme **asynchrone**.

Les trois enroulements statoriques alimentés par un réseau triphasé équilibré créent dans l'entrefer un champ magnétique tournant à la fréquence de rotation de synchronisme n_s . Les conducteurs du rotor sont soumis à ce champ tournant. Ils sont alors traversés par des courants de Foucault induits. D'après la loi de Lenz, Le rotor est donc entraîné dans le sens du champ tournant à une vitesse légèrement inférieure. Si le rotor tourne à la même vitesse que le champ (synchronisme), il n'y aura pas de courant induit, donc pas de forces électromagnétiques, donc pas de rotation.

La fréquence de rotation du rotor, notée n , est inférieure à celle de rotation du champ qui est appelée fréquence de synchronisme et notée n_s .

III.4. Vitesse de glissement

La vitesse de synchronisme est la vitesse de rotation du champ tournant :

$$n(\text{tr/s}) = \frac{f(\text{Hz})}{p} \quad \text{et} \quad \Omega_s(\text{rad/s}) = \frac{\omega}{p} = \frac{2\pi f}{p}$$

Le glissement g mesure l'écart relatif entre la vitesse de rotation de la machine et la vitesse de synchronisme : Le glissement [sans unités] est : $g = \frac{n_s - n}{n_s}$

Avec :

- n_s : La fréquence de rotation de synchronisme [tr/s],
- n : La fréquence de rotation [tr/s].

On en déduit que : $n = n_s(1 - g)$

III.5. Bilan de puissance d'un moteur asynchrone

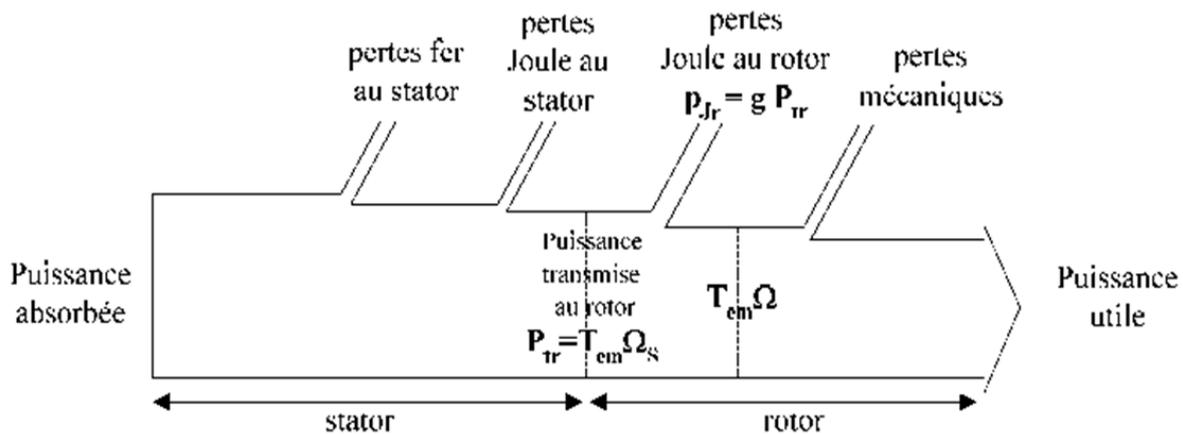


Figure. II.32. Bilan de puissance d'un moteur asynchrone

III.5.1. Pertes joules au rotor :

$$\begin{cases} P_{jr} = P_{tr} - \Omega T_{em} = (\Omega_s - \Omega) T_{em} = g \Omega_s T_{em} \\ P_{jr} = g P_{tr} \end{cases}$$

Remarque : Les pertes fer sont essentiellement localisées au stator (elles sont négligeables dans le rotor).

III.5.2. Puissance :

- Puissance électrique absorbé par le stator : $P_a = \sqrt{3}UI\cos\varphi$
- Puissance transmise au rotor : $P_{tr} = P_a - (P_{js} + P_{fs}) = C\Omega$
- Pertes fer (pertes par hystérésis et par courants de Foucault) : P_{fs}

$$\begin{cases} P_{js} = \frac{3r_l^2}{2} \quad (\text{quel que soit le couplage}) \\ P_{js} = 3RI^2 \quad (\text{cas du couplage étoile}) \\ P_{js} = RI^2 \quad (\text{cas du couplage triangle}) \end{cases}$$

Avec :

R : résistance de l'enroulement statorique,

r : résistance mesurée entre deux bornes.

- A vide $P_u = 0, g = 0$ et $P_{jr} = 0$

III.5.3. Rendement :

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{\sqrt{3}UI\cos\varphi - \sum pertes}{\sqrt{3}UI\cos\varphi}$$

III.6. Décodage d'une plaque signalétique

La plaque signalétique d'un moteur asynchrone (moteur électrique) est la carte d'identité du moteur délivrée et certifiée par le constructeur. Elle contient donc les caractéristiques nominales électriques du moteur.

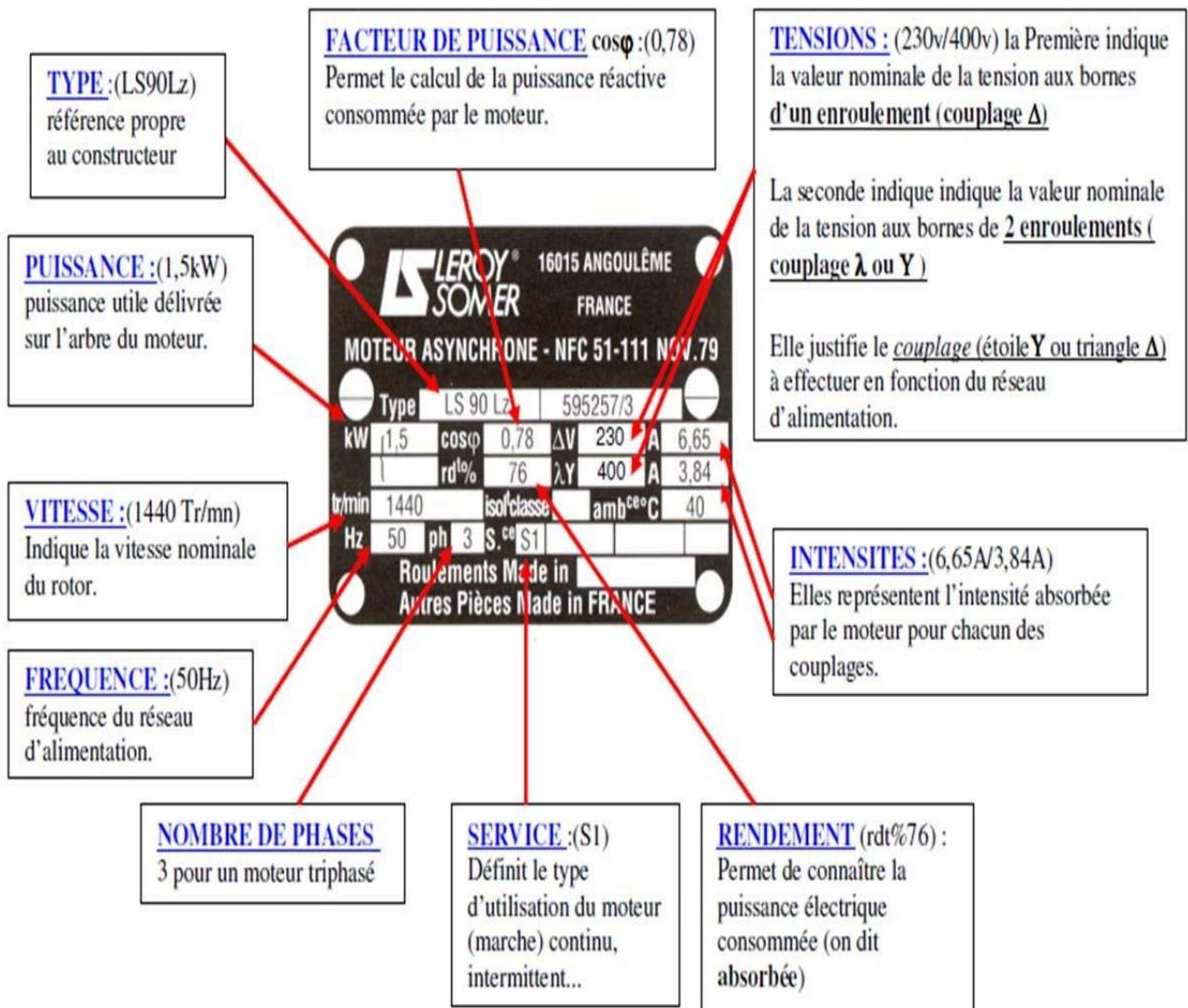


Figure. II.33. Exemple de plaque signalétique

Autre type de plaque signalétique :

3 ~	11KW
Y/ Δ =230V/400V	Cos = 0.85
22.5A/39A	50HZ
1440tr/min	

Figure. II.34. Autre type de plaque signalétique

- $U_N = 400 \text{ V}$: tension d'alimentation nominale entre phases.
- $V_N = 230 \text{ V}$: tension d'alimentation nominale la phase et la neutre.
- $I_N = 22.5 \text{ A}$: courant de ligne consommé à charge nominale
- $P_u = 11 \text{ kW}$: puissance utile nominale. (Puissance mécanique fournie à la charge).
- $n_N = 1440 \text{ tr/min}$: vitesse de rotation nominale.
- $\text{Cos } \varphi = 0,85$: facteur de puissance nominale.

III.7.Choix de couplage

Afin d'adapter électriquement un moteur (et éviter de le griller) par rapport à l'alimentation électrique distribuée sur le réseau, il est IMPERATIF de coupler les enroulements du moteur. A partir des indications données par la plaque signalétique et le réseau d'alimentation, on doit choisir l'un des deux couplages possibles étoile ou triangle. Il faut alors appliquer les 2 règles suivantes.

- Si la plus grande tension de la plaque signalétique du moteur correspond à la tension entre phases du réseau on adopte le couplage **Y**.
- Si la plus petite tension de la plaque signalétique du moteur correspond à la tension entre phases du réseau on adopte le couplage Δ .

Exemple :

Réseau d'alimentation		Plaque signalétique		Couplage
230V	400V	230V	400V	Y
230V	400V	400V	690V	Δ .
Tension simple	Tension composée	Tension d'un enroulement	Tension entre deux enroulements	

Table.2. Tableau récapitulatif sur les couplages

Une fois défini, le couplage (étoile Y ou triangle Δ) sera réalisé grâce à des barrettes de couplages positionnées dans la boîte à bornes du moteur.

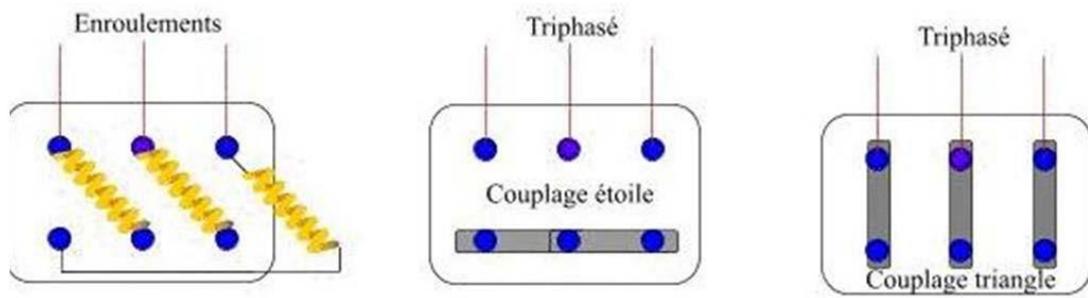


Figure. II.35. Couplage dans la boîte à bornes du moteur

IV. VARIATION DE VITESSE DES MACHINES INDUSTRIELLES

IV.1. Intérêt du variateur de vitesse

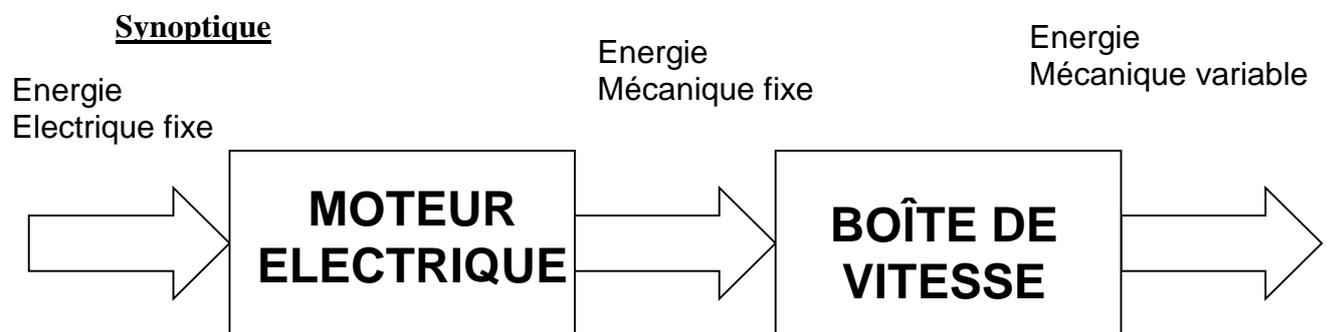
De nombreux systèmes industriels entraînés par des moteurs électriques utilisent la variation de vitesse pour optimiser leur fonctionnement.

1.1. Exemples d'utilisation :

- Réglage du débit d'une pompe ou d'un ventilateur,
- Réglage de la vitesse de défilement d'une chaîne de fabrication,
- Réglage de la vitesse de défilement d'un train de papeterie ou d'aciérie,
- Réglage de la vitesse de coupe ou d'avance des machines-outils,
- Réglage de la vitesse des systèmes de transport des personnes (train, téléphérique, ...)

Deux technologies permettent d'obtenir cette variation de vitesse :

IV.2. Variateur de vitesse mécanique



Il existe plusieurs types :

- A engrenages (boîte à vitesse)
- A poulies et courroies
- A chaînes
- A friction

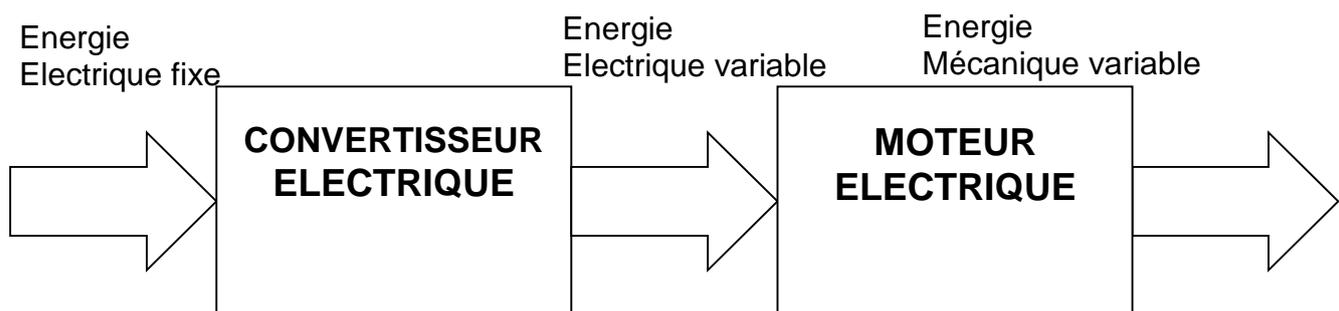


Figure. II.36. Les différents types d'accouplement

Inconvénients

- L'entretien n'est pas négligeable (usure des éléments en contact). L'appareil est bruyant.
- De plus, la plupart des variateurs mécaniques ne permettent pas de maintenir la vitesse constante lors des variations de charge.
- La commande à distance est difficile à réaliser.

IV.3. Variateurs de vitesse électroniques



- Le convertisseur est intégré sur l'alimentation du récepteur.
- Il agit sur la grandeur électrique qui permet de faire varier la fréquence de rotation du moteur.
- De plus, le choix du type de convertisseur dépend de la nature de l'énergie électrique (continue ou alternative) et du récepteur à alimenter (moteur à courant alternatif ou continu ; charge résistive).
- La variation de vitesse est obtenue en agissant sur un potentiomètre ; de ce fait la commande à distance est aisée. Le rendement du convertisseur est de l'ordre de 95%.
- Il permet d'atteindre les différents objectifs indiqués au début du cours.

Exemples de variateurs électroniques



Figure. II.37. variateur électronique

Avantages des convertisseurs électroniques :

- Diminution des pertes mécaniques présentes dans les variateurs mécaniques (poulies et courroies, engrenages),
- Limitation voire suppression des surintensités lors du démarrage,
- Adaptation précise de la vitesse et modification facile,
- Allongement de la durée de vie des constituants mécaniques des systèmes (moins d'à-coups),
- Limitation du bruit,
- Economies d'énergie.

Les variateurs de vitesses sont des systèmes qui convertissent les caractéristiques d'une alimentation en fonction d'une consigne donnée. Ils ont plusieurs fonctions parmi lesquelles :

- ◆ Le **démarrage** : le moteur passe de la vitesse nulle jusqu'à sa vitesse établie en un temps prédéfini et en évitant les pointes d'intensité.
- ◆ La **variation de vitesse** : modification de la fréquence de rotation du moteur par accélération ou décélération en un temps donné.
- ◆ La **régulation** : la fréquence de rotation du moteur est maintenue constante quelles que soient les fluctuations de la charge (dans certaines limites).
- ◆ Le **freinage** : le moteur passe d'une vitesse établie à une vitesse inférieure (ralentissement) ou à la vitesse nulle (arrêt) avec maintien en position possible.
- ◆ La **recupération d'énergie** : permet lors d'un ralentissement ou d'un freinage des systèmes de transformer l'énergie mécanique en énergie électrique. Dans ce cas, le moteur fonctionne en génératrice et l'énergie récupérée peut être soit dissipée dans des résistances, soit utilisée pour recharger des batteries ou encore réinjectée dans le réseau.

IV.4. Différents types de convertisseurs

Il existe deux types de convertisseurs :

- Les convertisseurs unidirectionnels : Ils permettent le passage de l'énergie électrique uniquement du réseau vers le moteur.
- Les convertisseurs bidirectionnels : Ils permettent le passage de l'énergie électrique :
 - Du réseau vers le moteur, lorsque celui-ci entraîne la charge,
 - Du moteur vers le réseau, lorsque la charge est entraînée.

IV.5. Variateurs de vitesse pour moteurs asynchrones

La fréquence de rotation (n en s^{-1}) d'un moteur asynchrone dépend de la fréquence d'alimentation du stator (f en Hz) et du nombre de paires de pôles (p) de celui-ci : $n=f/p$

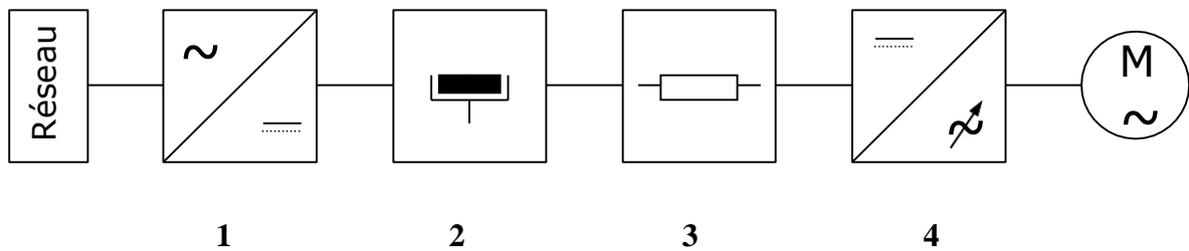


Figure. II.38. Synoptique des variateurs pour moteurs asynchrones

1) **Redresseur**: il transforme la tension alternative sinusoïdale en tension redressée (unidirectionnelle).

2) **Filtrage**: il atténue ou élimine les phénomènes d'ondulation de la tension en sortie du redresseur.

3) **Récupération**: lors du freinage, l'inertie entraîne le rotor. Le moteur ne ralentit pas immédiatement, il se transforme alors en génératrice asynchrone. On dit aussi qu'il passe en fonctionnement hyper synchrone du fait que la vitesse de rotation du moteur est supérieure à la fréquence de synchronisme. L'énergie ainsi récupérée est stockée dans le condensateur de filtrage et dissipée dans une résistance de dissipation.

4) **Onduleur** : il transforme une tension continue en une tension alternative de fréquence variable tout en maintenant le rapport $\frac{U}{f}$ constant.

Schéma de principe de l'onduleur :

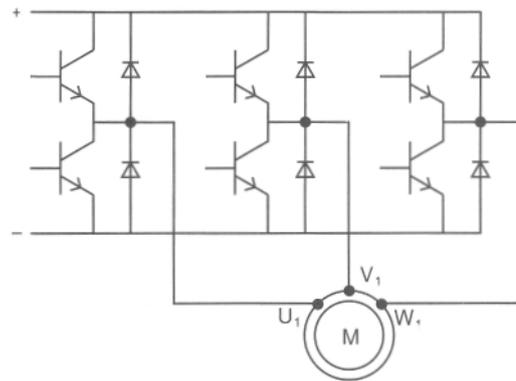


Figure. II.39. : Onduleur

5) Onduleur à modulation de largeur d'impulsion (MLI)

Il s'agit d'un procédé électronique qui consiste à découper une tension continue en signaux rectangulaires de largeurs différentes pour obtenir un signal quasi sinusoïdal.

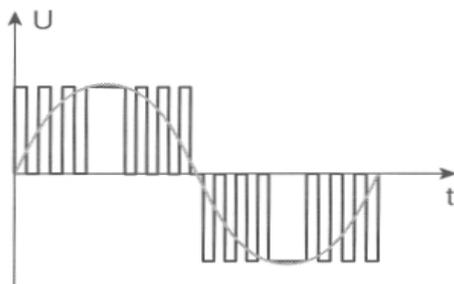


Figure. II.40. : principe de découpage de la tension continue pour obtenir une tension sinusoïdale.

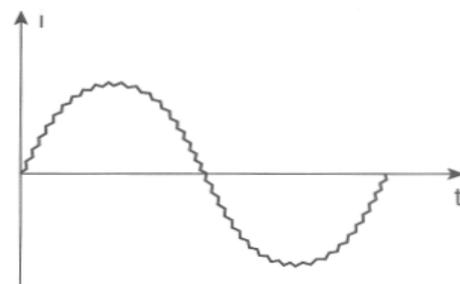


Figure. II.41. Allure du courant de sortie.

I. I. Introduction

Au cours de nos travaux pratiques d'usinage, effectués à l'atelier de fabrication mécanique, on a constaté l'arrêt d'une fraiseuse universelle. En collaboration avec nos encadreurs, on a tenté de la rénover

II. Présentation du machine

La plaque signalétique de la fraiseuse comprend : :

- La marque : HERNAULT SOMUA Z1C.
- Le Numéro: 104240/121.
- La date de sortie : 11/1967.
- Made in France.
- Arrêt prolongé depuis 1994

II.2. Description :

Notre fraiseuse universelle comprend essentiellement :

- Un bâti massif et robuste fixe très solidement au sol, il porte à sa partie inférieure au niveau de la fondation de goujons de scellement, permettant le réglage a niveau de la fraiseuse par apport au sol.
- Une tête universelle a broche orientable faisant partie intégrante de la machine, Elle se compose de deux parties A et B, assemblées l'une sur l'autre par une coulisse circulaire dont le plan de joint est incliné à 45° par apport au plan de joint vertical.
- A l'intérieure de cette tête en deux partie le mouvement de l'arbre de sortie de la boîte à vitesse est transmis à la broche par un système de pignons coniques
- Le pignon 1, claveté sur l'arbre de sortie X`X
- Le pignon à deux dentures 2,3 monté sur l'arbre intermédiaire Y`Y
- le pignon 4 clavète sur la broche.

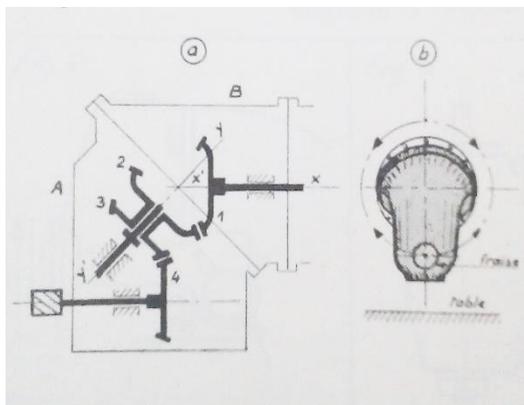


Fig.III.1 : broche en position horizontale

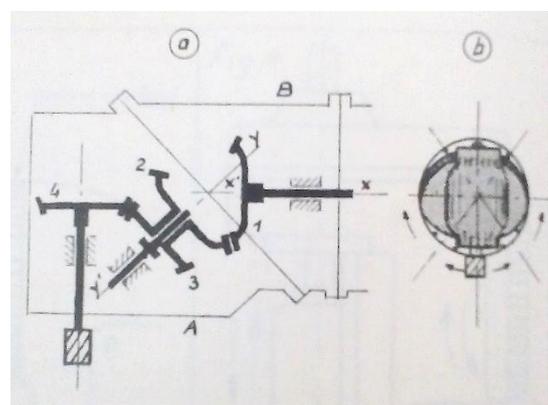


Fig.III.2 : broche en position verticale

II.2. Position de la broche

Les deux parties de la tête A et B peuvent pivoter :

- soit liées l'une à l'autre par apport au bâti, grâce à la coulisse verticale
- soit l'une par apport à l'autre, grâce à la coulisse oblique à 45°.

La liaison de ces deux rotations permet de donner à la broche tous les orientations.

II.3. Embrayage des commandes

L'embrayage de la commande automatique de table peut se faire comme le montre le schéma de principe de la figure (III.3).

Tous ces manœuvres se déclenchent grâce à un schéma de force (armoire des commandes : comprenant relais thermiques, commutateur, transformateur, fusibles de puissance ...)

Rien de tout ça ne marchait, et ça pour cause de l'arrêt prolongé.

Une solution de sauvegarde de cette fraiseuse est envisagée, elle consistait d'abord à :

- Etudier de façon détaillée tous les composants de la fraiseuse, et détecter les parties ou pièces défectueuses.
- Sauver cet équipement couteux (machine productive)

Après étude, on s'est aperçu que l'appareillage de commande de la fraiseuse est complètement usé, une solution de remplacement de l'armoire de commande étant aussitôt envisageable.

Un deuxième problème, lors des essais de la fraiseuse a surgi, il s'agit de la boîte à vitesse mécanique à base de pignons qui est complètement usé.

Nous avons songé au remplacement de cette boîte mécanique, par un variateur de vitesse électronique pouvant prendre la place de la boîte d'avance en jouant sur les fréquences grâce à une carte mère (commande), comportant un circuit assurant avec précisions les vitesses désirées.

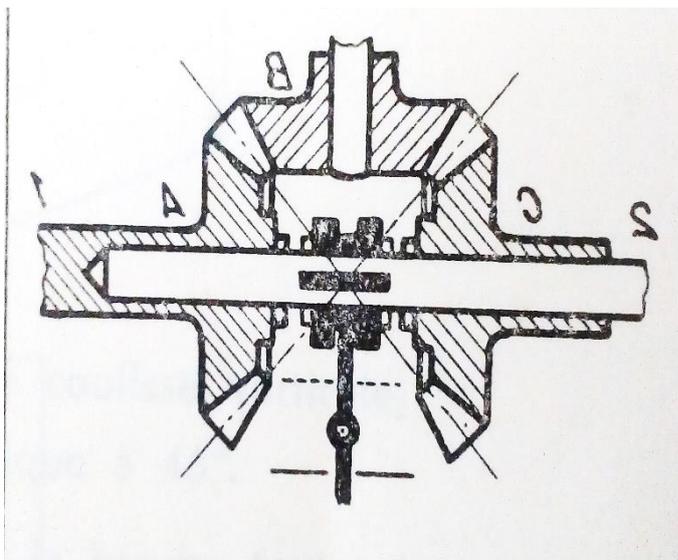


Fig.III.3 : inverseur

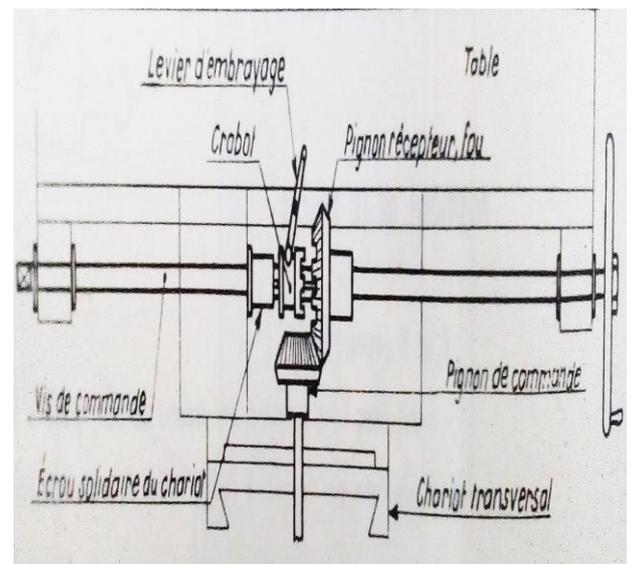


Fig.III.4 : embrayage

III. Plan de travail

En appuyant sur le bouton marche, on constate que la broche tourne à une vitesse unique 40 tr/mn ce qui représente sur l'éventail des vitesses la position (BIS) le reste des commandes ne

fonctionnant pas.

Il fallait d'abord dresser un plan de travail définissant les travaux et les opérations à effectuer méthodiquement, afin de reconstituer les organes, une fois assemblés, fixés forment un ensemble mécanique.

III.1. Démontage

Dispositions préalables :

Il est fréquent que certaines dispositions particulières soient nécessaires avant le démontage :

- Mesure de sécurité.
- Coupure du courant électrique : disjoncteurs
- Repérage.
- Retrait de la boîte d'avance, après vidange de son carter d'huile, et les tuyauteries du circuit d'arrosage de la pompe.
- Préparation du poste de travail (sur lequel le dépôt de pièces et les boulonneries est établi)
- Préparation de l'outillage ; Instruments de mesure : Pied à coulisse, Micromètre.

Pour que le variateur puisse agir et modifier les vitesses désirées il fallait concevoir (usinage) deux (2) balais en bronze ainsi qu'un pignon baladeur en forme d'un cylindre rainuré dans lequel s'incruste un doigt pour réaliser le changement de sens des avances suivant des lettres affiches sur l'entaille de vitesse de la fraiseuse.

Il faut basculer le pignon baladeur en position O ensuite ramener le bras de gauche vers la position L et le bras de droite vers la position R ce qui donne la position LOR celle-ci représente la vitesse maxi de la boîte d'avance.

Le doigt du pignon baladeur doit transmettre le mouvement de l'arbre de la boîte des avances. Le système comporte deux (2) pièces qui basculent au tour d'un arbre et un balai assurant l'engrènement des pignons de la boîte de vitesse. Trois (3) Leviers commande le basculement et peut donner trois (3) point d'écrivant des lettres qui correspond à une vitesse (voir schéma des positions extrêmes du baladeur).

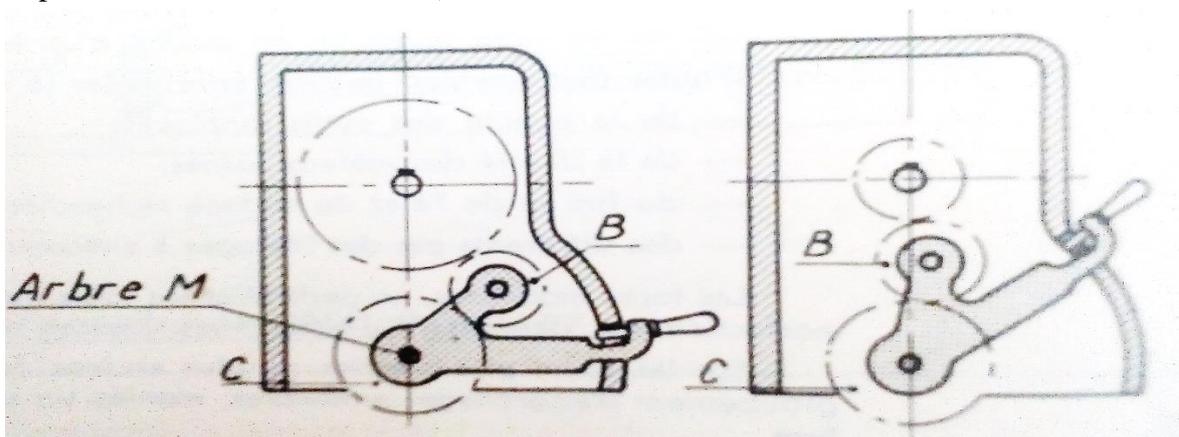


Fig.III.5 : positions extrêmes du baladeur

III.2. Usinage :

L'usinage a été réalisé grâce à une fraiseuse universelle ACIERA du labo machine-outil par un fraise scie de 04 mm d'épaisseur.

Ces balais (fourches) qui doivent porter deux ergots (cylindre en bronze) ces ergots en bronze a été usiné par le tour, le montage de ces ergots doit être monter (montage forcer), réalise par la presse hydraulique.

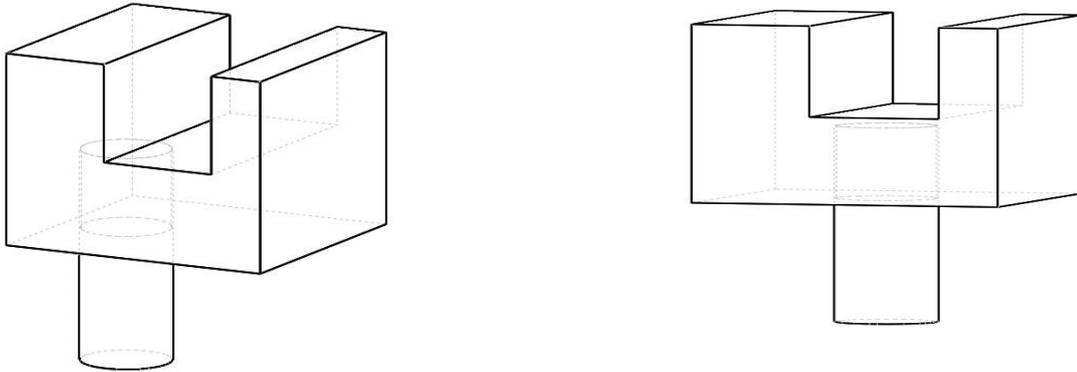


Figure III.6.les balais(fourche)

IV. Equipement de protection et de commande

IV.1. Choix des composants du départ moteur

Pour effectuer le choix des composants, il faut connaître l'intensité nominale et la tension d'alimentation du moteur, ou la puissance. Si on ne connaît pas les caractéristiques du moteur, il faut regarder sur la plaque signalétique.

➤ Solution 4 produits :

Sectionneur porte-fusibles , Fusibles type aM , Contacteur, Relais thermique.

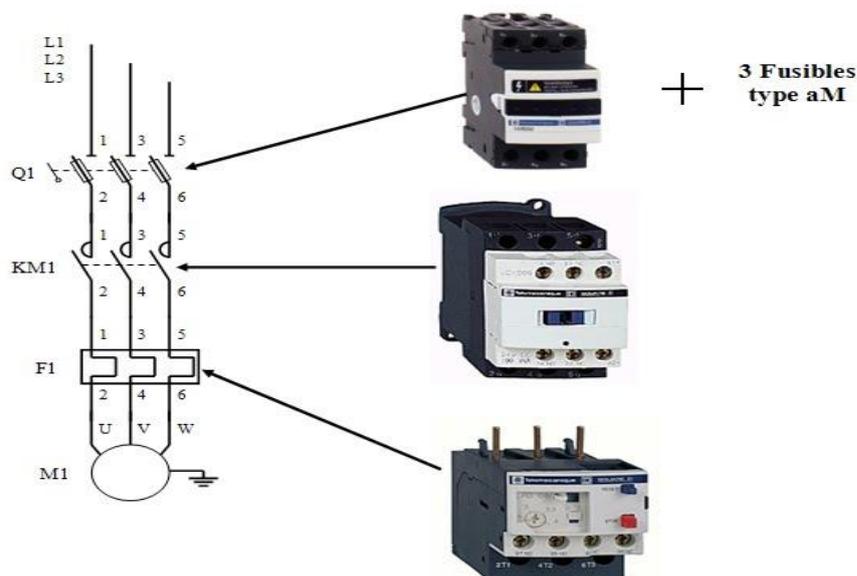


Figure III.7. Solution de protection 4 produits

➤ **Solution 3 produits.**

Disjoncteur moteur magnétique, Contacteur, Relais thermique.

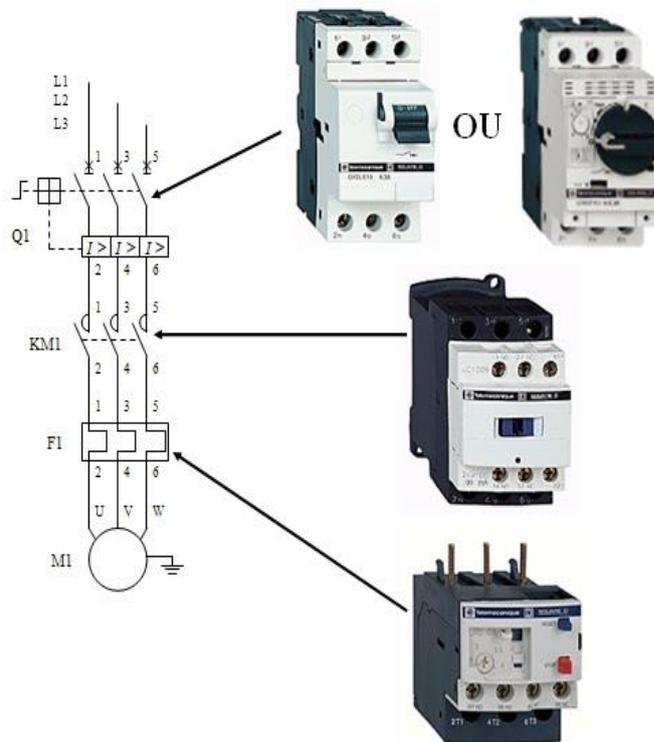


Figure III.8. Solution de protection 3 produits

➤ **Solution 2 produits.**

Disjoncteur moteur magnéto-thermique, Contacteur.

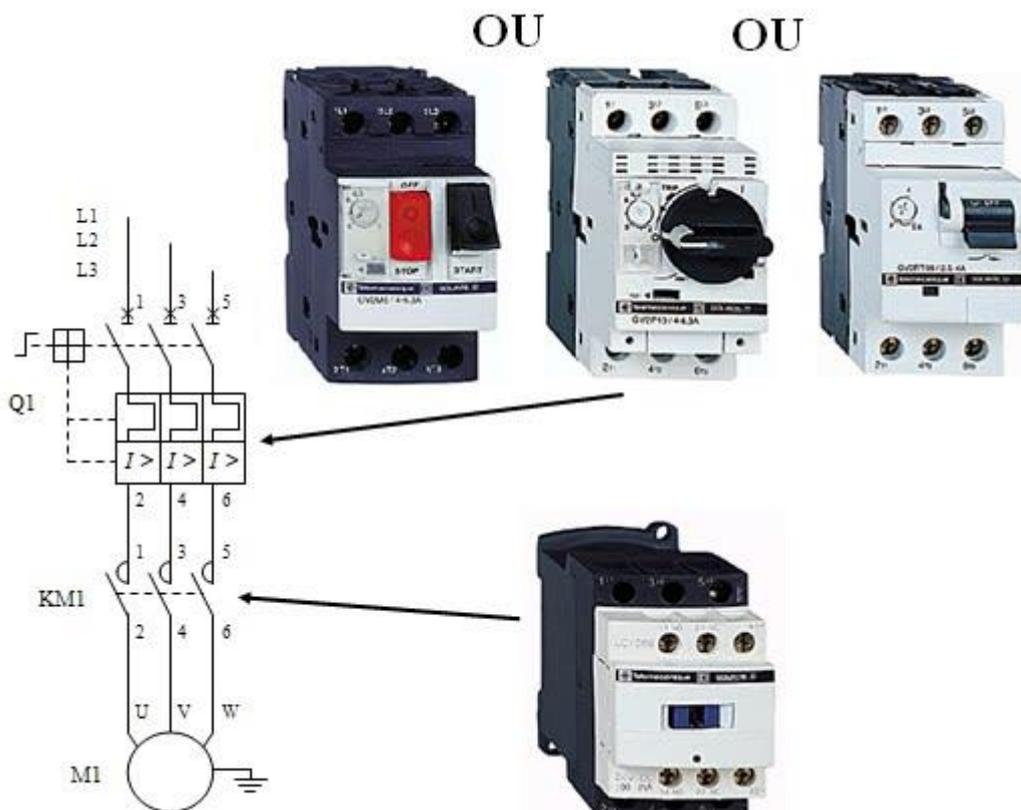


Figure III.9. Solution de protection 4 produits

IV.3. Identification de l'appareillage de la fraise

La plaque signalétique d'un moteur signifie sa carte d'identité délivrée et certifiée par le constructeur. Elle contient donc les caractéristiques électriques principales du moteur.

➤ Moteur de la fraise

3 ~	2,2 KW	03 Ch
Y/ Δ =220V/380V		
5 A/ 8.6 A	50HZ	
1400tr/min		

Figure. III.10 Plaque signalétique du moteur de la fraise

- $U_N = 380 \text{ V}$: tension d'alimentation nominale entre phases.
- $V_N = 220 \text{ V}$: tension d'alimentation nominale la phase et la neutre.
- $I_N = 05 \text{ A}$: courant de ligne consommé à charge nominale
- $P_u = 2.2 \text{ kW}$: puissance utile nominale. (Puissance mécanique fournie à la charge).
- $n_N = 1400 \text{ tr/min}$: vitesse de rotation nominale.

Lorsqu'on branche un moteur électrique, il va tourner dans un sens .Si on veut changer ce sens de rotation, il suffit d'inverser deux phases sur le circuit de puissance.

➤ Détermination du facteur de puissance $\cos\varphi$

Les puissances apparente et active du moteur se calculent par :

$$\begin{cases} \text{Puissance apparente (VAR)} & S = \sqrt{3}UI \\ \text{Puissance active (W)} & P = \sqrt{3}UI\cos\varphi \end{cases} \text{ avec } \cos\varphi : \text{Facteur de puissance}$$

Application numérique : $\cos\varphi = \frac{2200}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 5} = 0.66$

➤ Détermination du glissement du moteur

$$n_r = n_s(1 - g) \text{ avec } \begin{cases} n_s : \text{vitesse de rotation desynchronisme (tr/min)} \\ n_r : \text{vitesse de rotation du moteur (tr/min)} \\ g : \text{Glissement} \end{cases}$$

Application numérique : $g = 1 - \frac{1400}{1500} = 0.066$

➤ Choix des fusibles, du contacteur et du relais thermique

Si on se réfère aux annexes, et d'après les caractéristiques de notre moteur :

- **Fusibles** : Pour sectionner le moteur et le circuit on utilise des fusibles de type :
Fusible classe aM calibre 06 ou 08 A, Taille 10x38
 - **Contacteur tripolaire** : Pour protéger le moteur contre les court-circuits :
Référence : LC1-D0936A65
 - **Relais thermique** : Pour protéger le moteur contre les surintensités et les surchauffes
Référence : LR1-D09310A65
- La plage de variation de l'intensité de courant absorbé se situe entre 4 à 6A
- **Variateur électronique de vitesse** : de marque CHINT, triphasé de 03KW de puissance

V.3. Identification de l'appareillage du moteur de déplacement

3 ~	0.5 KW
Y/ Δ =220V/380V	Cos φ =0.82
1.6 A/ 2.8 A	50HZ
1415 tr/min	

Figure. III.11. Plaque signalétique du moteur de déplacement

➤ Choix des fusibles, du contacteur et du relais thermique

Si on se réfère aux annexes, et d'après les caractéristiques de notre moteur :

- **Fusibles** : Pour sectionner le moteur et le circuit on utilise des fusibles de type :
Fusible classe aM calibre 02 A, Taille 10x38
- **Contacteur tripolaire** : Pour protéger le moteur contre les court-circuits :
Référence : LC1-D0936A65
- **Relais thermique** : Pour protéger le moteur contre les surintensités et les surchauffes
Référence : LR1-D09307A65

La plage de variation de l'intensité de courant absorbé se situe entre 1.6 à 2.5A

Annexe 4. Commande de moteurs

Moteur à cage - Démarrage «direct»

Choix des constituants pour :
commander, protéger et sectionner le moteur et le circuit

Service ininterrompu, temporaire ou intermittent jusqu'à 30 manœuvres/heures

Moteurs (1)			Contacteur tripolaire (2)			Relais thermique tripolaire différentiel	Zone de réglage	3 fusibles classe aM		Sectionneur tripolaire porte-fusibles	
220 V			380 V			Calibre	Référence	A	Calibre A (3)	Taille	Référence
kW	ch	In (A)	kW	ch	In (A)						
—	—	—	0,37	0,5	1,03	LC1-D093●A65	LR1-D09306A65	1/1,6	2	10×38	LS1-D2531
0,37	0,5	1,8	0,55	0,75	1,6	LC1-D093●A65	LR1-D09307A65	1,6/2,5	2 ou 4	10×38	LS1-D2531
—	—	—	0,75	1	2	LC1-D093●A65	LR1-D09307A65	1,6/2,5	2 ou 4	10×38	LS1-D2531
0,55	0,75	2,75	1,1	1,5	2,6	LC1-D093●A65	LR1-D09308A65	2,5/4	4 ou 6	10×38	LS1-D2531
0,75	1	3,5	1,5	2	3,5	LC1-D093●A65	LR1-D09308A65	2,5/4	4 ou 6	10×38	LS1-D2531
1,1	1,5	4,4	2,2	3	5	LC1-D093●A65	LR1-D09310A65	4/6	6 ou 8	10×38	LS1-D2531
1,5	2	6,1	3	4	6,6	LC1-D093●A65	LR1-D09312A65	5,5/8	8 à 12	10×38	LS1-D2531
2,2	3	8,7	4	5,5	8,5	LC1-D093●A65	LR1-D09314A65	7/10	10 ou 12	10×38	LS1-D2531
3	4	11,5	5,5	7,5	11,5	LC1-D123●A65	LR1-D12316A65	10/13	12 ou 16	10×38	LS1-D2531
4	5,5	14,5	7,5	10	15,5	LC1-D173●A65	LR1-D16321A65	13/18	20	10×38	LS1-D2531
5,5	7,5	20	10	13,5	20	LC1-D253●A65	LR1-D25322A65	18/25	20 ou 25	10×38	LS1-D2531
—	—	—	11	15	22	LC1-D253●A65	LR1-D25322A65	18/25	25	10×38	LS1-D2531
7,5	10	27	15	20	30	LC1-D323●A65	LR1-D32353A65	23/32	32	14×51	GK1-EK
10	13,5	35	18,5	25	37	LC1-D403●	LR1-D40355A65	30/40	40	14×51	GK1-EK
11	15	39	—	—	—	LC1-D403●	LR1-D63357A65	38/50	50	14×51	GK1-EK
—	—	—	22	30	44	LC1-D503●	LR1-D63357A65	38/50	50	14×51	GK1-EK
15	20	52	—	—	—	LC1-D503●	LR1-D63359A65	48/57	63	22×58	DK1-FB23
18,5	25	64	30	40	60	LC1-D633●	LR1-D63361A65	57/66	63	22×58	DK1-FB23
22	30	75	37	50	72	LC1-D803●	LR1-D80363A65	66/80	80	22×58	DK1-FB23
25	35	85	51	70	98	LC1-FF43	LR1-F105	75/105	100	22×58	DK1-GB23
30	40	103	55	75	105	LC1-FF43	LR1-F125	95/125	125	22×58	DK1-GB23
—	—	—	59	80	112	LC1-FG43	LR1-F125	95/125	125	22×58	DK1-GB23
45	60	150	80	110	147	LC1-FG43	LR1-F160	100/160	160	0	DK1-HC23
55	75	182	90	125	170	LC1-FG43	LR1-F200	125/200	200	0	DK1-HC23
63	85	203	110	150	205	LC1-FH43	LR1-F250	160/250	250	1	DK1-JC23
75	100	240	132	180	245	LC1-FH43	LR1-F315	200/315	315	1	DK1-JC23
80	110	260	150	205	280	LC1-FJ43	LR1-F315	200/315	315	1	DK1-JC23
110	150	356	185	250	342	LC1-FJ43	LR1-F400	250/400	400	2	DK1-KC23
—	—	—	200	270	370	LC1-FJ43	LR1-F500	315/500	400	2	DK1-KC23
140	190	450	250	340	460	LC1-FK43	LR1-F500	315/500	500	2	DK1-KC23
147	200	472	—	—	—	LC1-FK43	LR1-F630	400/630	500	2	DK1-KC23
180	245	578	315	430	584	LC1-FL43	LR1-F630	400/630	630	3 (4)	DK2-LC23
200	270	626	335	450	620	LC1-FL43	LR1-F800	500/800	800	3 (4)	DK2-LC23
220	300	700	400	545	710	LC1-FX43	LR1-F800	500/800	800	3 (4)	DK2-LC23

Conclusion Générale

Ce présent mémoire nous a permis de comprendre le rôle de différentes machines-outils destinées à la fabrication mécanique ; d'après l'étude bibliographique que nous avons effectuée, et avec l'avènement de nouvelles disciplines telles que l'automatisme, la commande de moteurs asynchrones, les machines-outils sont automatisées dans un but de précision ainsi que le côté qualitatif et quantitatif quant à la conception de pièces plus précises.

Nous avons fixé pour objectif l'automatisation d'une fraiseuse universelle qui présentait un défaut au niveau de la variation de vitesse de la fraise. Comme notre machine était dans un état avancé de dégradation, il fallait revoir toutes ses composantes de deux points de vue : mécanique et électrique.

Les variateurs électroniques de vitesse sont apparus pour remplacer les boîtes de vitesse des moteurs, généralement connus sous le nom de motoréducteurs, qui jusque-là demandaient beaucoup d'entretien. Outre les applications où pour régler le processus la vitesse variable est indispensable, l'utilisation de la variation électronique permet :

- de limiter le couple moteur à une valeur prédéterminée
- de supprimer les risques de casse de matériel.
- D'autoriser un appareillage de moindre calibre par la réduction de l'intensité de démarrage.

L'électronique permet de travailler sur toute la gamme de vitesse avec un bon rendement énergétique.

Le choix du variateur, lui-même, demande une grande attention. Il dépendra notamment de l'application à commander. Il faudra définir les fonctionnalités de commande souhaitées.

Dans l'étude détaillée de différents appareillages électriques, La machine asynchrone est la machine électrique la plus utilisée car elle offre un bon rapport qualité prix. Surtout depuis l'apparition dans les années 1980 de variateurs permettant de faire varier la fréquence de rotation du moteur dans une large gamme. Bien que réversible, la machine asynchrone est principalement (mais pas exclusivement) utilisée en moteur.

Notre étude est couronnée par un travail expérimental qui est le paramétrage d'une armoire de commande électrique de la fraiseuse, avec un calcul au préalable de différents appareillages qui y sont destinés.

Remerciement

Premièrement et avant tous nous remercions ALLAH, qui nous a donné la force et la patience pour réaliser ce modeste travail.

Ce n'était pas facile pour nous de réaliser ce présent travail sans aides ni conseils.

Pour cela nous tenons à exprimer nos gratitudes et nos plus vifs remerciements à notre encadreur et Co-encadreur Mr Belkacem et Mr Belkadi pour son soutien, sa patience conseils judicieux et pertinents.

Nos chaleureux remerciements vont également à notre jury pour le temps qu'il vont consacrer à évaluer ce modeste travail.

*Nous tenons à présenter nos vifs remerciements à tous les professeurs et étudiant(es) du département
MAINTENANCE EN ELECTROMECANIQUE*

Nos parents, nos oncles et tantes, nos cousins(es) et à tous nos amis(es)

Enfin à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin pour ce travail

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

*Mes chers parents pour leur soutien et leur
Encouragement durant toute ma carrière d'étude*

Mes frères,

Toute ma grande famille,

A tous les étudiants de IMSI,

*Ainsi qu'à tous mes amis et tous qui me
Connaissent.*

Aboubakr Mebarek

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :
Mes chers parents pour leur soutien et leur
Encouragement durant toute ma carrière d'étude
Mes frères,
Toute ma grande famille,
A tous les étudiants de IMSI,
Ainsi qu'à tous mes amis et tous qui me
Connaissent

Rezai Mohamed

Abstract

The choice of cutting parameters and their influence on obtaining the machined part are still the subject of much research.

Today, advanced technology has turned machine tools into robots almost, scanning them and automating them to the odds, surface finishing and finishing of the almost perfect piece.

In this current work of memory, we strive to give the maximum of knowledge that we will make available to the student and that the teacher uses a more family style.

Sommaire

Introduction générale

I. Partie mécanique

Introduction.....	1
I. Obtention de la pièce métallique par moulage.....	2
II. Obtention de la pièce métallique par rabotage.....	2
III. Obtention de la pièce métallique par tournage.....	4
III.1) Les principales caractéristiques d'un tour sont :.....	5
III.2) Constitution d'un tour.....	5
III.3) Commande des machines.....	8
III.4) Commande du mouvement de coupe.....	8
III.5) Commande des avances.....	8
III.6) Commande de réception du mouvement d'avance.....	9
IV. Obtention de la pièce métallique par fraisage.....	9
IV.1) Généralité sur l'outil de fraisage :.....	9
IV.2) Mode d'action des fraises.....	10
IV.3) Classification des fraises.....	11
IV.4) vitesse de coupe.....	11
IV.5) Machine à fraiser.....	11
IV.6) Commande des avances.....	12
IV.7) Accessoire des fraiseuses.....	12

II. Partie électrique

I.GENERALITES SUR L'APPAREILAGE INDUSTRIEL	13
I.1.INTRODUCTION.....	13
I.2.CIRCUIT DECOMMANDE.....	13
I.3.CIRCUIT DEPUISSANCE.....	13
I.4.APPAREILS DE COMMANDEDESIGNALISATIONETDE PROTECTION	13
I.4.1. Disjoncteur.....	13
I.4.2. Sectionneur.....	14
I.4.3. Interrupteur sectionneur.....	14
I.4.4. Relais Thermique.....	15
I.4.5. Contacteur.....	15

I.4.6. Bloc auxiliaire temporisé (ou temporisateur)	16
I.4.7. Bloc de contacts auxiliaires.....	17
I.4.8. Contacteur auxiliaire.....	18
I.4.9. Les capteurs de fin de course (ou butée de fin de course).....	18
I.4.10. Fusible.....	19
I.4.11. Lampes de signalisation ou voyants.....	20
I.4.12. Boutons poussoirs.....	20
II.PROCEDES DE DEMARRAGE DES MOTEURS ASYNCHRONES.....	21
II.1. DEMARRAGEDIRECT.....	21
II.1.1. Principe.....	21
II.1.2. Démarrage directe semi-automatique à un seul sens de marche.....	21
II.1.3. Démarrage directe semi-automatique à deux sens de marche.....	22
II.2.1. Démarrage par élimination de résistances statoriques à un seul sens de Marche.....	24
II.2.2. Démarrage par élimination de résistances statoriques à deux sens de marche.....	25
II.3.1. Démarrage par élimination de résistances rotoriques à un seul sens de marche.....	27
II.3.2. Démarrage par élimination de résistances rotoriques à deux sens de marche.....	29
II.4. Démarrage étoile-triangle.....	30
II.4.1. Démarrage étoile-triangle semi-automatique à un sens de marche	30
III. ENTRAINEMENT DES MACHINES OUTILS : LE MOTEUR ASYNCHRONE...32	
III.1. Introduction.....	32
II.2Constitution.....	32
III.1.1. Stator.....	33
III.1.2. Rotor.....	33
III.2.2.1. Rotor à cage d'écureuil	34
III.2.2.2. Rotor bobiné à bagues	34
III.3Principe de fonctionnement.....	34
III.4. Vitesse de glissement.....	34
III.5. Bilan de puissance d'un moteur asynchrone.....	35
III.5.1. Pertes joules au rotor	35
III.5.2. Puissance	35
III.5.3. Rendement	36
III.6. Décodage d'une plaque signalétique	36
III.7. Choix de couplage.....	37
IV. VARIATION DEVITESSE DES MACHINES INDUSTRIELLES.....	38
IV.1. Intérêt du variateur de vitesse	38
IV.2. Variateur de vitesse mecanique.....	38
IV.3. Variateurs de vitesse electroniques.....	39
IV.4. Différents types de convertisseurs	41
IV.4.Variateurs de vitesse pour moteurs asynchrones.....	41

III. Partie expérimentale

I. Introduction	
II. Présentation du machine.....	43
II. Description :.....	43
II.2. Position de la broche.....	43
II.3. Embrayage des commandes.....	44
III. Plan de travail.....	44
III.1. Démontage.....	45
III.2. Usinage :.....	46
IV. Equipement de protection et de commande.....	46
IV.1. Choix des composants du départ moteur.....	46
IV.2. Identification de l'appareillage de la fraise.....	48
IV.3. Identification de l'appareillage du moteur de déplacement.....	49
Annexe.....	50

Conclusion générale

Liste des figures

I. Partie mécanique

Fig.I.1 : le moulage.

Fig.I.2 : raboteuse.

Fig. I.3 : constitution d'un tour.

Fig.I.4 : porte outil a tourelle carrée.

Fig.I.5 : vue d'ensemble des chariots.

Fig.I.6 : les principaux plateaux.

Fig.I.7 : lunette.

Fig.I.8 : Trainard.

Fig.I.9 : tablier de trainard.

Fig.I.10 : définition de fraisage.

Fig.I.11 : type de frassage.

Fig.I.12 : les fonctions des fraiseuses.

Fig.I.13 : la vitesse de coupe.

II. Partie électrique

Figure II.1. Disjoncteur.

Figure II.2. Sectionneur

Figure. II.3. Interrupteur Sectionneur.

Figure. II.4. Relais Thermique

Figure. II.5. Contacteur

Figure. II.6. Bloc auxiliaire temporisé

Figure. II.7. Autre bloc auxiliaire temporisé

Figure. II.8. Bloc de contacts auxiliaires

Figure. II.9. Différentes configurations de contacts auxiliaires

Figure. II.10. Contacteur auxiliaire

Figure. II.11. Capteurs de fin de course

Figure. II.12. Fusibles

Figure. II.13. Voyants

Figure. II.14. Le corps d'un bouton poussoir

Figure. II.15. Boutons poussoirs

Figure.16. Circuit de commande de démarrage directe semi-automatique à un seul sens de marche

Figure. II.17. Circuit de puissance de Démarrage directe semi-automatique à un seul sens de marche

Figure. II.18. Circuit de commande de démarrage directe semi-automatique à deux sens de marche

Figure. II.18. Circuit de commande de démarrage directe semi-automatique à deux sens de marche

Figure. II.19. Circuit de commande de Démarrage par élimination de résistances statoriques à un seul sens de marche

Figure. II.20. Circuit de puissance de Démarrage par élimination de résistances statoriques à un seul sens de marche

Figure. II.21. Circuit de commande de démarrage par élimination de résistances statoriques à deux sens de marche

Figure. II.22. Circuit de puissance de démarrage par élimination de résistances statoriques à deux sens de marche

Figure. II.23. Démarrage par élimination de résistances rotoriques à un seul sens de marche.

Figure. II.24. Circuit de commande Démarrage par élimination de résistances rotoriques à un seul sens de marche

Figure. II.25. Circuit de puissance Démarrage par élimination de résistances rotoriques à un seul sens de marche

Figure. II.26. Circuit de commande Démarrage par élimination de résistances rotoriques à deux sens de marche

Figure. II.27. Circuit de puissance Démarrage par élimination de résistances rotoriques à deux sens de marche

Figure. II.28. Circuit de commande de démarrage étoile-triangle semi-automatique à un sens de marche

Figure. II.29. Circuit de commande de démarrage étoile-triangle semi-automatique à un sens de marche

Figure. II.29. Circuit de puissance Démarrage étoile-triangle semi-automatique à un sens de marche

Figure. II.30. Rotor à cage d'écureuil.

Figure. II.31. Rotor bobiné à bague

Figure. II.32. Bilan de puissance d'un moteur asynchrone

Figure. II.33. Exemple de plaque signalétique

Figure. II.34. Autre type de plaque signalétique

Figure. II.35. Couplage dans la boîte à bornes du moteur

Figure. II.36. Les différents types d'accouplement

Figure. II.37. Variateur électronique

Figure. II.38. Synoptique des variateurs pour moteurs asynchrones

Figure. II.39. : Onduleur

Figure. II.40. Principe de découpage de la tension continue pour obtenir une tension sinusoïdale.

Figure. II.41. Allure du courant de sortie

III. Partie expérimentale

Fig.III.1 : broche en position horizontale

Fig.III.2 : broche en position verticale

Fig.III.3 : inverseur

Fig.III.4 : embrayage

Fig.III.5 : positions extrêmes du baladeur

Figure III.6.les balais(fourche)

Figure III.7. Solution de protection 4 produits

Figure III.8. Solution de protection 3 produits

Figure III.9. Solution de protection 4 produits

Figure. III.10. Plaque signalétique du moteur de la fraise

Figure. III.11. Plaque signalétique du moteur de déplacement

Liste des tableaux

Table.1. Les vitesses synchrones possibles en fonction du nombre de Paires de pôles

Table.2. Tableau récapitulatif sur les couplages

Introduction Générale

Introduction Générale

Dans la mise en forme des métaux par la coupe, le procédé de tournage représente à lui seul, dans l'industrie, plus du tiers de l'usinage par enlèvement de copeaux. L'optimisation des processus de fabrication prend une place importante au niveau de la recherche scientifique industrielle dans un but de répondre à un double objectif visant l'amélioration de la qualité des produits fabriqués et la réduction des coûts de production. [1].

Le travail réalisé au cours de ce mémoire a pour but de proposer une méthode d'automatisation d'un outil de travail très utilisé en fabrication mécanique ; c'est en effet une fraiseuse universelle au niveau de l'atelier de mécanique de notre institut. Le travail présenté dans ce mémoire s'articule de la façon suivante :

Le chapitre I : porte sur une recherche bibliographique sur le procédé de fabrication mécanique, dans un premier temps on cite les principales notions de base de tournage, fraisage ...etc. ensuite les différents phénomènes liés au procédé, ainsi que les paramètres technico-économiques.

Dans le chapitre II on présente une étude de différents appareillages électriques liés à la mise en service des machines-outils ; on donnera de brefs définitions du moteur asynchrone, organe essentiel qui est omniprésent sur les différents équipements de fabrication mécanique ; ce chapitre se termine par une étude bibliographique de l'appareillage de commande de ces moteurs.

Dans le chapitre III, on détaillera l'aspect expérimental. De notre travail qui consistera à éliminer le procédé mécanique de variation de vitesse du moteur de la fraise par un variateur électronique.

Une conclusion générale clôtura notre travail.

Introduction

En industrie la fabrication d'une pièce requiert la mise en œuvre d'un ensemble de techniques, par lesquelles l'obtention d'une pièce ou série de pièce par moulage, on tout simplement la fabrication à partir d'une matière semi finie (tôle, barre.). L'usinage de celle –ces s'obtient d'une succession et l'opération définie par la gamme d'usinage établie par un bureau de méthodes ou d'étude, suivie par un dessin de définition.

L'usinage s'effectue à partir d'une procède effectuée par des machines appelées machine outille tels que : Tournage, fraisage, en respectant les règles de coupe, ces machines peuvent être semi-automatique ou numérique.

I. Obtention de la pièce métallique par moulage

L'industrie de la fonderie fabrique des pièces métalliques par moulage, c'est à dire par coulée a l'intérieure de moule, de métaux ou alliages fondus [1].

Moyen de production souvent économique, le moulage de fonderie permet tout aussi bien de fabriquer des pièces de forme simple ou complexes, de dimensions et masses divers.

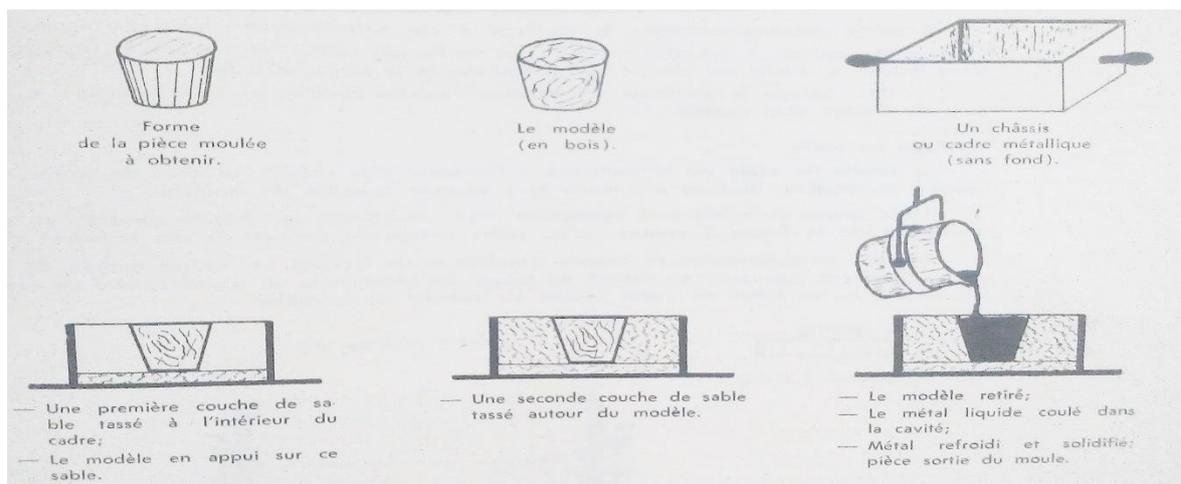


Fig.I.1 : le moulage.

❖ I.1) Il existe plusieurs procédés de moulage et notamment :

-Le moulage en sable : qui nécessite la confection d'un moule par pièce (moule détruit), après refroidissement par retrait de la pièce.

-le moulage en moule métallique ou moulage en coquille a usage permanent.

❖ I.2) Les étapes principales d'une fabrication de pièces sont [2] :

Dans le cas d'un moulage en sable.

*établissement est un modèle ou forme des pièces à obtenir, mais de cotés légèrement supérieure, pour compenser le retrait du métal ou refroidissement.

Le moulage en coquille dispense de la fabrication d'un modèle, les coquilles au parties du moule mécanique sont usinées mécaniquement et avec une précision qui assure des moulages de qualité (formes, état de surface, dimensions).

A la coulée le métal liquide remplit les cavités du moule et les conduits ou événements en chassons les gaz brules, le métal qui se trouve dans le trou de coulée et les événements constitue des réserves ou masselottes qu'on élimine à l'ébarbage.

II. Obtention de la pièce métallique par rabotage

L'étai limeur ne convient que pour les pièces de petite et moyenne dimensions. Lorsque la pièce à raboter est longue on utilise une raboteuse [1].

Une raboteuse comprend essentiellement :

- 1- Un bâti robuste solidement fixe au sol.
- 2- Deux (2) montants verticaux.
- 3- Une traverse horizontale, mobile verticalement.
- 4- Une table porte pièce couissant sur des glissières du bâti.
- 5- Un ensemble d'organes destiné a assuré les différents mouvements.

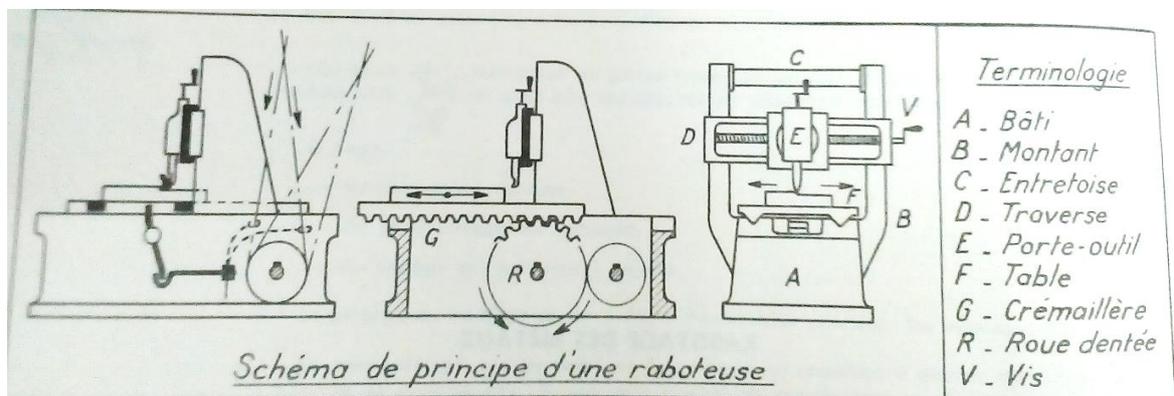


Fig.I.2 : raboteuse.

II.1) Commande du mouvement de coupe.

La table de la raboteuse est entraînée par une crémaillère (fixe sur la table) sur laquelle engraine une roue d'entée tournant tantôt dans un sens tantôt dans l'autre la commande du mouvement peut s'effectuer.

-Par double courroie (droite encroisée) au moyen d'un système de poulie.

La machine est commandée alternativement par une courroie droite, et par une courroie croisée ce qui détermine le changement du sens de mouvement de la table.

-par courroie unique : au moyen de trois (3) poulies tournants dans le même sens et d'un groupe de pignons coniques.

-par une fourche double assure le déplacement des courroies sur les poulies.

❖ Inversion des sens de marche

Le déplacement des fourches assurent le changement des sens de marche peut s'effectuer :

*au moyen d'une plaque rainurée qui se déplace en entraînant la fourche à chaque changement de sens de la table.

*au moyen d'un levier oscillant qui bascule à chaque changement de sens de la table.

- l'action de la plaque rainurée ou du levier oscillant est provoquée par deux taquets réglables fixes sur la table de la raboteuse.

La position des taquets fixe la valeur de la course et sa position par rapport à l'outil de coupe.

❖ Retour rapide :

Le retour rapide de la table est assuré par les différences de diamètre des poulies ou des engrenages coniques assurant le mouvement d'aller ou de retour de la table.

II.2) Commande des avances d'une raboteuse

La plupart des machines modernes sont munies d'un porte outil universel comportant plusieurs chariots.

La commande de la descente de l'outil s'effectue au moyen d'une tringle rainurée commandant la rotation d'une vis verticale à l'intérieur du porte outil.

La commande de l'avance s'effectue par la rotation d'une vis horizontale sur laquelle se trouve un écrou solidaire du chariot porte outil. Celui-ci se déplace le long de la traverse.

Ces diverses commandes sont réalisées à la main ou automatiquement.

La commande automatique des avances est réalisée par l'intermédiaire soit d'un cliquet réversible commandée par le mouvement de la table et anime d'un mouvement intermittent à chaque course allée de table d'un système de crémière produisant le même effet. L'amplitude des avances est réglable.

II.3) Commande de la traverse

La montée ou la descente de la traverse horizontale supporte du porte outil est déterminée par la rotation de deux (2) vis verticales.

Un écrou solidaire de la traverse est montée sur chaque vis. Lorsque les vis tournantes, la traverse s'élève ou s'abaisse.

La rotation de vis peut-être manuellement ou automatiquement commandée.

Certaines raboteuses spéciales comportent deux portes outils sur la traverse, parfois encore deux (2) porte outil latéraux.

D'autres raboteuses n'ont qu'un seul montant, elles sont réservées à l'usinage des pièces en comburantes.

III. Obtention de la pièce métallique par tournage

Le tournage consiste à effectuer dans travaux d'usinage sur des pièces animées d'un mouvement de rotation [3].

Il s'effectue sur des machines appelées Tours.

Il existe de nombreuses sortes de tours différents selon leur construction et l'usinage au quelle ils sont destinés.

En appelle tour parallèle (//) une tour sur le quelle l'outil se déplace suivant une direction parallèle (//), \perp ou oblique a l'axe du tour.

III.1) Principales caractéristiques d'un tour :

- La hauteur de points
- La longueur entre points
- Le diamètre (Φ) de l'alésage de la broche
- Les valeurs extrêmes des vitesses de la broche
- Les valeurs extrêmes des avances
- Le pas de vis mère

Les outils utilisés sont en acier rapides ou a pastille rapporté en carbure fritté.

III.2) Constitution d'un tour [3]

Un tour comporte les organes ou groupe d'organes suivants :

- Le bâti comprenant : le banc (droite ou rampe) et la table.
- Les organes supports de pièces
- Les organes accessoires des tours
- Les organes de commande de tour
- Les organes de commande de mouvement de coupe
- Les organes de commande de mouvement d'avance

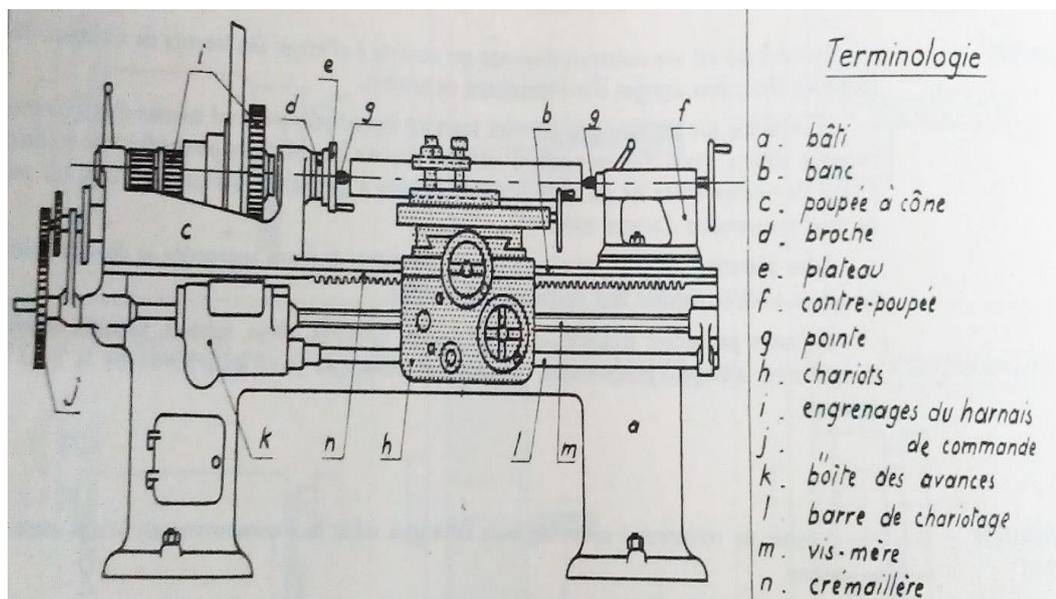


Fig. I.3 : constitution d'un tour.

❖ Organes support de pièces

Les organes sont constitués par :

- une poupée fixe comprenant un corps en fonte qui repose sur la table, du banc et supporte un arbre creux ou broche, la poupée comporte un filetage extérieur (nez de la broche sur laquelle se visse un Mondrian ou un plateau d'entraînement).
- Une contre-poupée dans le corps en fonte est fixée sur le banc par un ou plusieurs boulons et qui comporte un fourreau coulissant cylindrique manœuvrée par un visé par un volant.

Les deux poupées sont alésées intérieurement au cône morse pour recevoir chacun une pointe destinée au montage des pièces entre pointe.

- Organes supports d'outils : l'outil est fixée sur une tourelle monte sur plusieurs chariots.

L'ensemble des chariots comprend :

- Un chariot longitudinal qui coulisse sur le banc du tour reçoit le mécanisme d'entraînement et se déplace au marin ou automatiquement, un chariot transversal se déplace dans des glissières porte par le chariot longitudinale \perp suivant l'axe du tour.
- Une semelle orientable porte par le chariot transversal, qui peut-être incliné d'un angle quelconque.
- Un petit chariot longitudinale supportée par la semelle orientale et se déplace par une commande manuelle, il sert de support à la tourelle sur laquelle se fixe l'outil.
- Tourelles : tourelle carré peut pivoter autour d'un axe central, elle peut recevoir quatre (4) outillés déférentes, fixes par des vises.

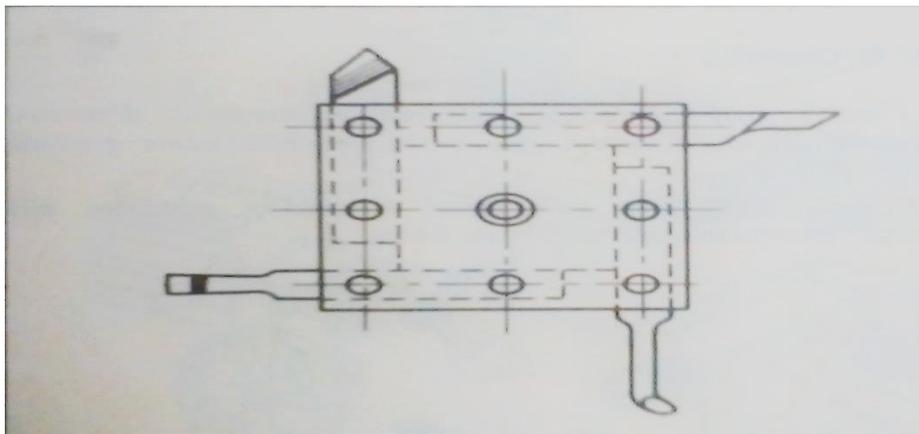


Fig.I.4. : porte outil a tourelle carrée.

- Support d'entraînement des pièces : les pièces à tourner peuvent être :
-montés entre pointe après avoir pratiqué un centre à chaque extrémité de la pièce au moyen d'un foret spécial.

Elles sont alors entraînées par une pousse toc et un toc.

- serrées sur des plateaux ou mandrin vissée sur le nez de la broche.

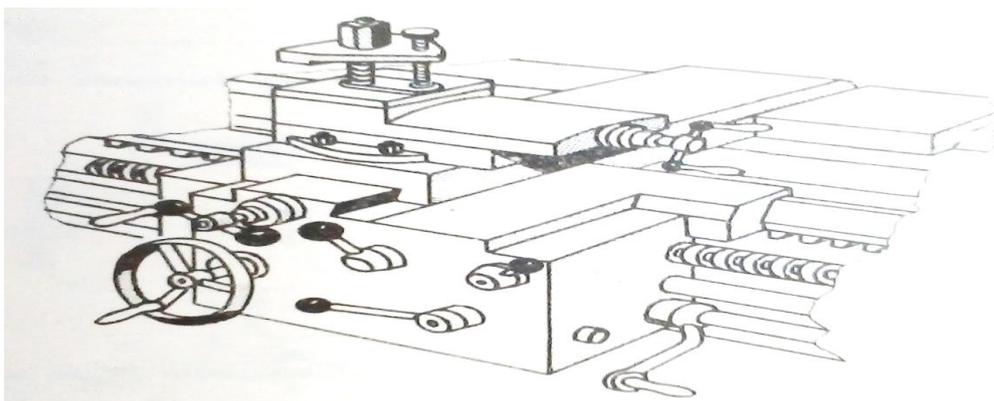


Fig.I.5. : vue d'ensemble des chariots [4].

❖ *Les principaux plateaux utilisés sont :

- plateaux à quatre mors réversibles et serrage indépendants.
- plateaux dit mandrin, a 3 mors a serrage concentrique.
- plateaux ou mandrin a serrage concentrique et a 3 ou 4 mors indépendant.
- mandrin universelle.

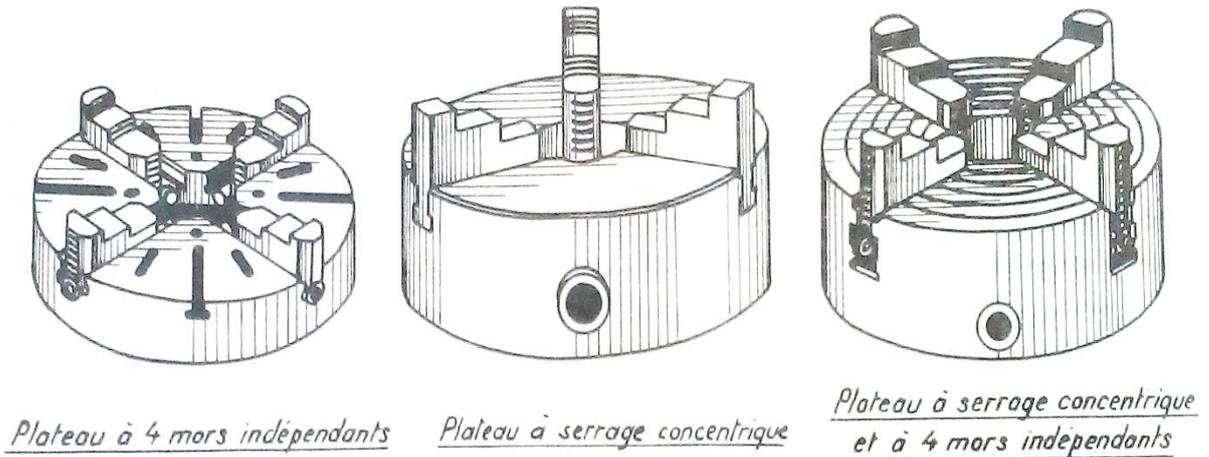


Fig.I.6. Les principaux plateaux.

- **Lunettes** : pour éviter la flexion des pièces longues, on les supporte par un ou plusieurs supports intermédiaire appelée lunettes.
- La lunette à suivre 2 pointes comporte un support muni de 3 doigts réglables entourant la pièce à tourner. Elle se fixe sur la table et se déplace avec lui.
- La lunette fixe remplit le même rôle que la lunette à suivre, mais elle se fixe sur le banc et n'accompagne pas l'outil.

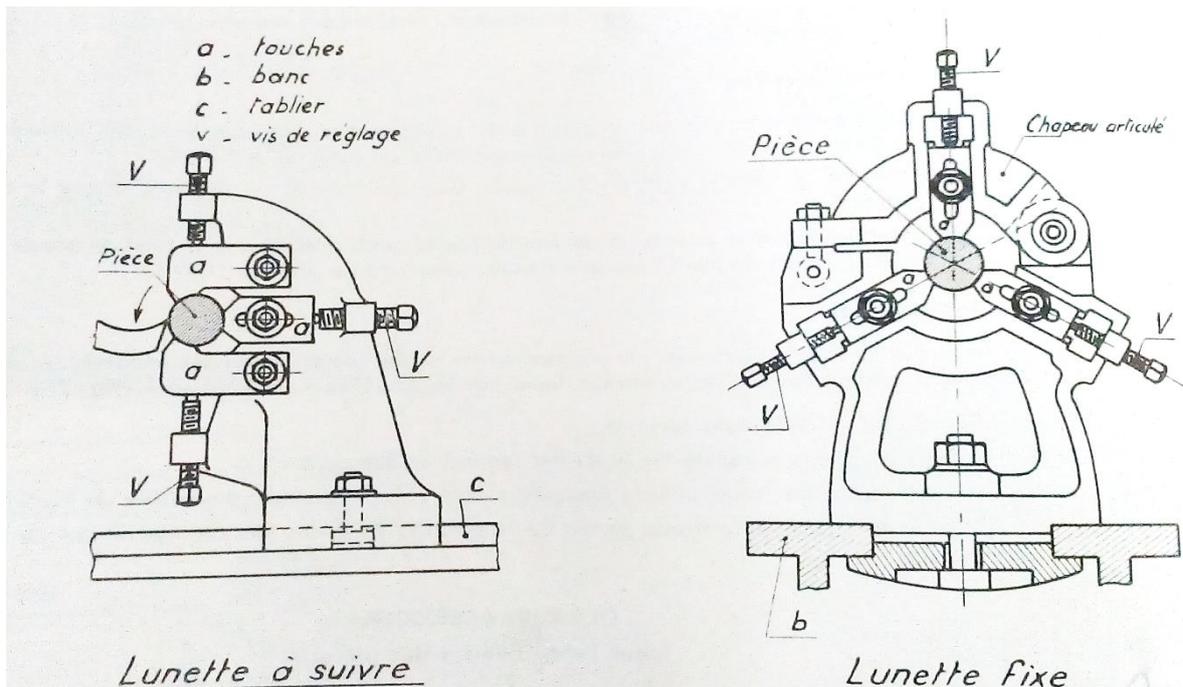


Fig.I.7. Lunette.

III.3) Commande des machines

L'entraînement des machines peut s'effectuer de plusieurs manières [6]:

-par support tendeur, comportant une colonne support, un groupe moteur et un système tendeur et de tendeur de courroie.

-par commande direct ou par mono poulie, la transmission collective n'est pratiquement plus utilisée.

III.4) Commande du mouvement de coupe

La commande du mouvement de la broche s'effectue soit :

- Par l'intermédiaire de boîte vitesse.
- Par l'intermédiaire de cône à gradin et d'un harnais.

➤ **Dans la marche directe :**

Le cône à gradin est relié directement par un doigt d'entraînement à un engrenage claveté sur la broche qui est ainsi entraîné directement.

➤ **Dans la marche au harnais :**

Le mouvement est transmis à la broche par l'intermédiaire d'un groupe d'engrenage réducteur.

III.5) Commande des avances

L'avance de l'outil s'effectue par le déplacement des chariots. La commande automatique des avances s'effectue au moyen d'un ensemble d'organes qui sont :

- a) Les organes de commande comprenant le pignon de la broche, l'inverseur des avances, la lyre, la boîte de vitesse des avances
- b) Les organes de réception comprenant le chariot longitudinale ou trainard, le chariot transversal et leur dispositif d'embrayage.

Les organes de commande ont pour but de communiquer un mouvement de rotation à la vis mère et à la barre de chariotage.

L'inverseur des avances permet de réaliser le changement du sens des avances et peut avoir 3 positions.

➤ **La Lyre :**

Après l'inverseur de mouvement de rotation et transmis à la vis mère par l'intermédiaire d'un groupe d'engrenage amovible sur un support constituent la lyre.

On peut modifier par ces engrenages le support des roues dentées qui commandent l'arbre des avances et en fait ainsi varie sa vitesse.

➤ **Boîte des avances**

La boîte de vitesse d'avances permet de communiqué des vitesses déférentes à la vis mère ou à la barre de chariotage conjointement avec la lyre.

Exemple : boîte d'avance à baladeur.

➤ Organe de transmission du mouvement d'avance

La vis mère est une barre longue situé dans des supporte sur le côté du tour, elle transmet le mouvement au trainard pour la réalisation des filetages.

La barre de chariotage est une barre longue non fileté parallèle (//) a les vis mères, elle comporte une rainure de clavetage et permet de réaliser le déplacement automatique du trainard et du chariot transversal.

III.6) Commande de réception du mouvement d'avance [5]

La commande de trainard par la vis mère s'effectue au moyens de deux demi écroues mobiles, fileté ou pas de la vis mère et solidaire des trainards.

La commande du chariot par la barre de chariotage s'effectue par un système de de vis sans fin et redentée.

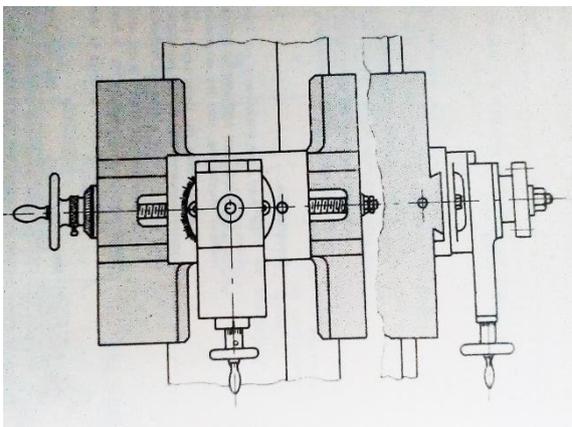


Fig.I.8 : Trainard.

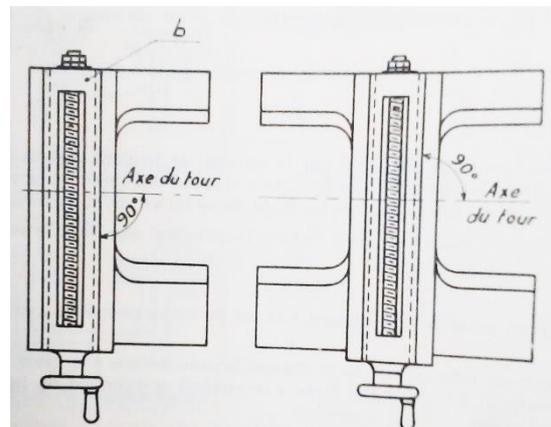


Fig.I.9 : tablier de trainard.

IV. Obtention de la pièce métallique par fraisage

IV.1) Généralités sur l'outil de fraisage [3], [5]:

L'usinage par fraisage se pratique à l'aide d'outil tournant à arête de coupe multiple, les fraises sont fabriquées soit en taillant mécaniquement des dents à la périphérie d'un cylindre ou d'un tronc de cône, soit en rapportant des dents (lames rapportés, outils rapportés) sur un corps d'outil.

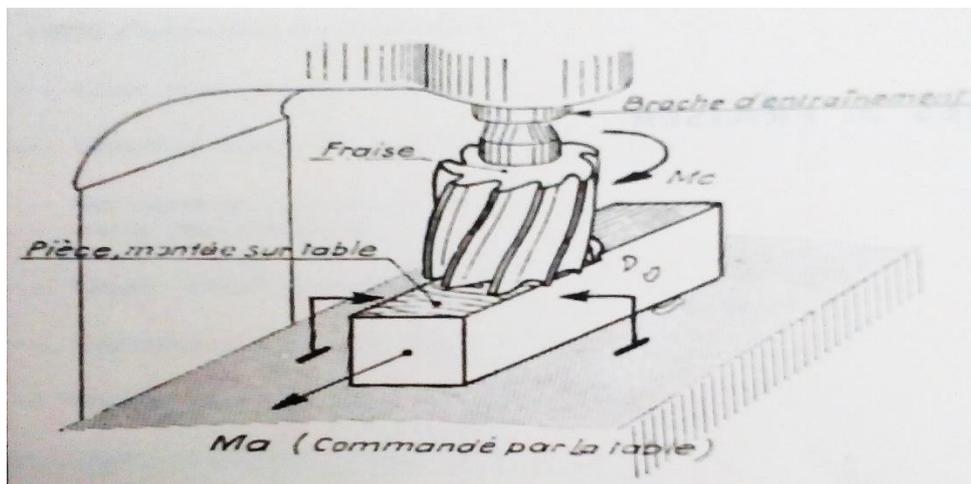


Fig.I.10. : définition de fraisage.

Les dents de fraises sont de longueur, forme la disposition diverse, elles présentent généralement les trois (3) angles caractéristiques.

\hat{A} : angle de dépouille

b^\wedge : angle de pente d'affutage

d^\wedge : angle de tranchant $= 90^\circ - (\hat{a} + b^\wedge)$

Les fraises mono bloque sont fabriqués avec des aciers rapides et les dents des fraises à denture rapportée sont faites avec des carbures frittés.

IV.2) Mode d'action des fraises

Les surfaces fraisées peuvent être produites par fraisage de profil ou par fraisage de fasse.

-Il y a fraisage de profil lorsque l'axe de fraise est parallèle // ou oblique à la surface usinée.

La fraise travaille alors avec les dents taillées sur sa surface de révolution.

-Il y a fraisage de fasse lorsque l'axe de la fraise est perpendiculaire \perp à la surface travaillée.

La fraise employée possède une denture périphérique et une denture en bout.

Dans certain opération, fraisage de force et fraisage de profil sont simultanés.

IV.2.1) Fraisage en opposition – en concordance

Le fraisage de profil peut s'effectue-t-on position ou bien en concordance.

- En opposition ; le sens du mouvement de coupe de la fraise et le sens de déplacement de la pièce s'opposent.
- En concordance ; le sens de mouvement de coupe est le même que celui du mouvement d'avance de la pièce.

Remarque : Ce mode d'action en peut s'effectuer dans de bonne condition que sur des machines spéciales.

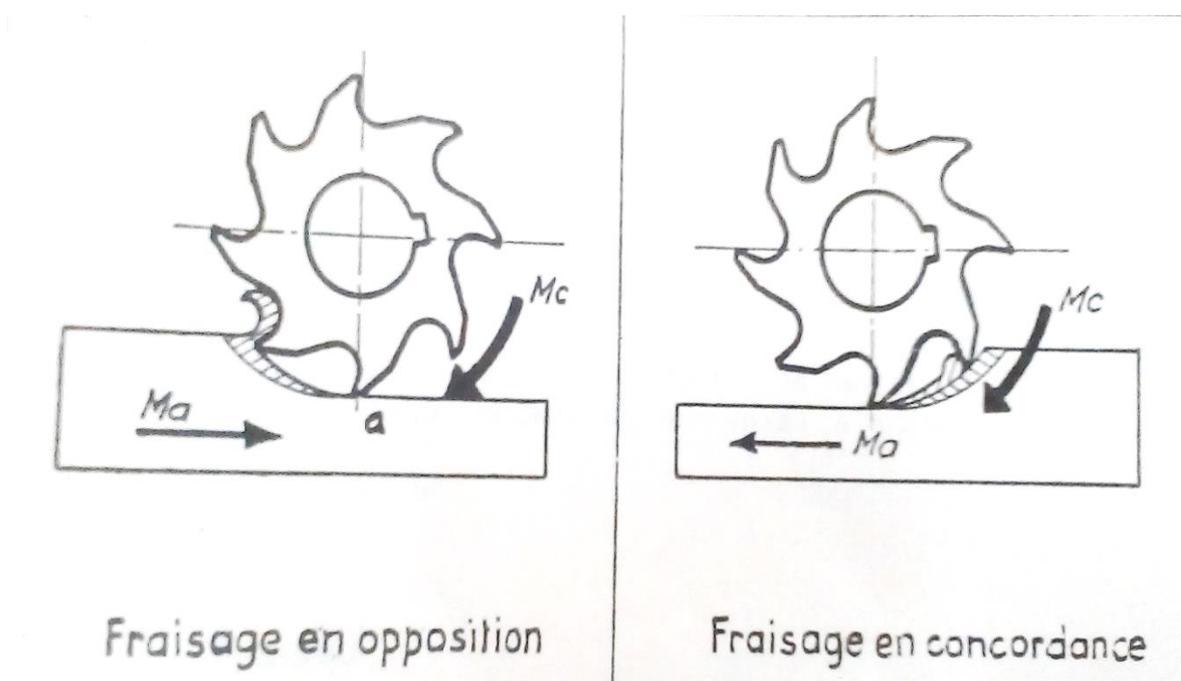


Fig.I.11 : type de frassage.

IV.3) Classification des fraises [6]

On peut classer les fraises :

- D'après le mode d'obtention de leur denture.

On distingue alors les fraises monoblocs à denture « taillée ou fraisée » ; à denture « détalonnée » et les fraises à dents rapportée (lames, outils rangs).

- Suivant le nombre de taille a 1, 2,3 tailles.
- Suivant la disposition des arêtes tranchantes fraises à denture droite, fraises à denture hélicoïdale, à droite ou à gauche.
- Selon leur forme : ou la nature du fraisage à effectuer : fraise cylindrique à surfacer, fraise conique, fraise scie.
- Selon le mode d'entraînement : fraise a trou (lisse, taraudé), fraise à queue (cylindrique, conique).

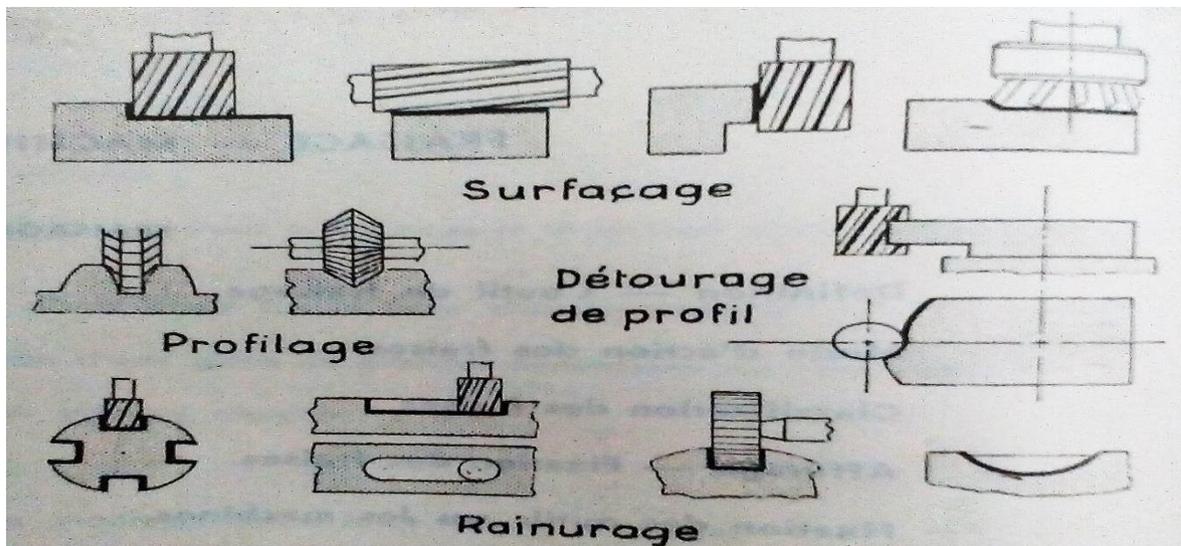


Fig.I.12. Les fonctions des fraiseuses.

IV.4) Vitesse de coupe

La vitesse de coupe et la vitesse circonférentiel de la fraise calculée en fonction de son diamètre (D (mm)) et de sa vitesse de rotation (n, en tours par min).

$$V \text{ m/min} = \frac{\pi D n}{1000}$$

Dans le choix des conditions de coupe on peut avoir a considéré :

- 1- L'avance par tour (a) (mm)
- 2- L'avance par dents (a/N), N : le nombre de dent de la fraise
- 3- L'avance par minute A, déplacement de la pièce par minute (A=a*n).

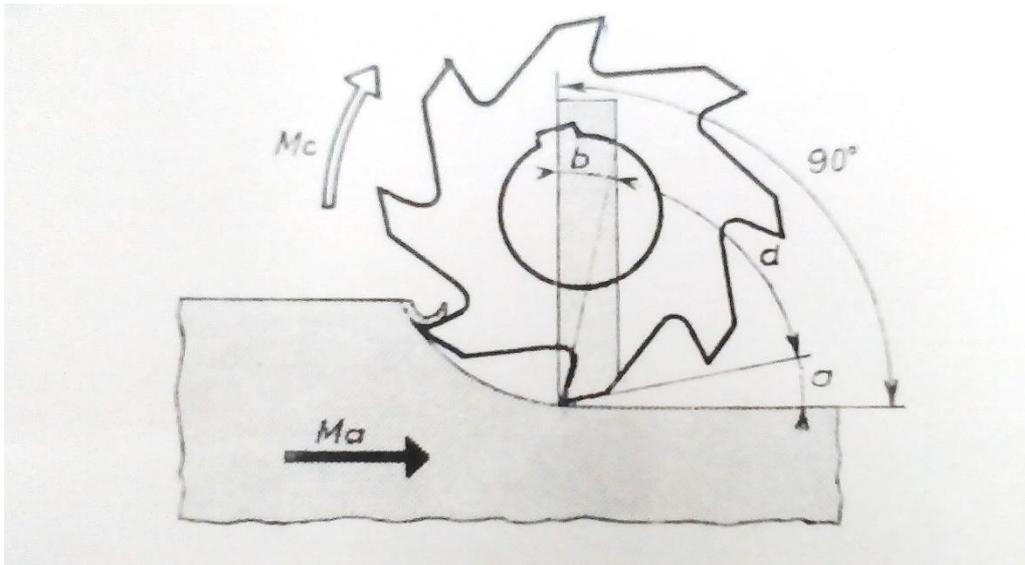


Fig.I.13. La vitesse de coupe.

IV.5) Machine à fraiser [6]

Il existe trois (3) types courants de machine à fraiser, destinés par les positions de leur axe de broche par rapport à la table.

-les fraiseuses horizontales à axe broche parallèle ($//$) à la table.

-des fraiseuses universelles, dont l'axe de broche peut se situer dans une position quelconque par rapport à la table.

-des fraiseuses verticales à axe de broche situé dans un plan perpendiculaire (\perp) à la table.

Les organes communs essentiels de ses machines sont :

- Le bâti
- La broche d'entraînement
- La table (porte pièce)
- Les organes de commande et de transmission

IV.6) Commande des avances

Les déplacements de table, chariot transversale se font manuellement ou automatiquement.

La commande automatique des avances s'effectue, depuis les boîtes des avances, au moyen d'un arbre télescopique à cadrons, de renvoi de pignon et du système vis-écrou.

L'organe à déplacer (table par exemple) est mis en mouvement par un système d'embrayage à crabot.

IV.7) Accessoires des fraiseuses

Les principaux sont :

Les étaux, les accessoires d'ablocage, le plateau circulaire et les appareils diviseur.

Chapitre 1 : Partie mécanique

Chapitre 2 : Partie électrique

Chapitre 3 : Partie expérimentale

Conclusion générale