

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITE de JIJEL



Département de Génie électrique



PROJET DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du Diplôme de

Master Academique

Filière : Génie électrique

Option : Electromécanique

Thème

Commande d'un plateau diviseur mécanique par moteur pas à pas bipolaire à l'aide d'une carte Raspberry Pi3 sous Python.

Présenté par :

- Aboura Abderrahmane

Encadré par :

- Dr. Gueraiche Larbi

∞ Juin 2018 ∞



Remerciement

Avant tout nous remercions le bon dieu qui nous a donné le courage le force pour continuer. Merci de nous avoir éclairé le chemin de réussite.

*Nous remercions très vivement Dr « **Gueraiche Larbi** » promoteur de nous avoir encadré, orienté, conseillé et corrigé tout au long de notre travail.*

Nous remercions également les membres de jury qui ont accepté d'examiner et de juger notre travail.

Enfin, nous remercions également, tous les enseignants qui ont assurée notre formation durant notre cycle professionnelle.

A tous, un grand Merci

Table des matières

Introduction Général	1
-----------------------------------	---

Chapitre I : Généralités sur les plateaux diviseurs

I.1. Introduction.....	2
I.2. Plateau diviseur	2
I.2.1. Principe général de fonctionnement.....	3
I.2.1.1. Mandrin.....	3
I.2.1.2. Plateau alidade	3
I.2.1.3. Pointeau manivelle.....	3
I.2.2. Mode opératoire	4
I.2.3. Description des types de plateaux diviseurs	5
I.2.3.1. Diviseurs optiques.....	5
I.2.3.2. Poupées-diviseurs simples	6
I.2.3.3. Diviseurs universels	6
I.3. Types de division	7
I.3.1. Division directe	7
I.3.2. Division indirecte.....	7
I.3.3. Division différentielle	8
I.3.3.1 Problème à résoudre	10
I.4. Problématique posée pendant le travail manuel.....	12
I.5.conclusion	12

Chapitre II : Choix du moteur approprié à la commande

II.2. Etude critique des moteurs électriques	13
II.2.1. Moteurs à courant alternatif.....	13
II.2.1.1. Moteur synchrone	13
II.2.1.2. Moteur à induction (asynchrone).....	13
II.2.2. Moteurs à courant continu	14

II.2.2.1. Moteurs à balais	14
II.2.2.2. Moteur sans balais	15
II.3. Cahier des charges	16
II.4. Comparaison et choix du moteur adéquat selon le cahier des charges.....	17
II.5. Description du moteur pas à pas	17
II.5.1. Définition du moteur pas à pas	17
II.5.2. Alimentation des bobinages.....	17
II.5.2.1. Moteur unipolaire	18
II.5.2.2. Moteur bipolaire	18
II.6. Principaux types de moteurs pas à pas	18
II.6.1. Moteur pas-à-pas à réluctance variable MRV	19
II.6.2. Moteur pas à pas à aimants permanents MP.....	19
II.6.3. Moteur pas-à-pas hybride MH.....	19
II.7. Modes de commande d'un moteur pas à pas	20
II.7.1. Mode pas entier	20
II.7.2. Mode demi-pas	20
II.7.3. Mode micro-pas	21
II.8. Caractéristiques de fonctionnement en pas à pas	21
II.8.1. Angle de pas	21
II.8.2. Angle de charge	21
II.8.3. Couple de maintien	21
II.8.4. Couple de détente	21
II.8.5. Couple statique	22
II.9. Conclusion	22

Chapitre III : Adaptation et commande du diviseur mécanique

III.1. Introduction	23
III.2. Description de la carte Raspberry Pi3	23
III.2.1. Connecteur d'extension de Raspberry Pi3	24
III.2.2. Langage de programmation.....	24

III.3. Description du driver DRV8825	24
III.4. Câblage du moteur avec le driver et le Raspberry Pi3	27
III.5. Programme de commande	28
III.6. Détermination du couple-diviseur	29
III.7. Couple du moteur	30
III.8. Accouplement avec le diviseur.....	31
III.8.1. Transmission par poulies-courroie	31
III.8.1.1. Avantages	32
III.8.1.2. Inconvénients	32
III.8.1.3. Rapport de transmission	32
III.8.1.4. Couple moteur après la transmission	32
III.8.1.5. Division à la sortie du plateau diviseur	33
III.9. Adaptation des poulies sur les arbres du moteur et du diviseur	33
III.9.1. Conception des pièces d'adaptation	33
III.9.2. Usinage des pièces d'adaptation des poulies crantées sur arbres	34
III.10. L'essai de fonctionnement et de la précision du plateau diviseur après l'évolution	36
III.11. Conclusion.....	36
Conclusion générale	37
Référence bibliographiée	38

Liste des figures

Figure I.1 : Dessin d'un plateau diviseur	2
Figure I.2: Schéma cinématique du plateau diviseur	3
Figure I.3: Position des branches de l'alidade pour le premier cran	4
Figure I.4: Position des branches de l'alidade pour le 2ème cran	4
Figure I.5: Position des branches de l'alidade pour le 3ème cran	5
Figure I.6: Illustration des alidades sur les deux plateaux avant et arrière	11
Figure II.1: Moteur unipolaire.....	18
Figure II.2: Moteur bipolaire.....	18
Figure II.3: Les trois types de moteurs pas à pas	19
Figure II.4: Couple statique et couple de détente	22
Figure III.1: Carte Raspberry Pi3	23
Figure III.2: Pins du Raspberry Pi3.....	24
Figure III.3: Driver DRV8825 avec son refroidisseur	25
Figure III.4: Mesure de VREF sur DRV8825	26
Figure III.5: Schéma du support de moteur pas à pas md20a DRV8825.....	26
Figure III.6: DRV8825	27
Figure III.7: Moteur Pas à pas bipolaire.....	27
Figure III.8: Schéma de câblage moteur pas à pas, DRV8825 et Raspberry Pi3.....	28
Figure III.9: Programme de commande en pas entier.	28
Figure III.10: Programme de commande en micro pas.	29
Figure III.11: Programme pour la rotation en sens anti-horaire.....	29
Figure III.12: Mesure de la force minimale pour tourner le diviseur par dynamomètre.....	29
Figure III.13: Appareils de mesure : tachymètre et multimètre.	30
Figure III.14: Réglage de la tension d'alimentation et mesure la de rotation par tachymètre. .	30
Figure III.14: Schéma cinématique d'une liaison par poulies-courroie	31
Figure III.16: Conception de la pièce à insérer sur l'arbre moteur.	33
Figure III.17: Conception de la pièce à insérer sur l'axe du plateau diviseur.....	34

Figure III.18: Capture au cours de l'usinage de la pièce d'adaptation de la petite poulie.	34
Figure III.19: Capture au cours de l'usinage de la pièce d'adaptation de la grande poulie.	35
Figure III.20: Montage complet du diviseur électromécanique réalisé dans ce projet.....	35
Figure III.21: Les gradients à la sortie du plateau diviseur	36

Liste des tableaux

Tableau I.1: Nombre des trous dans les plateaux du diviseur	10
Tableau I.2: Tableau explicatif.....	10
Tableau II.1: Avantages et inconvénients des moteurs alternatifs.....	14
Tableau II.2: Avantages et inconvénients des moteurs à courant continue à balais.....	15
Tableau II.3: Avantages et inconvénients des moteurs à courant continu sans balais.....	16
Tableau II.4: Avantages et inconvénients des moteurs pas à pas.....	16
Tableau II.5: Tableau de combinaison selon le cahier des charges	17
Tableau III.1: Paramètres de résolution du micro pas pour le pilote moteur 8825.....	25
Tableau III.2: Les essais de la précision du plateau diviseur après l'évolution	36

Les abréviations

Lettres	Signification
α	L'angle de la rotation de la broche, en degré.
Z	Le nombre de division donné.
I	Le nombre d'intervalles
A	Le nombre entier de tours de la manivelle
a et b	Le numérateur et le dénominateur d'une fraction régulière non réduite
m	Le multiplicateur commun de a et b choisi
i	La raison des roues interchangeables
P	La puissance
I	Le courant
V	La tension
N	La vitesse de rotation tr/min
ω	La vitesse de rotation rad/s
C	Le couple
F_u	La force utile
P_a	Le pas
z	Le nombre des dents
R	Le rapport de transmission
d	Le diamètre primitif
B	La distance du bras de la manivelle
$GPIO$	Les pins de la carte Raspberry
$UART, I2C, SPI$	Les périphériques de communication
HDMI	Représente l'entrer de l'écran
GND	Représente la masse
IHM	Pour les interactions Homme-machines

Introduction générale

Introduction générale

Pendant longtemps, l'université de Jijel compte de nombreux départements d'ingénierie comme génie électrique et de génie mécanique mais chacun agit à part. Ce projet de fin d'études est en une cotutelle entre le département de génie mécanique et celui de génie électrique qui vient d'instaurer l'esprit du travail pluridisciplinaire. Le fonctionnement manuel du plateau diviseur mécanique implique de faire attention au cours de son utilisation pour ne pas commettre des erreurs et de calcul que de manipulation. Pour surmonter ces difficultés, on a proposé de le rendre le diviseur électromécanique. Ce sujet porte sur la commande du plateau diviseur mécanique du hall de technologie de l'université Jijel par un moteur pas à pas bipolaire à l'aide d'une carte Raspberry Pi3 sous Python.

Ce mémoire se compose de trois chapitres, dont le premier porte sur des généralités sur les plateaux diviseurs à savoir le principe général de fonctionnement, le mode opératoire, la description des types de plateaux diviseurs et les différents types de division.

Le second chapitre est dédié au choix du moteur approprié à la commande du diviseur mécanique. La critique des différents types de moteurs électriques à travers leurs avantages et inconvénients nous a permis de faire le choix la solution optimale qu'a porté sur un moteur pas à pas bien sûre en se référant au cahier des charges fonctionnel. Ce dernier est par la suite bien détaillé en termes de types des moteurs pas à pas existant, mode de commande et caractéristiques de fonctionnement.

Enfin, le troisième chapitre est consacré à la partie pratique où une adaptation a été faite au niveau de l'axe du pointeau-manivelle afin qu'on puisse transmettre par courroie le mouvement du moteur pas à pas au diviseur mécanique. Le déroulement pratique de l'adaptation et de la commande par carte Raspberry pi3 sous Python sont décrit étape par étape dans ce chapitre. Sachant que la réalisation a été faite en cotutelle entre les départements de génie électrique et de génie mécanique.

A partir de ces travaux, nous allons essayer de sortir d'une conclusion générale qui résume le contenu de notre travail, les résultats obtenus et les perspectives de ce travail.

Chapitre I
Généralités sur les plateaux diviseurs

Chapitre I : Généralités sur les plateaux diviseurs

I.1. Introduction

Les plateaux diviseurs sont les accessoires les plus importants des fraiseuses à console, surtout des fraiseuses universelles, qui étendent sensiblement les possibilités technologiques des machines. On les utilise pour la fabrication de divers outils (fraise, alésoirs, fraises à lamer, tarauds), des éléments de machines normalisés (têtes de boulons, pans d'écrous, crénelés), pour le taillage des roues dentées, des rainures et des cannelures dans les faces (crabots) et d'autres pièces.

I.2. Plateau diviseur

Le plateau diviseur est un appareil, monté sur machine-outil, qui permet de positionner des pièces suivant un angle et un axe bien précis et il sert pour :

- La mise en place de l'ébauche en œuvre sous un angle requis par rapport à la table de la machine.
- Réaliser une rotation périodique de l'ébauche autour de son axe à l'angle voulu (division en parties égales ou inégales).
- Réaliser une rotation continue de l'ébauche lors du taillage des rainures hélicoïdales ou des dentures hélicoïdales des engrenages [1].

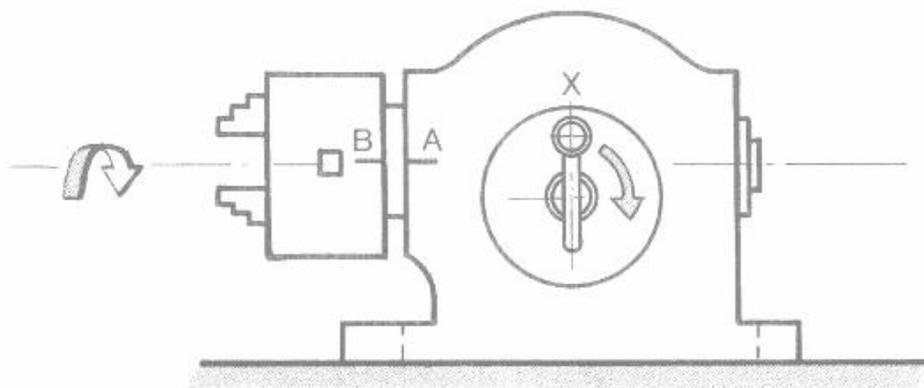


Figure I.1 : Dessin d'un plateau diviseur [2].

Il existe plusieurs types de diviseurs :

A cadran avec disques à trous : Pour divisions : directe, simple ou différentielle.

Sans cadran (sans disque à trous) à mécanisme planétaire denté et jeu de roues de rechange.

Optiques : Pour les divisions précises et les opérations de contrôle.

Chapitre I : Généralités sur les plateaux diviseurs

I.2.1. Principe général de fonctionnement

Un plateau diviseur permet de fixer des pièces de forme complexe pour effectuer des perçages, alésages, taraudages... en un point précis de la pièce, différent de son axe de gravité. Lorsqu'on libère la manivelle, les deux plateaux (solidaires l'un à l'autre) sont immobilisés par un pointeau arrière fixe en rotation. Lorsque l'on dégage le pointeau arrière, on peut faire tourner l'ensemble plateaux - manivelle, à condition que le pointeau avant soit engagé dans un trou.

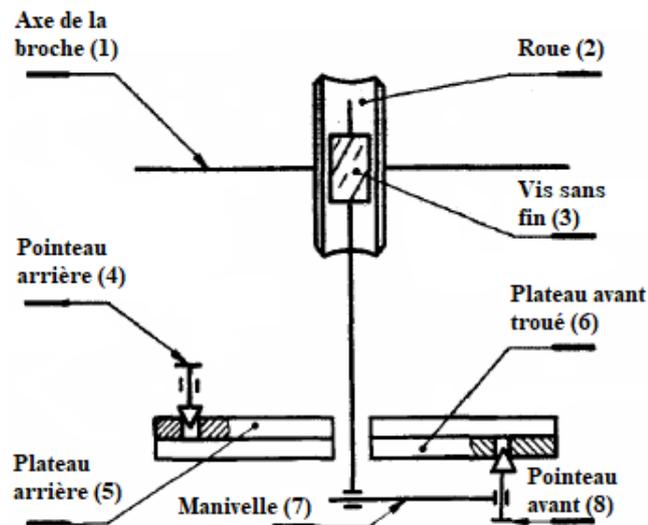


Figure I.2: Schéma cinématique du plateau diviseur.

Le plateau diviseur est doté des accessoires nécessaires suivant :

I.2.1.1. Mandrin

Le mandrin se monte à droite de l'axe 1 qui est l'axe de la roue tangente 2 et permet la fixation rapide de la pièce à usiner.

I.2.1.2. Plateau alidade

Le plateau alidade permet d'évoluer d'une fraction de tour, celle-ci étant réglée entre l'ouverture mobile de l'alidade, sachant que le nombre des intervalles c'est l'écartement des branches.

I.2.1.3. Pointeau manivelle

L'ensemble pointeau (8) – manivelle (7) permet :

- de suivre la rangée de trous choisie.
- d'immobiliser la position en engageant le pointeau dans un trou.

Chapitre I : Généralités sur les plateaux diviseurs

I.2.2. Mode opératoire

Soit $K = 40$, $n = 6$ crans ; $K/N = 40 / 6 = 6$ trs et $2/3$ fractions de tours.

- Il faut chercher sur les plateaux disponibles celui qui comporte au moins une rangée dont le nombre de trous est multiple de 3. Par exemple, le plateau n° 2 rangée de 33 trous ($3 \times 11 = 33$).
- Il faut régler l'écartement des branches de l'alidade pour apprécier $2/3$ de tour, c'est-à-dire $22/33$ de tour.
- Situer le pointeau sur le départ de la rangée de 33 trous, placer la branche A en appui contre le pointeau, compter 22 intervalles donc 23 trous, placer la branche B au 23-ème trou, bloquer l'alidade, vérifier, exécuter le premier cran.
- Dégager le pointeau et faire 6 tours comptés de A, venir engager le pointeau au 23-ème trou en appui sur B (position U, Figure I.3) [2].

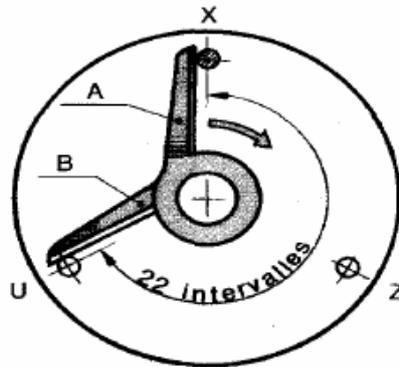


Figure I.3: Position des branches de l'alidade pour le premier cran.

- Déplacer l'alidade de façon à situer la branche A en position U (Figure I.4), et exécuter le 2^{ème} cran.

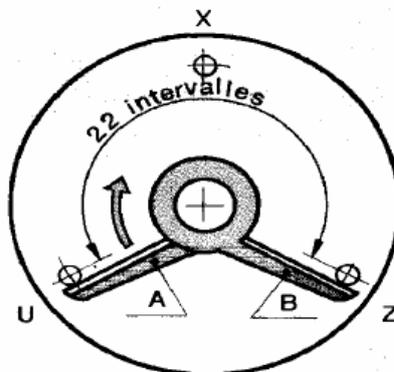


Figure I.4: Position des branches de l'alidade pour le 2^{ème} cran.

Chapitre I : Généralités sur les plateaux diviseurs

- Dégager le pointeau, faire 6 tours comptés en A, venir engager le pointeau au 23^{ème} trou en appui sur B (position Z, Figure I.4).
- Déplacer l'alidade (situer la branche A en position Z, Fig.1.5) et exécuter le 3^{ème} cran.

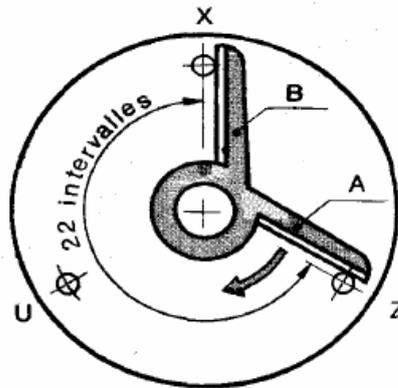


Figure I.5: Position des branches de l'alidade pour le 3^{ème} cran.

- Dégager le pointeau, faire 6 tours comptés en A, venir engager le pointeau au 23^{ème} trou en appui sur B (position X, Figure I.5).
- Déplacer l'alidade (de façon à situer la branche A en position X).
- Le cycle recommence au point de départ.

I.2.3. Description des types de plateaux diviseurs

I.2.3.1. Diviseurs optiques

Les diviseurs optiques s'emploient pour l'exécution des divisions particulièrement précises, ainsi que pour le contrôle des divisions exécutées.

Un diviseur optique ressemble à un diviseur mécanique. Il se compose d'un corps fixe de la table de la machine, et d'autre broche montée sur des paliers qui est la partie pivotante du diviseur. Une roue est entraînée en rotation par la vis sans fin reliée au volant. La roue à vis sans fin et par la suite, la broche peut être bloquée en position voulue par la manivelle reliée à la rondelle de blocage. La vis sans fin tourne la broche. Une extrémité de l'arbre de la vis repose dans une bague excentrée, ce qui permet d'abaisser l'arbre avec la vis et, après avoir dégagé la vis de sa roue fixée sur la broche, elle peut tourner rapidement à la main sur la broche du diviseur. A l'intérieur du corps du diviseur il y a le disque en verre solidaire de la broche. Le disque est gradué en 360°. L'oculaire avec un microscope est placé en haut du diviseur ; le système optique du microscope comporte une graduation fixe (mire) à 60 traits.

Chapitre I : Généralités sur les plateaux diviseurs

En utilisant ce diviseur, il ne faut pas perdre de vue que les angles de rotation successives sont sommés, ce qui rend nécessaire la composition d'un tableau complet des angles pour toutes les rotations de la broche du diviseur et ainsi pour la division [1].

I.2.3.2. Poupées-diviseurs simples

Ils ne comportent qu'un plateau qui est en position horizontale et qui peut tourner de 360° par rapport à son axe.

I.2.3.2.1. Pour division directe

De nombreux travaux de fraisage imposant la division directe sont plus projectifs et plus économique lorsqu'on emploie des diviseurs spécialement conçus à cet effet. Ce diviseur peut être monté aussi bien sur des fraiseuses horizontales que verticales.

I.2.3.2.2. Pour division simple

On donne ce nom aux diviseurs dans lesquels la division se fait par le biais d'un disque à trous fixe à l'aide de la manivelle à poignet liée à la broche du diviseur par une transmission à vis sans fin. Sur un plateau (1/40), pour que la broche tourne d'un tour complet, il nous faut 40 tours de manivelle. Alors, un demi-tour de broche (180°) correspond à 20 tours de manivelle. Le nombre de tours de la manivelle qu'il faut faire pour que la broche du diviseur fasse un tour complet s'appelle caractéristique du diviseur ; cette dernière est notée N . Le nombre de tours n de la manivelle du diviseur qu'il faut effectuer pour obtenir la division voulue de l'ébauche à usiner se calcule d'après la formule (I.1):

$$n = \frac{N}{Z} \quad (\text{I.1})$$

N est la caractéristique du diviseur.

Z est le nombre de divisions à réaliser.

Si on remplace N par 40 pour un plateau (1/40), on obtient :

$$n = 40/Z \quad (\text{I.2})$$

I.2.3.3. Diviseurs universels

Les diviseurs universels s'emploient pour faire partie des accessoires livrées avec les fraiseuses. Ils ont un axe de mandrin orientable (inclinaison réglable de 0 à 90°) par rapport à l'axe de la manivelle.

Chapitre I : Généralités sur les plateaux diviseurs

I.3. Types de division

I.3.1. Division directe

Pour réaliser une division directe, la vis sans fin doit être dégager de sa roue. La rotation de l'ébauche en ouvre est assurée par la rotation de la broche.

L'angle de rotation se lit sur le cadran gradué à 360° , la valeur du trait étant de 1° . Le vernier permet de lire l'angle de rotation de la broche à $5'$ près. Pour diviser en Z partie, l'angle de rotation de la broche se détermine d'après la formule :

$$\alpha = \frac{360^\circ}{Z} \quad (\text{I.3})$$

α est l'angle de la rotation de la broche, en degré.

Z est le nombre de division donné.

A chaque Division, il faut faire tourner la broche de α .

Le disque frontal à trous de certains diviseurs, prévu pour la division directe, n'est pas gradué, mais possède trois rangées de 24, 30 et 36 trous. Ces trois rangées de trous ne permettent d'effectuer la division directe qu'en 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 24, 30, et 36 parties. Le nombre d'intervalles I sur la rangée retenue du disque frontal, qu'on effectue en tournant la manivelle du diviseur pour avoir α sur la broche, est déterminé d'après la formule :

$$I = \frac{I_R}{Z} \quad (\text{I.4})$$

I_R est le nombre d'intervalles de la rangée choisie du disque frontal,

Z est le nombre d'intervalles correspondant au nombre de divisions à réaliser. Z doit être un diviseur de I_R .

I.3.2. Division indirecte

Dans ce cas-là, la vis sans fin doit s'engrener avec sa roue. La rotation de la broche (division) se fait en tournant la manivelle avec le doigt de division par rapport au disque latéral fixe muni de couronnes de trous. Pendant le réglage, le doigt de division est positionné en regard de la couronne retenue du disque à trous. La rotation de la manivelle est transmise à la broche par les roues dentées cylindriques à raison $i = 1$ et le couple à vis sans fin à raison $i = 1/40$. Pour diviser en Z parties égales, la broche doit alors tourner de $1/Z$ partie de tour. Par conséquent, l'équation de la chaîne cinématique du mouvement de la broche sera :

$$n \times 1 \times \frac{1}{40} = \frac{1}{Z} \quad (\text{I.5})$$

D'où l'on obtient que :

Chapitre I : Généralités sur les plateaux diviseurs

$$n = \frac{40}{Z} \quad (\text{I.6})$$

On suppose qu'on divise une ébauche en Z parties (par exemple, pour tailler une roue dentée à Z dents). Cela signifie qu'après le taillage de chaque entredent, il faut tourner la broche avec l'ébauche de $1/Z$ de tour. Par conséquent, il faut que la manivelle tourne de $40/Z$ de tour. Si $Z < 40$, la fraction $40/Z > 1$ et on peut la mettre sous la forme :

$$\frac{40}{Z} = A + \frac{a}{b} = A + \frac{ma}{mb} \quad (\text{I.7})$$

Où : A est le nombre entier de tours de la manivelle,

a et b sont le numérateur et le dénominateur d'une fraction régulière non réduite,

m est le multiplicateur commun de a et b choisi de façon que mb soit le nombre de tours sur l'une des couronnes du disque à trous.

Le produit " ma " exprimer alors le nombre de d'intervalles sur la couronne du cadran, duquel doit être tournée la manivelle en plus de nombre entier de trous A . La valeur de pivotement nécessaire de l'ébauche en œuvre se règle sur le plateau à trous sur lequel s'engage la cheville à ressort du doigt de division. Ce disque est bilatéral. Dans la division simple, la douille, les roues conique et l'arbre ne participent pas à la division. Pour rendre plus commode le compte des intervalles entre les trous (ou les comptes des trous) de la couronne, on a prévu une alidade composée de deux branches, ces branches peuvent tourner l'une par rapport à l'autre.

Les branches de l'alidade sont positionnées de façon que le nombre d'intervalles entre elles soit " ma ". Pour mettre l'alidade en position de service, il faut engager la tige du doigt de division dans l'un des trous de la couronne retenue. Il faut retenir que si le compte se fait d'après le nombre de trous de la couronne à partir du trou duquel est engagée la tige du doigt de division, il faut que le nombre de trous soit plus grand d'un que le nombre d'intervalle entre les trous " ma " [1].

I.3.3. Division différentielle

Cette forme de division s'emploie lorsque le nombre limité de couronnes concentrique avec un nombre de trous différent ne permet pas d'obtenir l'angle ébauche par le procédé de division indirecte.

Ainsi, il est impossible de diviser une circonférence par la méthode de division indirecte en 61, 78, 83, 97, 127 parties, c'est-à-dire en un nombre de parties qui n'a pas de multiplication égale ou multiple du nombre de trous du disque.

Chapitre I : Généralités sur les plateaux diviseurs

Déduisons maintenant la formule du diviseur pour la division différentielle. Supposons qu'il soit nécessaire de diviser en Z parties ; de plus, $Z > 40$, et la division ne peut se faire ni par la méthode directe, ni par la méthode indirecte. La rotation de la vis sans fin et de la broche du diviseur, et par conséquent, de l'ébauche en œuvre se compose dans ce cas de deux mouvements : rotation de la manivelle du diviseur et transmission du mouvement à la broche à l'aide de roues dentées interchangeables. Pour réaliser le premier mouvement, on procède au choix du nombre auxiliaire X de divisions choisies de façon que :

- X soit proche de Z (indifféremment, plus grand ou plus petit),
- La division en X parties soit possible par la méthode de division indirecte,
- La raison i soit réalisable à l'aide de roues interchangeables disponibles.

Lors de la division en X parties, le nombre entier de trous que doit faire la manivelle sera :

$$n = \frac{40}{X} \quad (\text{I.8})$$

Lors de la rotation de la manivelle et de la broche, le disque à trous lié à cette dernière par la transmission $i = (Z_1/Z_2) \times (Z_3/Z_4)$ tournera de : $n_d = (1/Z) \times i$

Il est évident que ces deux mouvements feront tourner la manivelle à un nombre de tours :

$$n = \frac{40}{X} + \frac{i}{Z} \quad (\text{I.9})$$

Si la manivelle faisait un nombre entier de tours défini par cette formule, l'ébauche usinée tournerait pendant l'opération de division de $1/Z$ tour, ce qu'il fallait obtenir.

La manivelle fera alors $40/Z$ tours. En confrontant cette dernière égalité avec la formule (I.2), on obtient

$$\frac{40}{X} + \frac{i}{Z} = \frac{40}{Z} \quad (\text{I.10})$$

D'où, après des transformations correspondantes, on aura finalement :

$$i = \frac{40}{X} (X - Z) \quad (\text{I.11})$$

Où : i est la raison des roues interchangeables,

X est le nombre de divisions auxiliaires,

Z est le nombre de divisions imposées.

Si $X > Z$ alors $i > 0$ et si $X < Z$ alors $i < 0$.

Chapitre I : Généralités sur les plateaux diviseurs

Si i est positive, la direction de la rotation du disque coïncide avec la direction courante de la manivelle. Quand i est négative, lorsque la manivelle tourne dans le sens des aiguilles d'une montre, le disque tourne dans le sens inverse de celui des aiguilles d'une montre.

I.3.3.1. Problème à résoudre (Cas d'une division différentielle)

- Soit à tailler les 57 dents d'un engrenage cylindrique droit en vue d'une réparation.
- Quelle sera l'évolution nécessaire pour passer d'une dent à une autre dent avec un diviseur de rapport $K = 40$. Plateaux à trous disponibles :

N° 1	15	16	17	18	19	20
N° 2	21	23	27	29	31	33
N° 3	37	39	41	43	47	49

Tableau I.1: Nombre des trous dans les plateaux du diviseur

Raisonnement :

- Appliquons la formule : $K/Z = 40/57$. On ne dispose pas de cercle de 57 trous, le problème n'est pas réalisable en division indirecte. La méthode de division composée exposée ci-dessus permet de résoudre celui-ci.
- Décomposons le dénominateur de fraction $40/57$ en un produit :

On a :

$$\frac{40}{57} = \frac{40}{3 \times 19}$$

- Remplaçons le numérateur par deux nombres, l'un est multiple de 3 (X) et l'autre est multiple de 19 (Y). La somme ou la différence de ces deux nombres, (X + Y) ou (Y - X) doit être égale à 40 [2].

X (multiples de 3)	3 - 6 - 9 - 12 - 15 - 18 - 21 - 24 - 27 - 30 - 36
Y (multiples de 19)	19 - 38 - 57 - 76 - 95 - 114 - 133 - 152 - 171
X + Y = 40	Une seule solution : 21 + 19 = 40
Y - X = 40	Une seule solution : 76 - 36 = 40

Tableau I.2: Tableau explicatif.

1^{ère} Solution :

$$\frac{40}{57} = \frac{40}{3 \times 19} = \frac{21 + 19}{3 \times 19} = \frac{21}{3 \times 19} + \frac{19}{3 \times 19} = \frac{7}{19} + \frac{1}{3} = \frac{7}{19} + \frac{11}{33}$$

Chapitre I : Généralités sur les plateaux diviseurs

2^{ème} Solution :

$$\frac{40}{57} = \frac{40}{3 \times 19} = \frac{76}{3 \times 19} - \frac{36}{3 \times 19} = \frac{4}{3} - \frac{12}{19} = \frac{44}{33} - \frac{12}{19} = \left(1 + \frac{11}{33}\right) - \frac{12}{19}$$

Manœuvres à effectuer pour la solution 1 :

- 1 - Pour la 1^{ère} solution, monter sur le diviseur les plateaux 1 et 2.
- 2 - Régler l'alidade à 7 intervalles sur le plateau avant, rangée de 19 trous.
- 3 - Régler l'alidade à 11 intervalles sur le plateau arrière, rangée de 33 trous.
- 4 - Effectuer 7 intervalles, soit 8 trous, sur la rangée de 19 trous du plateau avant, à l'aide de la manivelle.
- 5- Dégager le pointeau arrière et tourner, dans le même sens que lors de la première évolution, l'ensemble plateau- manivelle de 11 intervalles, soit 12 trous, sur la rangée de 33 trous du plateau arrière [2].

Formule générale :

$$\frac{K}{N} = \frac{X}{a \times b} \pm \frac{Y}{a \times b} \quad (\text{I.12})$$

X : Première inconnue multiple de a .

Y : Deuxième inconnue multiple de b .

$$a \times b = Z$$

$$X + Y = K \text{ ou } X - Y = K$$

Remarque :

Les évolutions sont à faire dans le même sens lorsque les fractions s'ajoutent et en sens inverse lorsque les fractions se soustraient.

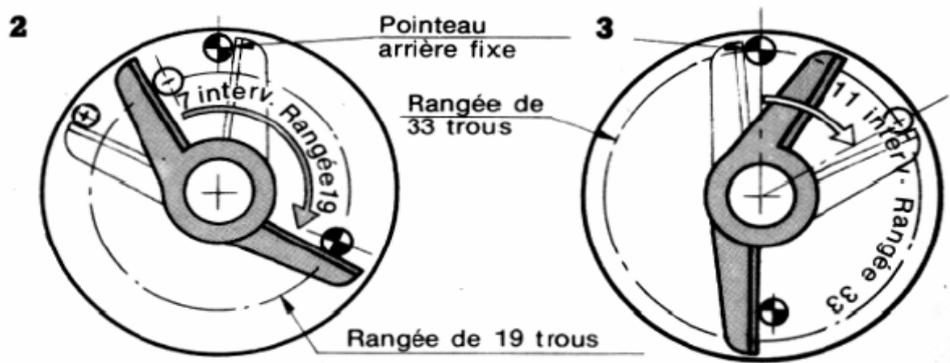


Figure I.6: Illustration des alidades sur les deux plateaux avant et arrière.

I.4. Problématique posée pendant le travail manuel

Comme indiqué dans les exemples précédents, ces calculs nécessitent beaucoup de précision et de focalisation pendant le travail et conservent la possibilité d'erreurs importantes et existantes vu que l'homme est exposé à l'oubli et tombe dans l'erreur, ce qui représente un risque important au produit qui nécessite une haute résolution et n'accepte aucune possibilité d'erreur.

I.5. Conclusion

Dans ce chapitre, on a parlé du principe de fonctionnement plateau diviseur mécanique de façon générale, du mode opératoire, des différents types de plateaux diviseurs et des différents types de division avec des exemples de calcul de telle façon qu'on estime la problématique posée pendant le travail manuel sur plateau diviseur. Tout cela est dans le but de surmonter les difficultés rencontrées et éviter tous ce qui peut influencer sur le produit final qui va être usiné par ce plateau diviseur.

Pour cela, on est obligé à trouver une solution qui élimine toutes sorte de source d'erreurs. Alors, on a proposé de gérer la rotation du plateau diviseur mécanique par un moteur pas à pas commandé par une carte Raspberry Pi3 à écran tactile par le biais d'un programme en micro-python ; c'est ce qu'on appelle un diviseur électromécanique.

Chapitre II

Choix du moteur approprié à la commande

Chapitre II : Choix du moteur approprié à la commande

II.1. Introduction

Les axes mécaniques sont souvent mis en rotation par des machines électriques rotatives, qui à leur tour sont divisées en plusieurs types. Chaque sommeil a des avantages et des inconvénients. Donc pour tourner l'axe du plateau diviseur, il faut choisir le moteur électrique adéquat. Pour cela, on a passé par deux stades. Premièrement, on a fait une étude critique des moteurs les plus courants (moteurs alternatifs, moteurs à courant continue et moteur pas à pas) à partir de leurs caractéristiques (avantages et inconvénients) pour prendre une idée générale sur ces moteurs. Deuxièmement, on s'est référé au cahier des charges qu'on a déjà proposé. Au final, on a choisi le moteur le plus adéquat pour notre projet. Ce dernier a été bien décrit.

II.2. Etude critique des moteurs électriques

On va citer les types des moteurs le plus courants avec une petite définition de chacun d'entre eux tout en donnant leurs avantages et inconvénients.

II.2.1. Moteurs à courant alternatif

Les moteurs à courant alternatif bénéficient d'une grande flexibilité en termes de fonctionnalités, telles que le contrôle de vitesse et sont largement utilisés dans l'industrie, qui à leur tour sont divisés en différents types :

II.2.1.1. Moteur synchrone

Dans ce type de moteur, la rotation du rotor est synchronisée avec la fréquence du courant d'alimentation et la vitesse reste constante sous charges variables, ce qui le rend idéal pour du matériel de pilotage à vitesse constante, et il est utilisé dans les appareils de positionnement de grande précision comme les robots, l'instrumentation, les machines et le contrôle de processus [4].

II.2.1.2. Moteur à induction (asynchrone)

Ce type de moteur utilise l'induction magnétique du bobinage statorique pour produire un courant électrique dans le rotor et donc du couple. C'est le type de moteur à courant alternatif le plus courant et important dans l'industrie du fait de sa capacité de charge. Les moteurs à induction monophasés sont principalement utilisés pour de plus petites charges, comme dans les appareils électroménagers, tandis que les moteurs à induction triphasés sont d'avantage utilisés dans les applications industrielles telles que les compresseurs, pompes, systèmes de convoyeurs et le matériel de levage [3][4].

Chapitre II : Choix du moteur approprié à la commande

Avantages	Inconvénients
Accélération contrôlée	Réglage de position un peu difficile
Vitesse de fonctionnement ajustable	Les moteurs à courant alternatif occupent un assez grand espace (trop gros)
Courant de démarrage contrôlé	Les moteurs à courant alternatif sont couteux
Limite de couple ajustable	Démarrage directe sur le réseau impossible (MS)

Tableau II.1: Avantages et inconvénients des moteurs alternatifs.

II.2.2. Moteurs à courant continu

Les moteurs à courant continu représentent le premier type de moteur largement utilisé et les coûts initiaux des systèmes (moteur et variateur) ont tendance à être moins élevés que les systèmes c.à.d. ; pour des appareils de faible consommation, mais avec des appareils de plus grande consommation, les frais d'entretien généraux augmentent et devraient être pris en compte. La vitesse des moteurs à courant continu peut être contrôlée en variant la tension d'alimentation et ces moteurs sont disponibles dans une large gamme de tension. Cependant, les tensions les plus utilisées sont 12 et 24 V. Les deux types les plus courants sont :

II.2.2.1. Moteurs à balais

Ils représentent le type de moteur le plus classique et sont généralement utilisés pour des applications à faible budget, dans lesquelles le système de commande est relativement simple, telles que des applications grand public, et pour des équipements industriels basiques.

Ce type de moteur peut être décomposé comme suit :

II.2.2.1.1. A excitation série

Le bobinage du stator est connecté en série au bobinage du rotor. La contrôle de la vitesse est effectué en variant la tension d'alimentation. Cependant, ce type de moteur offre un contrôle médiocre de la vitesse et lorsque le couple moteur augmente, sa vitesse chute. Ces moteurs sont utilisés dans les applications exigeant un couple de démarrage élevé comme les automobiles, les palans, ascenseurs et grues [4].

II.2.2.1.2. A excitation shunt

Ce type de moteur possède une tension d'alimentation et le bobinage du stator est connecté en parallèle au bobinage du rotor et peut fournir un couple plus élevé, sans

Chapitre II : Choix du moteur approprié à la commande

réduction de vitesse lors d'une augmentation du courant de moteur. Son couple de démarrage est moyen avec une vitesse constante, il convient donc aux applications telles que les tours, aspirateurs, convoyeurs et meuleuses [4].

II.2.2.1.3. A excitation mixte

Ce type de moteur combine la structure à excitation série et celle du bobinage parallèle "shunt". Ainsi la polarité du bobinage shunt s'ajoute aux champs en série. Ce type de moteur possède un couple de démarrage élevé et offre une large variation de vitesse. Il est utilisé pour piloter des compresseurs, pompes centrifuges à tête variable, presses rotatives, scies circulaires, machines de cisaillement, ascenseurs et carrousels à bagages [4].

II.2.2.1.4. Moteur à aimant permanent

Plutôt qu'un électroaimant, comme son nom l'indique, un aimant permanent est utilisé dans des applications où une commande précise et un couple faible sont nécessaires, telles que dans la robotique et les servo- systèmes [4].

Avantages	Inconvénients
Installation facile	Entretien du système balais-collecteur (forte dégradation)
Coûts très faible (moteur à balais)	Les ruptures successives de contact
Grande facilité de variation de vitesse	Génèrent des parasites dans le circuit d'alimentation
Commande de vitesse dans une large gamme	

Tableau II.2: Avantages et inconvénients des moteurs à courant continue à balais.

II.2.2.2. Moteur sans balais

Les moteurs sans balais (brushless) réduisent certains problèmes liés aux moteurs à balais les plus courants (durée de vie limitée pour des applications à usage intensif) et leur conception mécanique est beaucoup plus simple (sans balais). Le contrôleur de moteur utilise des capteurs à effet Hall pour détecter la position des rotors, et le contrôleur peut ainsi commander le moteur de façon précise via le courant dans les bobines du rotor pour réguler la vitesse. Ces types de moteurs sont généralement utilisés dans le contrôle de positionnement et

Chapitre II : Choix du moteur approprié à la commande

de vitesse avec des applications telles que les ventilateurs, pompes et compresseurs, ce qui nécessitent la fiabilité et la robustesse [3].

Avantages	Inconvénients
Une longue durée de vie	Des contrôleurs plus compliqués
Peu d'entretien et un haut rendement (85-90 %)	Les moteurs brushless sont des coûts élevés

Tableau II.3: Avantages et inconvénients des moteurs à courant continu sans balais.

II.2.2.2.1. Moteur pas à pas

Ils font partie de la catégorie des moteurs brushless. Ils sont principalement utilisés dans le contrôle de position en boucle ouverte, avec des utilisations allant des imprimantes jusqu'à des applications industrielles telles que les équipements de placement à grande vitesse.

Avantages	Inconvénients
Coût très bas du moteur pas à pas	Décrochement. Le couple utile chute fortement dès 100 tr/min
Couple de maintien à l'arrêt même sans alimentation	Le bruit et les vibrations
Le moteur pas à pas est très simplifié	La puissance limitée quelques centaines de W

Tableau II.4: Avantages et inconvénients des moteurs pas à pas.

II.3. Cahier des charges

Dans notre cahier des charges, on a cité des conditions qu'il faut les respecter pour obtenir la meilleure solution possible qui est à la fois facile, simple, rapide et moins cher. Les critères principaux de choix sont :

- Possibilité de Fixation,
- Encombrement faible,
- Commande numérique simple,
- Grande précision de commande,
- Le délai de réalisation ne dépasse pas trois mois pour un monôme.
- Le coût du matériel et de l'équipement ne dépasse pas 15000 DA.

Chapitre II : Choix du moteur approprié à la commande

II.4. Comparaison et choix du moteur adéquat selon le cahier des charges

CDC/Moteur	MCC	MAS/MS	M P à P	MBS
Possibilité de fixation	Possible	Possible	Possible	Possible
Encombrement	Petite	Petite	Petite	Petite
Commande Numérique	Moyenne	Complexe	Simple	Complexe
Précision	Moyenne	Petite	Grande	Grande
Coût	Faible	Moyen	Faible	Grande
Choix du moteur	×	×	✓	×

Tableau II.5 : Tableau de combinaison et choix du moteur adéquat selon le cahier des charges fonctionnel (CDCF)

Après avoir comparé les différents moteurs sur la base de leurs avantages et inconvénients, nous avons choisi le moteur pas à pas, qui est le plus efficace pour notre projet. Parce qu'il a les caractéristiques et les avantages énumérés dans le cahier des charges (Petit encombrement, peu coûteux...) et plus que ça il a regroupé les avantages du moteur à courant continu et du servomoteur.

En effet, il est très précis dans son mouvement et est capable de faire plus d'un tour. C'est pourquoi ils sont utilisés dans de nombreux domaines où le mouvement à un certain angle est nécessaire, par exemple les disques durs, la robotique, les antennes, les télescopes et certains jouets. Les moteurs pas à pas ne peuvent pas fonctionner à des vitesses élevées, mais ont un couple de maintien élevé.

II.5. Description du moteur pas à pas

II.5.1. Définition du moteur pas à pas

Le moteur pas à pas est un moteur qui tourne en fonction des impulsions électriques reçues dans ses bobinages. L'angle de rotation minimal entre deux modifications d'impulsions électriques s'appelle un pas. Il se caractérise par le nombre de pas par tour (c'est à dire pour 360°) [5].

II.5.2. Alimentation des bobinages

Selon l'alimentation des bobinages on trouve deux types de moteur pas à pas :

Chapitre II : Choix du moteur approprié à la commande

II.5.2.1. Moteur unipolaire

Il a en général 6 fils. Les bobinages d'un moteur unipolaire sont alimentés toujours dans le même sens par une tension unique d'où le nom d'unipolaire. [5]

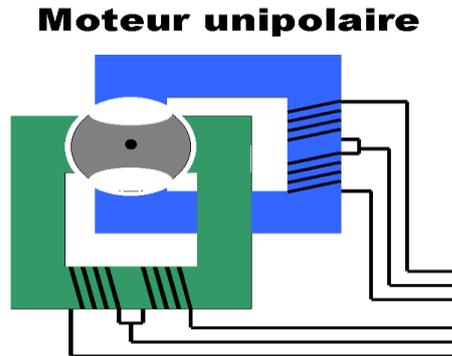


Figure II.1: Moteur unipolaire .

II.5.2.2. Moteur bipolaire

Il a en général 4 fils, Les bobinages d'un moteur bipolaire sont alimentés une fois dans un sens, une fois dans l'autre sens. Ils créent une fois un pôle nord, une fois un pôle sud d'où le nom de bipolaire [5].

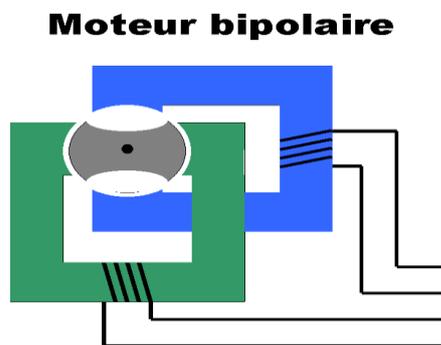


Figure II.2: Moteur bipolaire.

II.6. Principaux types de moteurs pas à pas

On va parler des trois principaux types de moteurs pas à pas décrits sur la Figure II.3. Cette diversité est due à la différence entre les constructions du moteur pas à pas.

- Les moteurs pas-à-pas à réluctance variable,
- Les moteurs pas-à-pas à aimants permanents,
- Les moteurs pas à pas hybrides.

Chapitre II : Choix du moteur approprié à la commande

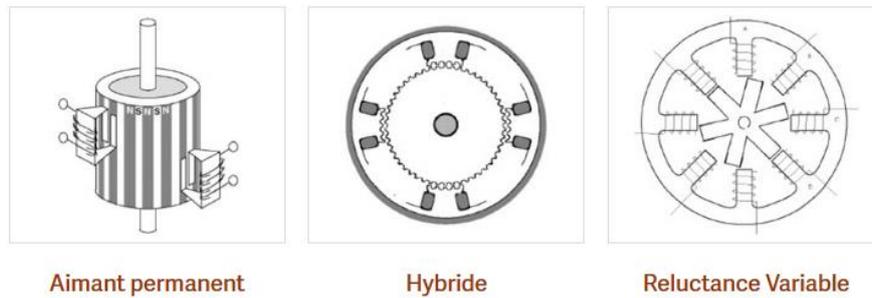


Figure II.3: Les trois types de moteurs pas à pas.

II.6.1. Moteur pas-à-pas à réluctance variable MRV

Il est constitué d'un rotor plein en fer doux muni de pôles saillants non aimantés. Le stator est semblable à celui d'un moteur à courant continu à excitation avec des épanouissements polaires et une bobine sur chaque pôle. Le stator est souvent triphasé. Le nombre de systèmes de pôles est le plus souvent 6 ou 12 [6].

II.6.2. Moteur pas à pas à aimants permanents MP

C'est le modèle est le plus simple dans son fonctionnement. Sa constitution est très simple. La rotation est obtenue en contrôlant l'alimentation des bobines ainsi que le sens du courant dans celles-ci.

Il est constitué d'un rotor aimanté en ferrite à plusieurs paires de pôles (couramment 6 ou 12) et de deux stators indépendants comportant chacun une bobine cylindrique et des pièces polaires en tôle découpée donnant autant de paires de pôles qu'il y en a sur le rotor. C'est un moteur de construction économique et de performances modestes. Il n'est fabriqué que pour de petites puissances (< 10 W) [6].

II.6.3. Moteur pas-à-pas hybride MH

C'est une combinaison des deux modes de construction. On utilise un rotor aimanté à pôles saillants et un stator aussi à pôles saillants. Chaque pôle (ils sont le plus souvent 8) reçoit un enroulement et ceux-ci sont associés un pôle sur deux de façon à constituer deux enroulements diphasés. Le rotor et le stator sont pourvus d'encoches constituant autant de petits pôles mais le pas angulaire est différent au stator et au rotor, de sorte que seuls certains micro pôles se correspondent. Par exemple, le rotor comporte 50 dents, et le stator a un pas de $1/48$ de tour entre deux dents. Ceci provoque un effet de vernier qui multiplie le nombre

Chapitre II : Choix du moteur approprié à la commande

apparent de pôles de sorte à avoir le plus souvent 50 systèmes de pôles. C'est pourquoi on les appelle parfois "moteurs vernier".

Ces moteurs ont une plus grande puissance massique que les précédents et tournent plus lentement à cause du nombre de pôles, ce qui est très souvent avantageux car l'entraînement direct de la charge (sans réducteur) est souvent possible. De plus, ils fonctionnent sur une large gamme de vitesses et existent pour des puissances variées, de 1 W à 1 kW.

Un nouveau mode de construction comporte un rotor en forme de disque passant dans l'entrefer du stator. Le rotor lisse comporte 25 paires de pôles ce qui rend ce type de moteur comparable avec les types traditionnels mais avec des performances plus élevées, en particulier une très faible inertie qui permet de très grandes accélérations.

Les moteurs hybrides sont les plus répandus actuellement pour les applications qui demandant une précision et une puissance moyennes [6].

II.7. Modes de commande d'un moteur pas à pas

A chaque impulsion du signal de commande correspond au niveau du rotor un déplacement angulaire défini appelé « pas » ou « incrément mécanique ».

II.7.1. Mode pas entier

Chacune des phases est alimentée seule par un créneau de courant (ou de tension) sans chevauchement avec la phase voisine. Avec une alimentation bipolaire de chaque phase et compte tenu de la possibilité d'inverser le courant, il y a alors 4 positions stables par période électrique. Ce fonctionnement est appelé « pas entier ». Si on alimente les deux phases en même temps et en supposant que les couples électromagnétiques de chaque phase alimentée à courant constant sont sinusoïdaux de la position, ces couples se combinent pour donner une sinusoïde intermédiaire d'amplitude 2 fois plus grande [7].

II.7.2. Mode demi-pas

Si maintenant, on combine les 8 possibilités (une seule phase alimentée, puis deux avec des courants tantôt positifs et tantôt négatifs), on obtient 8 positions stables par période électrique, les courants de phase comportent deux paliers nuls d'un huitième de période. Il s'agit du mode $\frac{1}{2}$ pas, un moteur 48 pas par tour (2 phases et 12 paires de pôles), permet d'obtenir 96 $\frac{1}{2}$ pas par tour [7].

Chapitre II : Choix du moteur approprié à la commande

II.7.3. Mode micro-pas

Pour ce fonctionnement, le circuit de puissance génère des courants variables dans les bobines durant chaque séquence. Le champ résultant est la composition vectorielle des champs créés par les 2 bobines. En faisant varier par échelon le courant dans les bobines, on crée un champ résultant qui semble glisser d'un pas à autre.

La grandeur des pas est réduite. Les circuits pour micropas divisent les pas moteur jusqu'à 500 fois. Les courants dans les 2 bobines ressemblent à 2 courants alternatifs décalés de 90° [8].

II.8. Caractéristiques de fonctionnement en pas à pas

Le fonctionnement en pas entier est caractérisé par un ensemble de déplacements élémentaires successifs séparés par positions d'équilibres stables.

II.8.1. Angle de pas

C'est l'angle nominal θ_p entre deux positions adjacentes de rotation. Cet angle est défini par les constructeurs et il est donné par :

$$\theta_p = \frac{m Z_r}{360} \quad (\text{II.1})$$

m : Nombre de phases.

Z_r : nombre de dents rotorique.

II.8.2. Angle de charge

A vide, pour une alimentation donnée, nous observons un certain nombre de positions d'équilibre du moteur. Lorsque celui-ci est en charge, ces positions se déplacent. L'écart entre ces positions d'équilibre et les précédentes est appelé angle de charge.

II.8.3. Couple de maintien

C'est le couple maximal fourni par le moteur excité de façon statique.

II.8.4. Couple de détente

C'est le couple disponible sur l'arbre d'un moteur polarisé non alimenté. Il est dû à la Variation de la réluctance provoquée par la saillante du stator. Ce couple est souvent dix fois moins que le couple de maintien [9].

Chapitre II : Choix du moteur approprié à la commande

II.8.5. Couple statique

C'est le couple disponible sur l'arbre du moteur, lorsque celui-ci est excité de façon statique. En première approximation, toutes les structures des moteurs pas à pas présentent une caractéristique de couple sinusoïdale en fonction de la position [9].

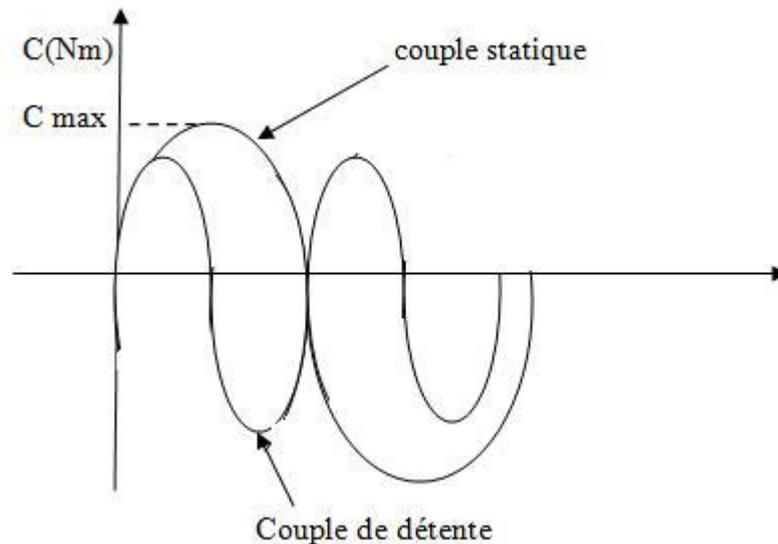


Figure II.4: Couple statique et couple de détente.

II.9. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons fait une étude critique des moteurs électriques courants à savoir les moteurs à courant alternatif et à courant continu que ce soit à balais ou sans balais (pas à pas). Sur la base des exigences de notre cahier des charges, les différentes variantes ont été critiquées et le choix a porté sur un moteur pas à pas. Ensuite, ce dernier est décrit. Puis, on a expliqué comment alimenter les bobinages des moteurs unipolaires et bipolaires. Les différents types de moteurs pas à pas sont succinctement décrits. Les modes de commande d'un moteur pas à pas ; à savoir en pas entier, en demi-pas et en micro-pas sont brièvement expliqués. Reste à signaler qu'on n'a pas oublié de donner les caractéristiques de fonctionnement en pas à pas à savoir : l'angle de pas, l'angle de charge, les couples de maintien et de détente et le couple statique. Après cette synthèse, on pourrait passer à la commande du moteur pas à pas à l'aide d'une carte Raspberry Pi3 en conjonction avec le driver moteur DRV8825.

Chapitre III

Adaptation et commande du diviseur mécanique

Chapitre III : Adaptation et commande du diviseur mécanique

III.1. Introduction

Après avoir choisi le bon moteur, on va maintenant passer à la partie pratique qui consiste à adapter le plateau diviseur mécanique du Hall de technologie de l'université de Jijel de telle sorte qu'il soit commandé électriquement ; d'où l'appellation diviseur électromécanique. La commande de la division sur la broche du diviseur mécanique est assurée à l'aide d'un moteur pas à pas bipolaire piloté par un driver de commande en micro-pas géré par une carte Raspberry Pi3 sous micopython. A noter qu'une adaptation a été faite au niveau de l'axe du pointeau-manivelle afin qu'on puisse transmettre par courroie le mouvement du moteur pas à pas au diviseur mécanique. Le déroulement pratique de l'adaptation et de la commande sont décrits étape par étape dans ce chapitre.

III.2. Description de la carte Raspberry Pi3

Raspberry Pi3 est un petit ordinateur sous système d'exploitation Linux et sur carte SD destinée à des applications d'informatique embarquée. Raspberry Pi3 peut être directement connecté à une IHM classique, souris/clavier/écran HDMI ou vidéo composite. Cependant, comme tout ordinateur Linux, Raspberry Pi3 peut intégrer ses propres outils de développement et une interface homme-machine reposant sur un contrôlable depuis un autre ordinateur par Ethernet ou WIFI. Le connecteur d'extension supporte les entrées/sorties parallèles ainsi que la plupart des bus de communication. C'est un support particulièrement économique et puissant qui peut être facilement mis en œuvre dans de petits systèmes nécessitant un accès au monde physique par des capteurs/actionneurs disposants d'interfaces numériques.

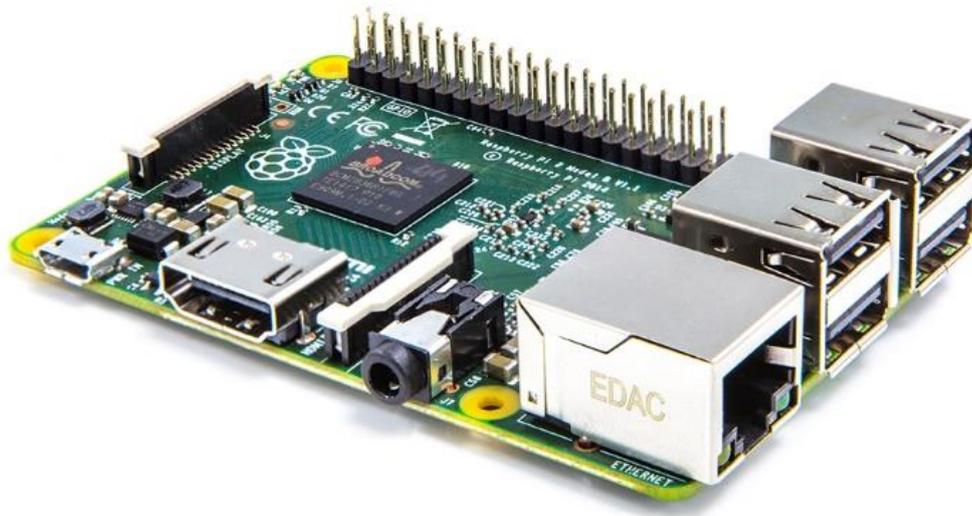


Figure III.1: Carte Raspberry Pi3.

Chapitre III : Adaptation et commande du diviseur mécanique

Dans notre projet, on a utilisé la carte Raspberry Pi3 model B, du laboratoire de génie électrique de l'université de Jijel, sous système d'exploitation Raspbian qu'on a chargé et installé en utilisant d'une carte mémoire. L'affichage de l'interface se fait sur un écran tactile compatible.

III.2.1. Connecteur d'extension de Raspberry Pi3

L'essentiel des essais utilisent le connecteur d'extension de la carte Raspberry Pi3. Il est nécessaire de câbler correctement les périphériques sur ce connecteur. Le connecteur GPIO supporte les GPIO (entrées/sorties binaires) mais également les sorties PWM, les périphériques de communication (UART, I2C, SPI) et les alimentations 5v et 3V3. Les broches peuvent avoir des fonctions différentes suivant qu'elles sont activées en tant que GPIO ou périphérique de communication. Certaines possèdent des résistances de pull-up donnant un bit à 0 dominant et un bit à 1 récessif.



Figure III.2: Pins du Raspberry Pi3.

III.2.2. Langage de programmation

Le langage de programmation officielle qui a été pris en charge comme langue d'apprentissage éducatif sur le Raspberry Pi3 est le Python. Python est d'ailleurs installé par défaut sur Raspbian. Cependant, n'importe quel langage de programmation qui se compilera sur processeur (ARMv6) peut être utilisable comme moyen de développement sur le Raspberry Pi3.

III.3. Description du driver DRV8825

Le DRV8825 intègre un limiteur de courant actif et réglable. Vous disposez également d'une protection contre les sur intensités, la surchauffe avec 6 résolutions de micro-

Chapitre III : Adaptation et commande du diviseur mécanique

stepping (jusqu'au 1/32 de pas). Il fonctionne entre 8.2 et 45 V et sais délivrer approximativement 1.5 A par phase sans refroidissement (par refroidisseur ou air forcé - conçu pour 2.2A par bobine en utilisant un système de refroidissement efficace/adéquat).

Ce pilote est capable de contrôler un moteur pas-à-pas bipolaire avec un courant allant jusqu'à 2.2 A par bobine.



Figure III.3: Driver DRV8825 avec son refroidisseur.

Les entrées de sélecteur de résolution (taille du pas) (MODE0, MODE1 et MODE2) permettent la sélection parmi les six résolutions de pas selon le tableau ci-dessous. Les trois entrées du sélecteur ont des résistances internes de 100 k Ω , de sorte que le fait de laisser ces trois broches de sélection de micro pas déconnectées se traduit par un mode pas à pas. Pour que les modes micro pas fonctionnent correctement, la limite de courant doit être réglée assez bas (voir ci-dessous) pour que la limitation de courant soit activée. Sinon, les niveaux de courant intermédiaires ne seront pas maintenus correctement et le moteur sautera le micro pas.

M0	M1	M2	Résolution du micro pas
0	0	0	Pas complet (valeur moteur)
1	0	0	1/2 pas
0	1	0	1/4 de pas
1	1	0	1/8 de pas
0	0	1	1/16 de pas
1	0	1	1/32 de pas
0	1	1	1/32 de pas
1	1	1	1/32 de pas

Tableau III.1 : Paramètres de résolution du micro pas pour le pilote moteur DRV8825.

Chapitre III : Adaptation et commande du diviseur mécanique

Pour paramétrer ces micros pas, il suffit de déplacer des cavaliers ou des switches situés par groupes de 3 sous les emplacements des pilotes. Un circuit fermé = 1 et ouvert = 0

Il faut adapter le courant limite délivré par la carte au moteur. Cette opération est facilitée par la relation qui existe entre la tension mesurable au point de référence et le courant délivré au moteur.

$$I_{limit} = V_{REF} \times 2 \quad (III.1)$$

Pour mesurer cette tension " V_{REF} ", on doit placer le stylet positif du voltmètre sur le point de référence, et le négatif sur la broche indiquée "GND" à l'angle de la carte (Voir ci-dessous).

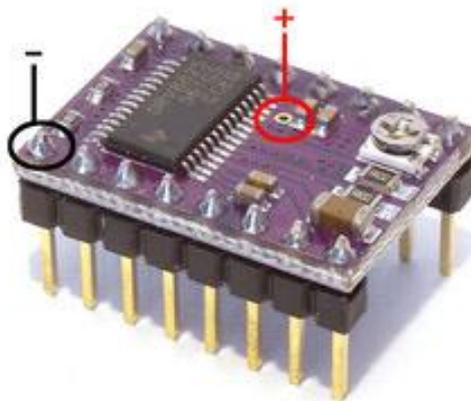


Figure III.4: Mesure de V_{REF} sur DRV8825.

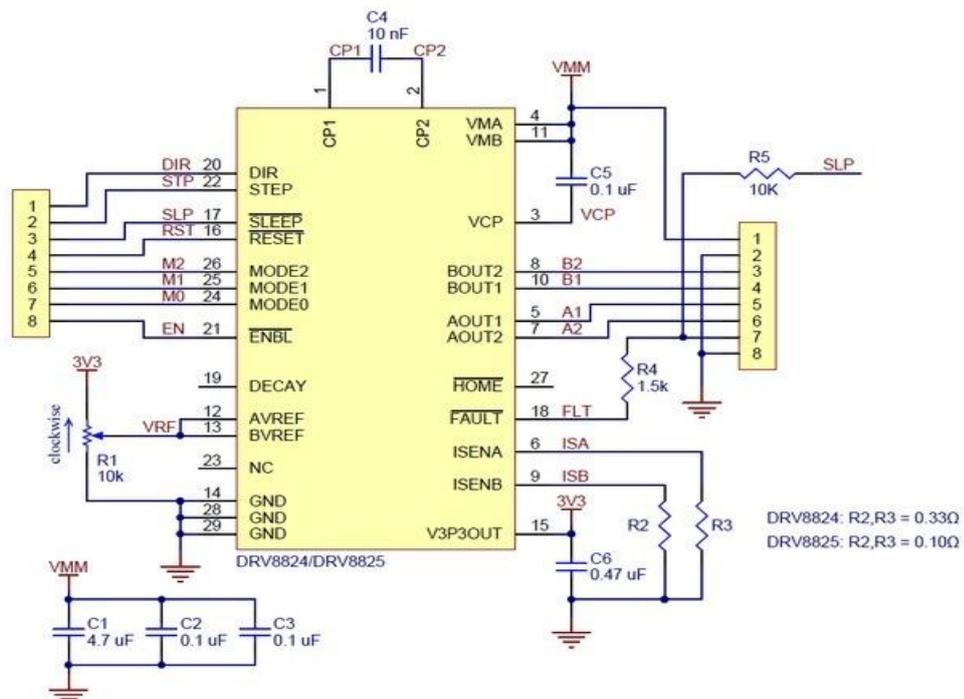


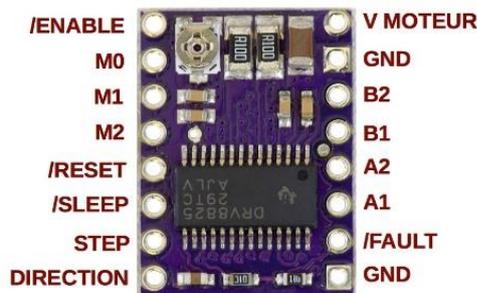
Figure III.5: Schéma du support de moteur pas à pas md20a DRV8825.

Chapitre III : Adaptation et commande du diviseur mécanique

Pour régler plus facilement la bonne valeur, il y a une astuce : on peut aussi prendre la tension sur le potentiomètre qui a la même valeur que le point de référence. Cela offre la possibilité de lire dynamiquement l'effet du réglage en cours d'ajustement, à condition de munir la pointe de votre stilet d'une pince, et de placer cette pince sur la tige métallique de votre tournevis.

III.4. Câblage du moteur avec le driver et le Raspberry Pi3

Les moteurs pas à pas bipolaires ont une seule bobine par phase et nécessitent des circuits de contrôle plus compliqués (typiquement un pont en H pour chaque phase). Le DRV8825 possède les circuits nécessaires pour commander un moteur pas à pas bipolaire. Les moteurs pas à pas bipolaires ont généralement quatre fils, deux pour chaque



bobine.

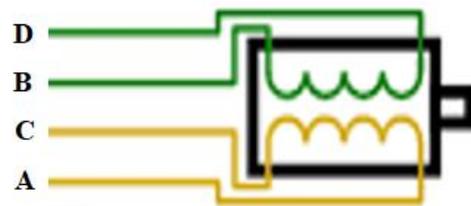


Figure III.6: DRV8825.

Figure III.7: Moteur Pas à pas bipolaire.

La Figure III.6 montre un moteur pas à pas bipolaire standard. Pour le contrôler avec le DRV8825, connectez les fils pas à pas A et C aux sorties A1 et A2, respectivement, et les fils pas à pas B et D aux sorties B1 et B2, respectivement. Notez que si vous changez de câble de façon à ce que les fils soient connectés à une bobine, le moteur pas à pas tournera dans la direction opposée.

Les sorties GND représentent la masse dans un circuit électrique ; c'est est la branche de référence des potentiels électriques. Dans la grande majorité des cas, le potentiel électrique de cette branche est la référence 0 V du circuit considéré.

Les sorties /RESET et /SLEEP sont connectées à l'alimentation de la carte Raspberry de 3.3 V, et les autres entrées du driver (M0, M1, M2 et DIRECTION) sont connectées aux entrées/sorties de la carte Raspberry Pi3.

Chapitre III : Adaptation et commande du diviseur mécanique

Le driver nécessite une tension d'alimentation du moteur entre 8,2 et 45 V à connecter entre VMOT (voltage motor) et GND (Ground) ; 12 V dans notre cas. Cette alimentation doit avoir un condensateur de $100\mu F$ 100V.

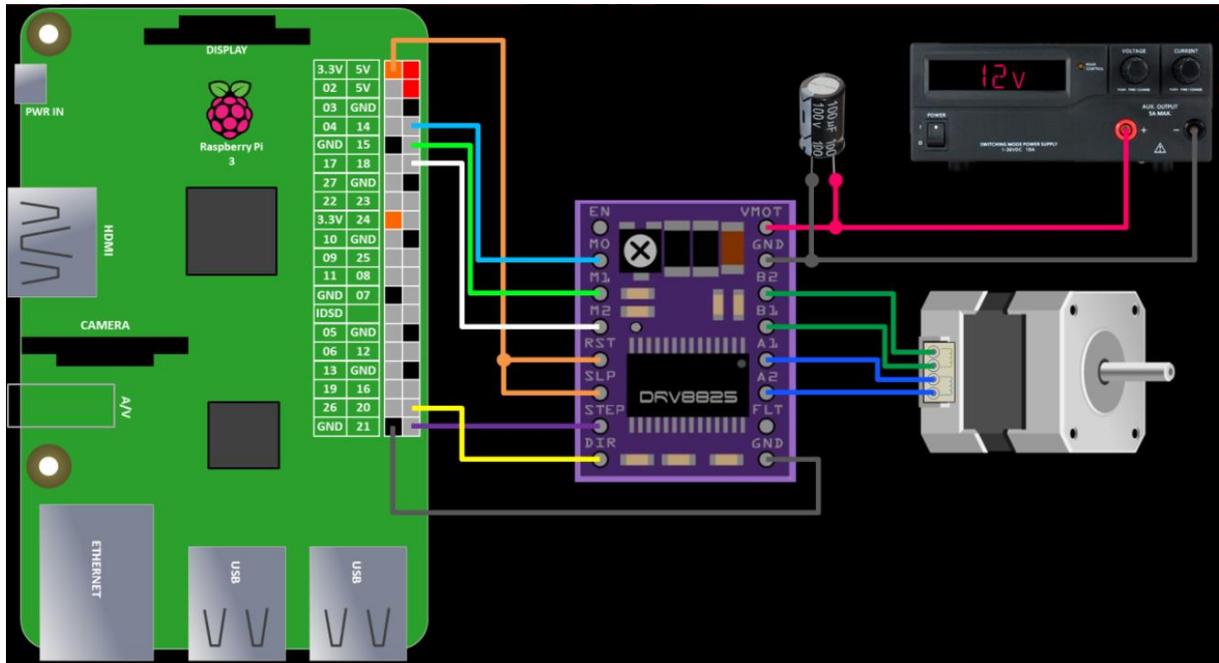


Figure III.8: Schéma de câblage moteur pas à pas, DRV8825 et Raspberry Pi3.

III.5. Programme de commande

On a chargé un programme python à la carte Raspberry Pi3 liée au pilote DRV8825 afin de contrôler notre moteur pas à pas. Le programme de commande en pas entier est le suivant :

```
from time import sleep
import RPi.GPIO as GPIO

DIR = 20 # la Direction GPIO Pin
STEP = 21 # le pas GPIO Pin
CW = 1 # Rotation dans le sens horaire
CCW = 0 # Rotation dans le sens antihoraire
SPR = 200 # Nombre de pas (360 / 1.8 pour un tour complet)

GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(DIR, GPIO.OUT)
GPIO.setup(STEP, GPIO.OUT)
GPIO.output(DIR, CW)

step_count = SPR * 32
delay = .0108 / 32 # pour régler la vitesse du moteur
```

Figure III.9: Programme de commande en pas entier.

Chapitre III : Adaptation et commande du diviseur mécanique

```
MODE = (12, 16, 6) # Résolution Microstep GPIO Pins
GPIO.setup(MODE, GPIO.OUT)
RESOLUTION = {'Full': (0, 0, 0),
              'Half': (1, 0, 0),
              '1/4': (0, 1, 0),
              '1/8': (1, 1, 0),
              '1/16': (0, 0, 1),
              '1/32': (1, 0, 1)}
GPIO.output(MODE, RESOLUTION['1/32'])
```

Figure III.10: Programme de commande en micro pas.

```
#Pour la rotation dans le sens antihoraire
GPIO.output(DIR, CCW)
for x in range(step_count):
    GPIO.output(STEP, GPIO.HIGH)
    sleep(delay)
    GPIO.output(STEP, GPIO.LOW)
    sleep(delay)
```

Figure III.11: Programme pour la rotation en sens anti-horaire.

Pour tailler n'importe qu'elle nombre de division, il faut juste changer la valeur de Z au programme python donné en annexe.

III.6. Détermination du couple-diviseur

D'abord on a déterminé la force qu'il faut appliquer sur la manivelle pour tourner le plateau diviseur en utilisant un dynamomètre ; la valeur de $F = 7 N$. alors, le couple minimal qu'il faut appliquer à l'entrée du plateau diviseur est donné par :

$$C = F \times B \quad (III.2)$$

Sachant que C est le couple en Nm, F est la force en N et B est le bras de la manivelle en m.



Figure III.12: Mesure de la force minimale pour tourner le diviseur par dynamomètre.

Chapitre III : Adaptation et commande du diviseur mécanique

On a multiplié la valeur de la force (7 N) par (0.1 m) qui représente la longueur du bras de la manivelle, on a eu : $C = 0.7\text{ Nm}$.

III.7. Couple du moteur

On a calculé le couple de notre moteur pas à pas à partir de cette formule :

$$P = V \times I = C \times \omega \Rightarrow C = P/\omega \quad \text{avec : } \omega = (2\pi N_m)/60$$

Sachant que :

- P : La puissance en watt
- N_m : La vitesse de rotation en tr/min du moteur pas à pas.
- ω : La vitesse de rotation en rad/s.

Par le biais du multimètre et du tachymètre, on a mesuré la valeur de tension, du courant et de la vitesse de rotation N_m .



Figure III.13: Appareils de mesure : tachymètre et multimètre.



Figure III.14: Réglage de la tension d'alimentation à 12 v et mesure de la de rotation du moteur par tachymètre.

A partir de ces appareils et par vérification au multimètre, on a trouvé que :

Chapitre III : Adaptation et commande du diviseur mécanique

$V = 12 \text{ V}$: C'est réglée sur l'alimentation et vérifiée par multimètre.

$I = 0.50 \text{ A}$: Courant consommé par les bobines

$N_m = 88 \text{ tr/min}$: La vitesse de rotation du moteur pas à pas.

$$P = V \times I = 12 \times 0.50 = 6 \text{ W}$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot N_m}{60} = \frac{2 \times 3.14 \times 88}{60} = 9.21 \text{ rad/s}$$

$$C = \frac{P}{\omega} = 0.65 \text{ Nm}$$

Le couple du moteur (0.65 Nm) est inférieur au couple du plateau diviseur (0.7 Nm) qu'on a calculé auparavant. Donc, il est nécessaire d'utiliser une transmission de puissance pour augmenter le couple du moteur pas à pas.

III.8. Accouplement avec le diviseur

Il existe deux types de transmissions de puissance ou d'accouplements, le premier se fait sans changement de vitesse est appelé l'accouplement, et le deuxième se fait avec changement de vitesse entre axes parallèles.

Mais dans notre projet, on a choisi la transmission de puissance avec changement de vitesse ou de couple afin d'augmenter le couple du moteur pas à pas et assurer la rotation de l'axe du diviseur à partir de la rotation du moteur.

III.8.1. Transmission par poulies-courroie

Un système poulies-courroie permet de transmettre une puissance d'un arbre à autre. Les deux arbres peuvent être éloignés l'un de l'autre.

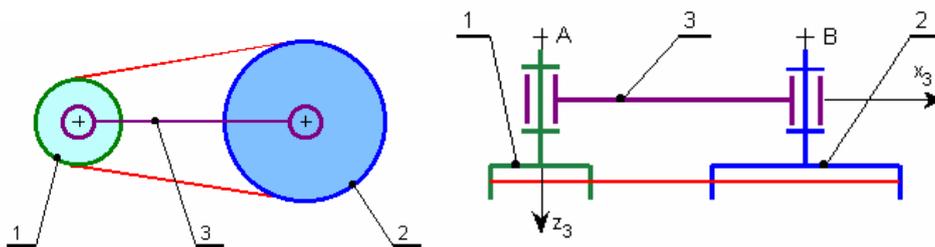


Figure III.15: Schéma cinématique d'une liaison par poulies-courroie.

1 : Petite poulie,

2 : Grande poulie,

3 : Bati,

A et B : Paliers des poulies 1 et 2 respectivement.

Chapitre III : Adaptation et commande du diviseur mécanique

III.8.1.1. Avantages

Le système de transmission par poulies-courroie permet :

- Pour un arbre moteur d'avoir plusieurs arbres récepteurs.
- Un montage économique et une maintenance aisée.
- D'amortir les vibrations et les chocs de transmission ce qui augmente la durée de vie des organes moteur et récepteur.
- D'assurer un fonctionnement silencieux.

III.8.1.2. Inconvénients

Les courroies ont une durée de vie systématique plus limitée que la plupart des organes mécanique. Il faut donc surveiller l'usure et prévoir un plan d'entretien périodique (Maintenance préventive) pour palier au vieillissement de la courroie.

III.8.1.3. Rapport de transmission

Voici la relation liant les couples et les vitesses de rotation :

$$R = \frac{\omega_{2/3}}{\omega_{1/3}} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{P_a \times z_1 / \pi}{P_a \times z_2 / \pi} = \frac{z_1}{z_2} \quad (\text{III.3})$$

- $\omega_{2/3}$: Vitesse de rotation de la pièce 2 par rapport au bâti 3.
- $\omega_{1/3}$: Vitesse de rotation de la pièce 1 par rapport au bâti 3.
- d_1 et d_2 : Diamètres primitifs des poulie 1 et 2 respectivement.

III.8.1.4. Couple moteur après la transmission

Dans notre application, on a ramené deux poulies ; une de nombre de dents $z_1 = 30$ dents et l'autre $z_2 = 42$ dents avec un pas $P_a=3$ mm (mesurée sur la courroie). Donc, on peut calculer le rapport de transmission poulies- courroie :

$$R = \frac{z_1}{z_2} = \frac{30}{42} = 0.71$$

Alors

$$C_1 = C = 0.65 \text{ Nm.}$$

Effort utile F_u est, en fait, l'effort que l'on désire transmettre et qui est donné par la poulie motrice.

$$F_u = \frac{2 C_1}{d_1} = \frac{2 \times 0.65}{28.66 \times 10^{-3}} = 45.36 \text{ N.}$$

$$C_2 = F_u \times \frac{d_2}{2} = 45.36 \times \frac{40.13 \times 10^{-3}}{2} = 0.91 \text{ Nm.}$$

Chapitre III : Adaptation et commande du diviseur mécanique

$$C_2 > 0.7 Nm.$$

On a maintenant un nouveau couple suffisant pour faire tourner l'arbre du plateau diviseur mécanique

III.8.1.5. Division à la sortie du plateau diviseur en fonction de l'angle de rotation du moteur pas à pas :

Nous savons que le plateau diviseur a un rapport de transmission d'un quarantième $R_d = 1/40$ et en plus, on a le rapport de transmission par courroie $R = 0.83$. Donc le rapport global étant : $R_g = R \times R_d = 0.71/40 = 71/4000 = 0.01775$.

$$\frac{N_b}{N_m} = \frac{71}{4000} \Rightarrow N_m = \frac{4000}{71} N_b = 56.34 N_b .$$

Pour avoir un tour de la broche (1 division), il nous faut 56.34 tours du moteur pas à pas.

Alors, le nombre de division Z de l'ébauche correspond à $56.34/Z$ tours du moteur pas à pas.

III.9. Adaptation des poulies sur les arbres du moteur et du plateau diviseur

III.9.1. Conception des pièces d'adaptation

On était obligé à faire une adaptation pour pouvoir insérer les deux poulies chacune à sa place. Pour cela, on a passé par la conception des pièces qu'on a utilisé pour l'adaptation des poulies sur les arbres du moteur et du plateau diviseur comme suit :

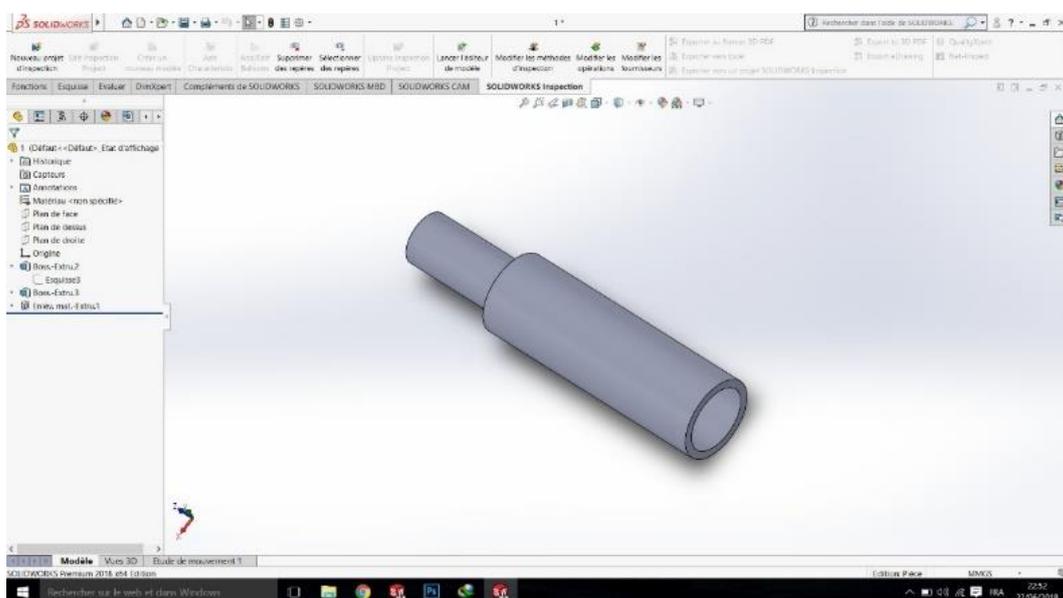


Figure III.16: Conception de la pièce à insérer sur l'arbre moteur.

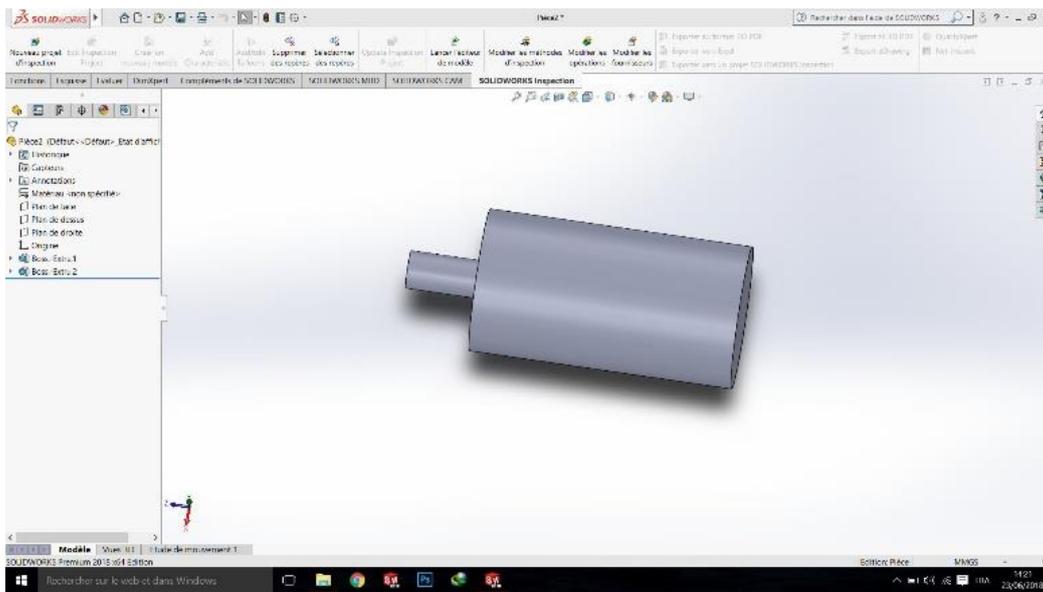


Figure III.17: Conception de la pièce à insérer sur l'axe du plateau diviseur.

III.9.2. Usinage des pièces d'adaptation des poulies crantées sur leurs arbres

Après avoir conçu les pièces sous SolidWorks, on a passé à leur usinage sur tour Junior EP1000 afin de les insérer pour adapter les poulies crantées (synchrones) sur leurs arbres correspondants. Les figures Figure III.18 et Figure III.19 sont des captures d'écran prises lors de l'usinage des pièces d'adaptation des poulies synchrones.



Figure III.18: Capture au cours de l'usinage de la pièce d'adaptation de la petite poulie crantée ($z_1 = 35$ dents).

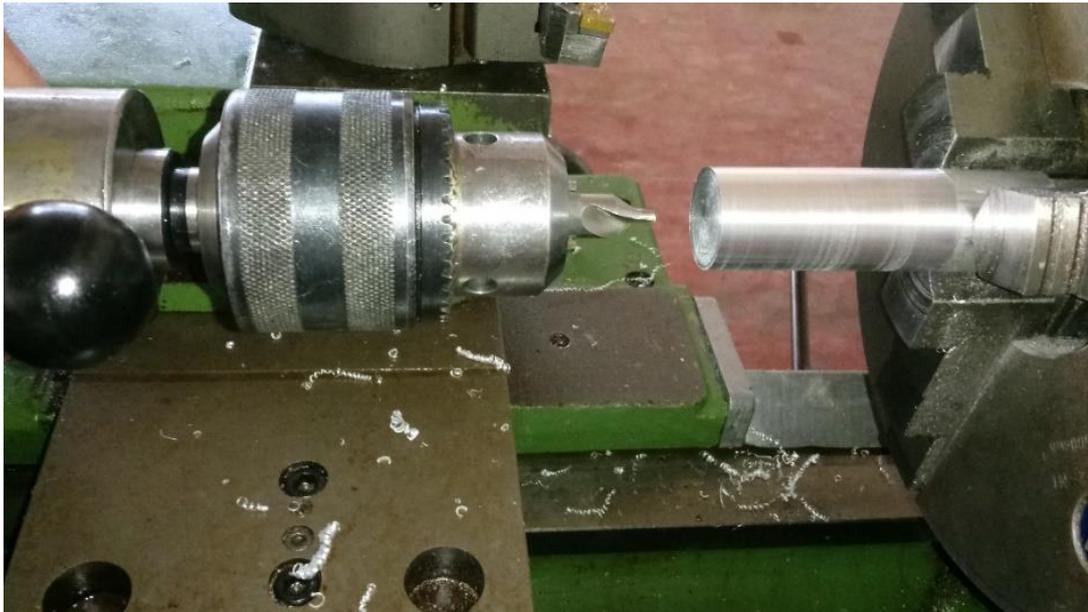


Figure III.19: Capture au cours de l'usinage de la pièce d'adaptation de la grande poulie crantée ($z_2 = 42 \text{ dents}$).

Enfin, on a eu une bonne adaptation des poulies sur les arbres du plateau diviseur et du moteur pas à pas. Le moteur pas à pas a été bien accouplé au plateau diviseur, Figure Figure III.20.



Figure III.20: Montage complet du diviseur électromécanique réalisé dans ce projet.

Chapitre III : Adaptation et commande du diviseur mécanique

III.10. L'essai de fonctionnement et de la précision du plateau diviseur après l'évolution

Après faire le montage des composants et l'adaptation pour l'accouplement du moteur pas à pas avec le plateau diviseur, on a chargé le programme par le Python dans la carte Raspberry pi 3.

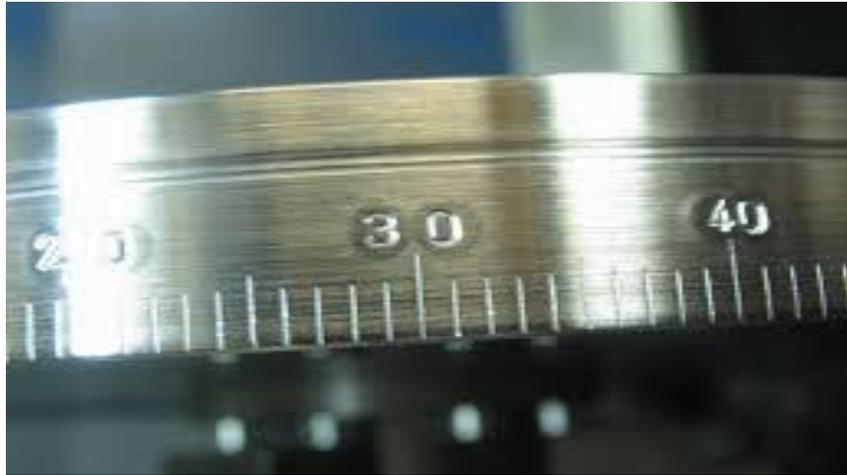


Figure III.21: Les gradients à la sortie du plateau diviseur plateau diviseur.

Au temps de marche on a calculé et estimé la précision à l'aide de gradients situés dans la sortie du plateau diviseur qui nous permet de calculer l'angle obtenu.

Les résultats sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

Nombre de division (Z)	L'angle (α) consigne	L'angle (α) obtenu
3	120°	120°
10	36°	36°
20	18°	18°

Tableau III.2 : Les essais de la précision du plateau diviseur après l'évolution.

Après cette évolution on a remarqué que le plateau diviseur donne des résultats bien précis de manière simple, nous pouvons gagner du temps et des efforts lorsque Quand nous l'utiliserons à l'avenir pour l'usinage des pièces mécaniques.

Chapitre III : Adaptation et commande du diviseur mécanique

III.11. Conclusion

Dans ce chapitre est dédié à la partie pratique de notre projet. On a commencé par la description de la carte Raspberry Pi3 et du langage de programmation Python utilisé. Ensuite, on a passé à la description du pilote DRV8825 du moteur pas à pas. Puis, on a décrit le câblage du moteur pas à pas avec le driver DRV8825 et le Raspberry Pi3. Des calculs de couple et de vitesse ont été faits afin de pouvoir commander la broche par le biais du moteur pas à pas. La solution de transmission par courroie crantée avec adaptation des poulies sur les arbres du moteur pas à pas et sur l'axe du diviseur a été expliqué dans ce chapitre.

L'accouplement du moteur pas à pas au plateau diviseur mécanique et la commande de la division par carte Raspberry Pi3 sous Python ont été réalisés avec succès.

On a essayé d'utiliser ce qui est disponible à l'université comme le plateau diviseur du Hall de technologie, la carte Raspberry Pi3 du laboratoire de génie électrique qu'on a utilisé pour la première fois à l'université de Jijel. On a aussi utilisé les machines-outils du hall de technologie pour faire l'adaptation des poulies sur leurs arbres et accoupler le moteur pas à pas au plateau diviseur mécanique. L'afficheur tactile et le driver DRV8825, vu qu'ils ne sont pas disponibles à l'université, on les a achetés.

Ce sujet vient d'instaurer l'esprit du travail en groupe entre les départements de la faculté des sciences et de la technologie de Jijel.

Conclusion générale

Conclusion générale

Notre travail porte sur la commande d'un plateau diviseur mécanique par un moteur pas à pas commandé en micro-pas à l'aide d'un driver DRV8825 et une carte Raspberry avec l'accouplement du moteur pas à pas au diviseur mécanique à l'aide d'une transmission par courroie crantée. Cela est dans le but de réduire la possibilité d'erreur et surmonter les difficultés rencontrées au calcul des divisions surtout à la méthode différentielle.

Dans ce mémoire, des calculs de couple et de vitesse ont été faits afin de pouvoir commander la broche par le biais d'un moteur pas à pas. La solution de transmission par courroie crantée avec adaptation des poulies sur les arbres du moteur pas à pas et sur l'axe du diviseur a faite avec succès. L'accouplement du moteur pas à pas au plateau diviseur mécanique et la commande de la division par carte Raspberry Pi3 sous Python ont été aussi réalisés.

On a essayé d'utiliser ce qui est disponible à l'université comme le plateau diviseur et les machines-outils du hall de technologie pour faire l'adaptation des poulies sur leurs arbres et accoupler le moteur pas à pas au plateau diviseur mécanique du Hall de technologie.

La carte Raspberry Pi3 du laboratoire de génie électrique a été utilisée pour la première fois à l'université de Jijel. En plus, on a pris du même laboratoire un moteur pas à pas bipolaire, un multimètre, un tachymètre et une alimentation stabilisée.

On a aussi utilisé, un afficheur tactile et un driver DRV8825 et vu qu'ils ne sont pas disponibles à l'université, on les a achetés à 3000 DA et 1000 DA respectivement.

On espère bien que ce travail sera affiné par d'autres futur étudiants en développant une interface de commande sous LabVIEW avec rajout de la commande à distance par WIFI ou Bluetooth à partir d'un Smartphone. Aussi, rendre la partie commande embarquée dans un boîtier convivial et étanche. Sachant que ce thème nous ouvre l'axe vers le pilotage des axes rotatifs en commande numérique et aussi la commande des bras manipulateurs en robotique.

Références bibliographiques

- [1] F. Barbachov, le fraisage, Moscou: Mir-Moscou, 1975.
- [2] E.Chouaïb, «Résumé théorique et guide de travaux pratiques».
- [3] H. B. Ahmed, «Les moteurs électriques pour applications de grande série» *ResearchGate*, p. 11, juin 2000.
- [4] Automatisme Industriel , «www.automatisme.ml,» [En ligne]. [Accès le mars 2018].
- [5] I.Djedouani. Belal, «Mémoire de Master ,Développement d'un Banc d'essai por l'étude est le diagnostic des moteurs à pas Hybrides,» Université de Tébessa, 2015 / 2016.
- [6] C.V.D.M. P.A.P Mémoire de master, «HASNAOUI Hichem,ZITOUNI Younes,» Université YAHIA FARES de MEDEA, 2012/2013.
- [7] B. Multon, «Moteurs pas a pas : Structures électromagnétiques et alimentations électroniques,» France, 2008.
- [8] M. Samoey, «sam.electroastro.pagesperso-orange.fr,» [En ligne]. [Accès le 09 Mai 2018/2017].
- [9] H. Z. Chorfi Hayet, «Mémoire de master , Réalisation d'un prototype de profileuse A base de microcontrôleur,» Université YAHIA FARES de MEDEA, 2012/2013.

Annexe

Programme de taillage des divisions commandées par moteur pas à pas

```
from time import sleep
import RPi.GPIO as GPIO
Z = 1      # Number of divisions
DIR = 20   # Direction GPIO Pin
STEP = 21  # Step GPIO Pin
CW = 1     # Clockwise Rotation
CCW = 0    # Counterclockwise Rotation
SPR = round(56.34*360/(Z*1.8))# Steps per Revolution (360 / 1.8)

GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(DIR, GPIO.OUT)
GPIO.setup(STEP, GPIO.OUT)
GPIO.output(DIR, CW)

step_count = SPR * 32
delay = .000108 / 32

for x in range(step_count):
    GPIO.output(STEP, GPIO.HIGH)
    sleep(delay)
    GPIO.output(STEP, GPIO.LOW)
    sleep(delay)

sleep(.5)
#GPIO.output(DIR, CCW)
#for x in range(step_count):
#    #GPIO.output(STEP, GPIO.HIGH)
#    #sleep(delay)
#    #GPIO.output(STEP, GPIO.LOW)
#    #sleep(delay)
#GPIO.cleanup()

MODE = (12, 16, 6) # Microstep Resolution GPIO Pins
GPIO.setup(MODE, GPIO.OUT)
RESOLUTION = {'Full': (0, 0, 0),
              'Half': (1, 0, 0),
              '1/4': (0, 1, 0),
              '1/8': (1, 1, 0),
              '1/16': (0, 0, 1),
              '1/32': (1, 0, 1)}
GPIO.output(MODE, RESOLUTION['1/32'])
```

Résumé

Dans le cadre de la recherche scientifique à l'université, nous avons réalisé le projet de fin d'études qui a pour but d'améliorer l'un des plus importants dispositifs mécaniques situé au département de Génie mécanique consacré au plateau diviseur mécanique. En effet, tout est fait manuellement ce qui exige une manipulation et une concentration énorme, la moindre petite erreur pourrait affecter le résultat final. Ce qui nous a incités à préparer ce projet afin de mettre fin à ce problème.

Nous avons divisé ce mémoire en trois grands chapitres : Le premier a été consacré à la définition du plateau diviseur mécanique ainsi que ces types, nous avons également mis le point sur les procédures manuelles et les erreurs qu'elles peuvent engendrer. Dans le deuxième chapitre nous avons présenté les solutions adéquates qui peuvent remplacer la méthode utilisée (manuelle) et ce sur les types de moteurs qui opèrent sous un courant continu ou alternatif. Nous avons présenté les avantages et les inconvénients de chacun afin d'opter pour la meilleure solution en se basant sur plusieurs critères (cahier de charges, temps ... etc.).

Le dernier chapitre a été consacré à la réalisation, on a expliqué le dispositif que la programmation de fonctionnement du moteur pas à pas en utilisant la carte Raspberry pi 3 avec Dvr8825 sous python.

Les mots clés : Raspbrry pi, plateau diviseur, moteur pas à pas, driver Dvr 8825

Abstract

Within the framework of the scientific research at the university, we realized the project of our Master which aims at improving one of the most important mechanical devices situated in the department of -Génie mécanique- faculty dedicated to the mechanical tray divisor. Indeed, everything is manually made what requires a manipulation and an enormous concentration; the slightest small error could affect the final result. What incited us to prepare this project to end this problem.

We divided this report into three big chapters: the first one was dedicated to the definition of the tray mechanical divisor as well as these types, we also put the point on the manual procedures and the errors which they can engender. In the second chapter we presented the adequate solutions which can replace the used method (manual worker) and it on the types of engines which operate under a direct or alternative current. We presented the advantages and the inconveniences of each to opt for the best solution by basing itself on several criteria (exercise book of loads, time ... etc.).

The last chapter was dedicated to the realization, we explained the device and the programming of stepper motor by using the Raspberry pi 3 card with Drr8825 by python.

Key word: Raspberry pi 3, the tray mechanical divisor, stepper motor, driver Dvr 8825.