

Faculté des Sciences et Techniques de Fès



Département de Génie Industriel



LST de Génie Industriel

Projet de Fin d'Etudes

Conception d'un système d'ébavurage des disques de frein

Lieu: Floquet Monopole Industrie FMI – FES



Référence:18/19 GI

Préparé par :

MOUKAOUIM hakima

BOURHARMANE hajar

Soutenu le 08 Juin 2018 devant le jury composé de :

- Pr F. BELMAJDOUB (Encadrant FST)
- Pr .H.BINE EL OUIDANE (Examineur)
- Pr .F.KAGHAT (Examineur)
- Mr. H. RACHED (Encadrant Société)

Dédicace

Nous dédions Ce travail

*A nos familles pour leurs soutiens moral et financier et qui
grâce à leurs aides, nous sommes arrivées à ce niveau de
formation.*

*Nos dédicaces sont également adressées à
tous nos amis et nos professeurs.*

Remerciement:

Merci tout d'abord à la société Floquet Monopole Industrie de Fès pour nous avoir accepté au sein de son usine, afin d'effectuer notre stage technique durant deux mois.

Merci également à la plupart de son personnel qui a pu nous accueillir spécialement à notre encadrant Mr. RACHED Hassan.

Nos remerciements s'adressent également à Mr. BELMAJDOUB Fouad pour l'aide et le soutien qu'il nous a donné durant la période de stage.

On voudrait aussi remercier tout particulièrement notre professeur Mr BINE El OUIDANE Hassan pour ces précieux conseils, C'est grâce à son aide que ce travail est mené bien à terme.

Listes des figures et des tableaux :

Figure 1.1 : Floquet Monopole Industrie	2
Figure 1.2 : Organigramme de la FMI	3
Figure 1.3 : les produits fabriqués au sein de la FMI	3
Figure 1.4: composants du disque	4
Figure 2.1 :les éléments de l'égavureuse	6
Figure 3.1 : les éléments du vérin	10
Figure 3.2 : les éléments de fixation	11
Figure 3.3 :les éléments de régulateur	13
Figure 3.4:bride de roulement	13
Figure 3.5 :support de vérin.....	14
Figure 3.6: support de régulateur.....	14
Figure 3.7: support de fixation avec l'égavureuse.....	14
Figure 3.8: les pièces d'assemblage.....	15
Figure 3.9: colonne.....	15
Figure 3.10: les éléments de fixation des distributeurs pneumatiques	15
Figure 3.11 : plateau rotatif avec réducteur à vis sans fin	16
Figure 3.12 : moteur pas à pas	18
Figure 3.13 : vérin pneumatique	19
Figure 3.14 : plateau rotatif	19
Figure 3.15 : conception du moteur pas à pas	19
Figure 3.16 :les tiges de serrage	20
Figure 3.17 : système assemblé	20
Figure 4.1 : fonctionnement de la broche	21
Figure 4.2 : fonctionnement de plateau avec réducteur	22

Figure 4.3 : le système de fixation de vérin	23
Figure 4.4 : les forces appliquées sur la poutre	23
Figure 4.5 : organigramme du système	26
Tableau 1.1 : La fiche d'identification de la FMI	2
Tableau 2 .1 : Les avantages et inconvénients des solutions proposées.....	9
Tableau 3.1 : caractéristiques du vérin	11
Tableau 3 .2 : les éléments de fixation.....	12
Tableau 3.3 : les éléments de fixation des distributeurs pneumatiques.....	6
Tableau 3.4: caractéristiques des éléments du plateau rotatif.....	17
Tableau 4.1: le prix de chaque composant du système.....	27

Liste des abréviations:

C : compteur du nombre des trous

DCY : départ du cycle

DP : disque plein

DV : disque ventilé

FMI : Floquet Monopole Industrie

Fonte GL : fonte à graphite lamellaire

ISO :International Organization for Standardization (Organisation Internationale de Normalisation)

OP :opération

SF : système de fixation

Table des matières :

Dédicace

Remerciements

Liste des figures et des tableaux

Liste des abréviations

Table des matières

Introduction générale..... 1

Chapitre I : présentation de l'organisme d'accueil

I . Historique de Floquet monopole Industrie	2
II .Présentation du groupe FMI.....	2
1. Fiche d'identification de l'entreprise	2
2. Organigramme de la FMI	3
3. produits fabriqués	3
3.1. Description d'un disque	4
3.2. Différences entre un disque plein et ventilé.....	4
III. Processus de fabrication	4
1. Etape 1 : Réception des disques bruts	5
2. Etape 2 : stockage des disques bruts	5
3. Etape 3 : Ligne de production	5
4. Etape 4 : Contrôle qualité	5

Chapitre II : Etude de la machine ébavureuse

I. Introduction	6
II. Analyse de l'état actuel de la machine ébavureuse.....	6
1. Description de la machine ébavureuse	6
2. Fonctionnement de la machine.....	7
3. Situation désirée de l'ébavureuse.....	7
4. Les avantages de l'automatisation.....	7
III. Recherche et analyse des solutions	8
1. solutions proposée	8
2. comparaison des solutions	8
3. choix de la solution.....	9

Chapitre III : conception d'un système automatique d'ébavurage

I .Description des éléments du système	10
➤ Vérin pneumatique double effet	10
A- Les éléments de fixations du vérin	11
1. Régulateur hydraulique	12
2. Bride de roulement.....	13

3. Les supports	13
3.1. Support de vérin.....	13
3.2. Support du régulateur.....	14
3.3. Support de fixation avec l'ébavureuse	14
4 .Les pièces d'assemblage	15
5. Colonne	15
B- Les éléments de fixation d'interrupteur de fin de course.....	15
➤ Plateau rotatif.....	16
➤ Moteur pas à pas	17
II .Conception sous CATIA V5	18
Chapitre IV : Analyse du fonctionnement du système proposé et estimation des coûts	
I .Principe de fonctionnement de chaque composant	21
1.Mouvement de la broche.....	21
2.Rotation du plateau rotatif	22
3.Déplacement des tiges de serrage	22
II . Dimensionnement du SF du vérin.....	22
1.calcul de forces externes	23
2.calcul des efforts tranchants et des moments fléchissant	24
3. calcul de la contrainte maximale dans le cas de flexion	24
III .Proposition d' automatisation du système.....	25
1.Description du fonctionnement du système	25
2.Organigramme du système	26
IV. Estimation des coûts du système	27
Conclusion générale	28

Bibliographie

Annexe

Introduction générale

La découverte de nombreuses innovations et des nouvelles technologies ont favorisé le développement de l'industrialisation. Cette dernière connaît chaque jour une évolution rapide et globale ayant pour objectif la satisfaction des besoins d'un monde qui ne cesse de s'accroître et de se développer. L'entreprise de son côté cherche à se positionner sur l'échiquier industriel pour trouver une meilleure place sur le marché, en mettant en valeur son capital financier et surtout son capital technologique. De cette manière elle peut d'une part accroître ses moyens de production (usines, machines) et d'autre part réduire le plan de charge de travail, tout en garantissant une production élevée, répondant à des normes de qualité, et c'est dans ce sens là que l'on parle de l'art de l'automatisation industrielle, qui associe à la fois le savoir faire et la technologie moderne.

Pour ce faire, nous nous sommes adressées à la Société Floquet Monopole Industrie qui nous a accordé l'opportunité d'effectuer ce stage au service de production. C'est dans ce dernier que nous étions chargées de procéder à l'automatisation de la machine d'ébavurage ainsi que l'amélioration de son état actuel concernant le cycle de production, le matériel de commande et de la sécurité de l'opérateur.

Le présent rapport expose la démarche poursuivie dans le cadre de ce stage. Il est structuré comme suit :

- Chapitre I : Présentation générale de l'organisme d'accueil et une description du processus de fabrication des disques de frein .
- Chapitre II : Une présentation de la machine ébavureuse .
- Chapitre III : Conception d'un système automatique d'ébavurage .
- Chapitre IV : Analyse du fonctionnement du système et estimation des couts .

Toutes ces étapes ont pour objectif d'accroître la production du système dans le but de permettre une production de qualité, et de diminuer ainsi le coût de non-qualité qui pourrait être dû à l'erreur humaine.



Chapitre I :

Présentation de l'organisme d'accueil

I. Historique de Floquet Monopole Industrie

Equipementier Automobile Marocain de premier rang, concepteur, développeur et fabricant de pistons et chemises pour moteur à Essence et Diesel, Floquet Monopole a été créée en 1981 dans le quartier industriel Sidi Brahim, Rue 813 Fès-Maroc avec un capital de 4 millions de DH. Les sites de production localisés à Fès couvrent une superficie de 10,600 m², dont 6.500 m² couverts.

- Floquet monopole est unique dans son genre d'activité au Maroc, Maghreb, Afrique et Moyen Orient. Elle a une production qui varie en fonction des années, en effet leur production a atteint une valeur de plus de 600 000 pistons au cours de ces derniers décennies.
- Floquet Monopole est l'une des premières entreprises de la région à avoir décroché une certification ISO 9001. La certification, obtenue en 1997, a été reconduite, une deuxième fois, le 6 juin 2000, pour une période de trois ans. la figure (1.1) représente l'entrée de la FMI :



Figure 1.1: Floquet Monopole Industrie

II. Présentation du groupe FMI de Fès

1. Fiche d'identification de la société

Le tableau (1.1) présente les éléments d'identifications de la FMI :

Raison sociale	Floquet Monopole Industrie
Forme juridique	Société SARL
Capital social	4.000.000 DH
Activité	Fabrication et vente des disques de frein
Adresse	Quartier industriel Sidi Brahim Lot 59 Angles Rues 811/812
Date de création	1981
N° patente	13.29.22.80
Identifiant fiscal	18717071
TEL /FAX	0535642642
Directeur général	Mr. LARAQUI MOHEMMED

Effectif	115 personnes
----------	---------------

Tableau 1.1 : fiche d'identification de la FMI

2. Organigramme de la FMI

La Société Floquet Monopole Industrie est divisée en plusieurs répartitions dont chacune d'elles remplit des tâches bien précises, l'ensemble contribue à optimiser les conditions du produit et de sa qualité. La figure (1.2) illustre l'organigramme de la FMI :

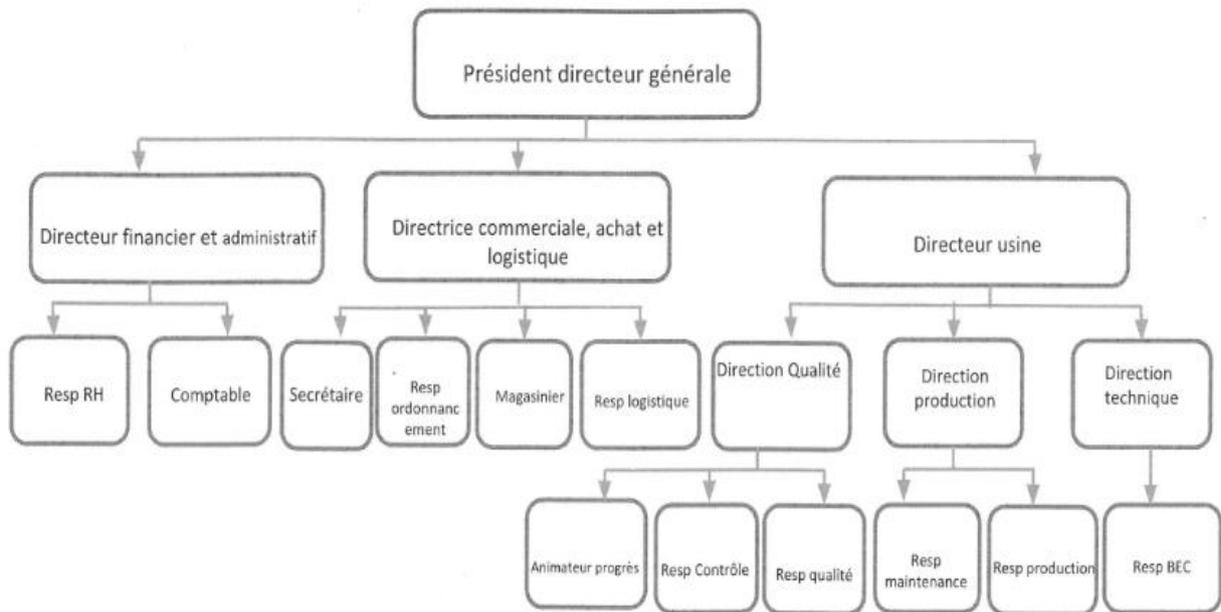


Figure 1.2 : Organigramme de la FMI

3. Produits fabriqués

L'ensemble des produits fabriqués par la FMI sont illustrés dans la figure 1.3 :



Figure 1.3: les produits fabriqués au sein de la FMI

3.1 .Description d'un disque

Le disque est constitué d'un anneau plein avec deux pistes de frottement (Figure 1.4), d'un bol qui est fixé sur le moyeu et sur lequel est fixée la jante, d'un raccordement entre les pistes et le bol. Les pistes de frottement sont dites extérieures quand elles se situent du côté de la jante et intérieures quand elles se situent du côté de l'essieu.

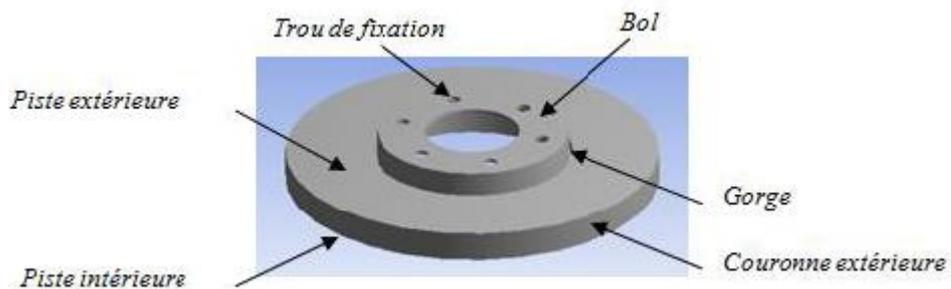


Figure 1.4: Composants du disque

3.2 .Différences entre disque plein et ventilé

- ❖ Les disques pleins, de géométrie simple et donc de fabrication simple, sont généralement placés sur l'essieu arrière de la voiture. Ils se composent tout simplement d'une couronne pleine reliée à un "bol" qui est fixé sur le moyeu de la voiture.
- ❖ Composés de deux couronnes – appelées flasques – séparées par des ailettes , ils refroidissent mieux que les disques pleins grâce à la ventilation entre les ailettes qui, en plus, favorisent le transfert thermique par convection en augmentant les surfaces d'échange. Le disque ventilé comporte plus de matière que le disque plein ; sa capacité d'absorption calorifique est donc meilleure.

III. Processus de fabrication

Les étapes pour la fabrication des disques de frein sont :

Etape 1 : Réception des disques bruts.

Etape 2 : stockage des disques bruts

Etape 3 : Ligne de production.

Etape 4 : Contrôle qualité.

1. Etape 1 : Réception des disques bruts :OP 10

Les disques bruts sont de la matière première Fonte GL .

Fonte GL11 est un alliage de fer et de carbone sous forme de lamelles constituant des pièces d'utilisation courantes obtenues par procédé de moulage (fonderie).

La fonte grise à graphite lamellaire est la plus communément utilisée dans l'industrie automobile. En effet, la fonte est peu chère, se fabrique aisément et peut être coulée facilement. Elle présente également une bonne conductivité, une assez bonne résistance mécanique, et une faible usure.

2. Etape 2 : stockage des disques bruts :

Après le contrôle visuel qui se fait lors de la réception des disques bruts, la société FMI spécifie des zones particulières pour le stockage de ces disques en faisant la différence entre les lots correspondants à chaque type des disques.

3. Etape 3 : Lignes de production.

Le service de production de la FMI contient 4 lignes d'usinage des disques, chacune de ces lignes effectue les mêmes opérations suivantes :

OP 20 : tournage : cette opération consiste à dresser la première face du disque.

OP 30 : tournage : en effectuant la même opération sur la deuxième face du disque selon le Programme qui se diffère .

OP 40 : finition des deux faces.

OP 50 : perçage du disque : en réalisant 6 trous de diamètres différents simultanément.

OP 60 : ébavurage : chanfreiner les 6 trous.

OP 70 : lavage du disque en utilisant l'eau distillée et un produit.

4. Etape 4 : Contrôle qualité.

OP 80 : équilibrage du disque : enlever la matière de la surface contenant les ailettes .

OP 90 : contrôle des dimensions du disque

OP100 : contrôle visuel 100%.

OP110 : peinture du disque.

OP120 : contrôle aspect 100% et mise en caisse.

Chapitre II :

Etude de la machine ébavureuse

I .Introduction

La machine ébavureuse ou la machine à ébavurage (figure 2.1),une machine classique fait partie de la gamme de fabrication des disques freins au sein de la FMI. C'est une machine qui permet d'enlever les bavures d'usinage, de décaper et nettoyer les orifices du disque frein des véhicules après leur perçage . L'examen de cette machine permet de bien comprendre son fonctionnement, de répondre à un cahier de charges pour son automatisation et de proposer enfin une solution pour la rénovation de son système actuel par un autre basé sur les nouvelles technologies en matière de contrôle commande.

II. Analyse de l'état actuel de la machine ébavureuse

1. Description de la machine ébavureuse

La machine ébavureuse (figure 2.1) travaille sur la technique d'ébavurage.

Elle chanfreine et enlève l'excès du métal du au perçage des disques à l'aide de l'opérateur ; elle est constituée d'une table fixe (constituée d'une pièce porteuse du disque),une broche et une bras commandée par l'opérateur. Ces éléments sont montrés sur la figure (2.1) :



Figure 2.1 : les éléments de l'ébavureuse

2. Fonctionnement de la machine

La machine ébavureuse fonctionne actuellement en mode manuel et peut aussi fonctionner en mode automatique.

Avant le démarrage du cycle, la machine doit être en position de repos ; Son fonctionnement suit le cycle suivant :

L'opérateur s'occupe de mettre le disque sur la table en respectant la position indiquée par le constructeur.

Ensuite, l'opérateur fait tourner le bras pour que la broche, qui est en rotation sous l'action d'un moteur asynchrone triphasé, descend verticalement vers le trou à chanfreiner. Une fois l'ébavurage du premier trou est terminé, l'opérateur doit faire tourner le disque pour effectuer la même opération sur le trou suivant (pour savoir qu'on est à la bonne position, le disque est freiné à l'aide d'une bille située au dessous de la porteuse qui a la même forme que celle du disque). L'enlèvement du disque se fait manuellement.

La machine ébavureuse travaille en mode de production continu (24h/24h). Sa quantité de production journalière est d'environ 100 disques / heure, 3 opérateurs travaillent en alternance de 8h à 16h, 16h à 00h et de 00h à 8h.

3. Situation désirée de l'ébavureuse

Le chef de Fabrication a pour objectif de rendre la machine d'ébavurage plus rapide, plus sécurisée et mieux réductible de temps. Pour atteindre cet objectif nous avons proposée d'automatiser cette ébavureuse en ajoutant un système automatique qui sera capable de contrôler et de commander le déplacement de la broche et aussi la rotation du disque à ébavurer sans intervention humaine.

4. Les avantages de l'automatisation

- ✓ Augmenter la sécurité
- ✓ Accroître la productivité
- ✓ Augmenter la compétitivité
- ✓ Économiser la matière première et l'énergie
- ✓ Superviser les installations et les machines
- ✓ Éliminer les tâches répétitives ou sans intérêt
- ✓ Simplifier le travail des agents

III .Recherche et analyse des solutions

1. Solutions proposées

Les deux solutions proposées seront décrites ci-après de manière plus détaillée.

Solution 1: l'utilisation d'une broche constituée par six fraises.

Cette solution consiste à fixer l'arbre d'un moteur sur le pignon de levier. Ce moteur est un moteur asynchrone triphasé .

Quand le moteur tourne il va faire tourner le pignon qui va à son tour descendre ou élever la broche (à l'aide de système pignon-crémaillère) selon le sens et la vitesse convenables.

Solution 2: Plateau rotatif et Vérin attaché en haut de la broche.

Une autre solution qui a été proposée consiste à attacher la tige d'un vérin verticalement en haut de la broche, ayant le même principe de fonctionnement de système de la première solution, sauf qu'au lieu de déplacer la broche et transférer la rotation en mouvement linéaire, il sera appliqué une force vertical sur la broche qui va descendre ou élever selon le sens et la vitesse correspondants.

La vitesse de déplacement de broche va être variée selon la vitesse de vérin qui va être commandé à l'aide d'un circuit hydraulique ou pneumatique. Ensuite on remplace le montage de la table de l'ébavureuse manuelle par une nouvelle table sur laquelle on fixe un plateau rotatif qui va assurer la rotation du disque avec l'angle convenable.

2. Comparaison des solutions

Le tableau suivant contient un résumé de toutes les solutions proposées ainsi que leurs avantages et leurs inconvénients :

	Solutions proposées	Avantages	Inconvénients
Solution 1	l'utilisation d'une broche constituée par six fraises.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Temps du cycle plus court ➤ ➤ Très précis 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Il va ajouter un grand poids à la machine . ➤ Difficile à démonter. ➤ demande beaucoup de pièces à fabriquer → Coût de fabrication élevé.

Solution 2	Plateau rotatif et Vérin attaché en haut de la broche.	<ul style="list-style-type: none">➤ Facilité de mouvement du mécanisme.➤ Facile à démonter➤ Précision augmentée	<ul style="list-style-type: none">➤ Cout d'acquisition du plateau rotatif
------------	--	---	---

Tableau 2.1 : Les avantages et inconvénients des solutions proposées.

3. Choix de solution

Après discussions sur les solutions proposées avec le chef de fabrication et notre encadrant, Plateau rotatif et Vérin attaché en haut de Broche a été choisie suite à leurs avantages (tableau 2.1).

Chapitre III :

Conception d'un système d'ébavurage

I .Description des éléments de système

➤ Vérin pneumatique double effet

Un vérin pneumatique double effet est un actionneur linéaire dans lequel l'énergie de l'air comprimé est transformée en travail mécanique. Cet actionneur de conception robuste et de simplicité de mise en œuvre est utilisé dans toutes les industries manufacturières. [4]

L'ensemble tige + piston peut se déplacer dans les deux sens sous l'action du fluide sous pression. L'effort en poussant (tige sortante) est légèrement plus grand que l'effort en tirant (entrée de tige) car la pression n'agit pas sur la partie de surface du piston occupée par la tige.

- ✓ Ils permettent un réglage plus aisé de la vitesse de la tige par contrôle du débit à l'échappement.
- ✓ Amortissement possible dans les deux sens.

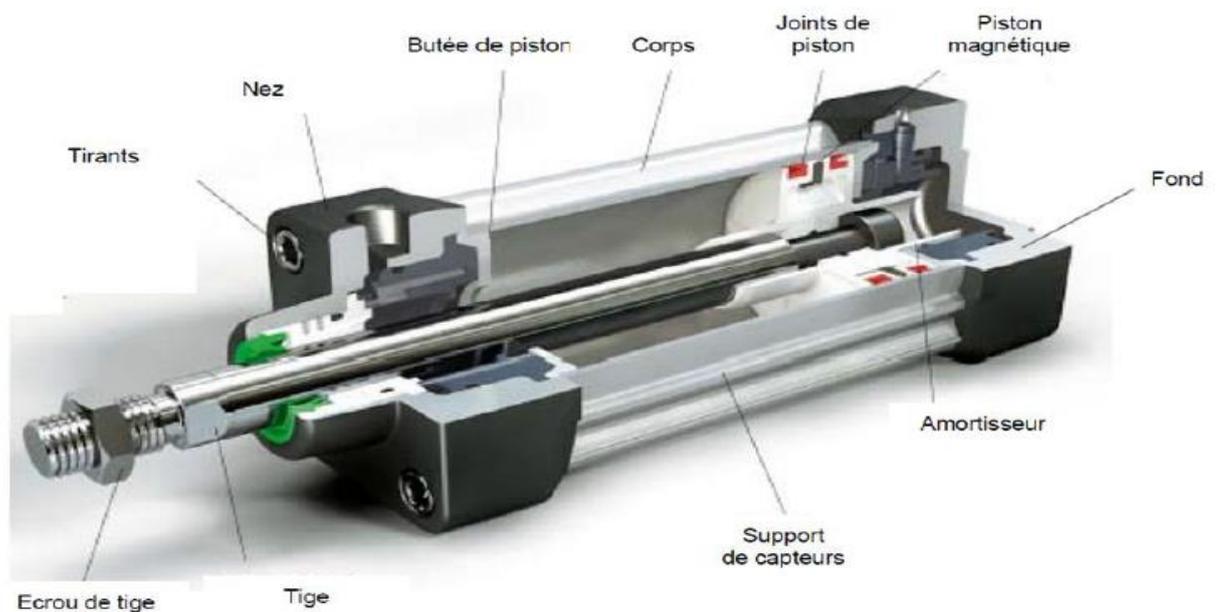


Figure 3.1: Les éléments de vérin

Caractéristique du vérin avec tige du piston	
Masse	2kg
Longueur	60 mm
Largeur	80mm
Hauteur	40 mm
Diamètre du piston	40mm

Diamètre de la tige	12 mm
Mode de fonctionnement	Double effet
Amortissement	-
Type de fixation	Par taraudage
Pression de service	112 bar
Accessoires	Système de guidage

Tableau 3.1 : caractéristiques de vérin

A. Les éléments de la fixation de vérin

Le système se compose d'un vérin pneumatique qui a comme objectif de contrôler le mouvement de la broche. Ce vérin va être commandé automatiquement l'aide des Interrupteur de fin de course.

On va utiliser 2 systèmes de fixation, un pour le vérin et l'autre pour les Interrupteurs de fin de course.

Pour plus détailler on va décrire les éléments de ces 2 systèmes .

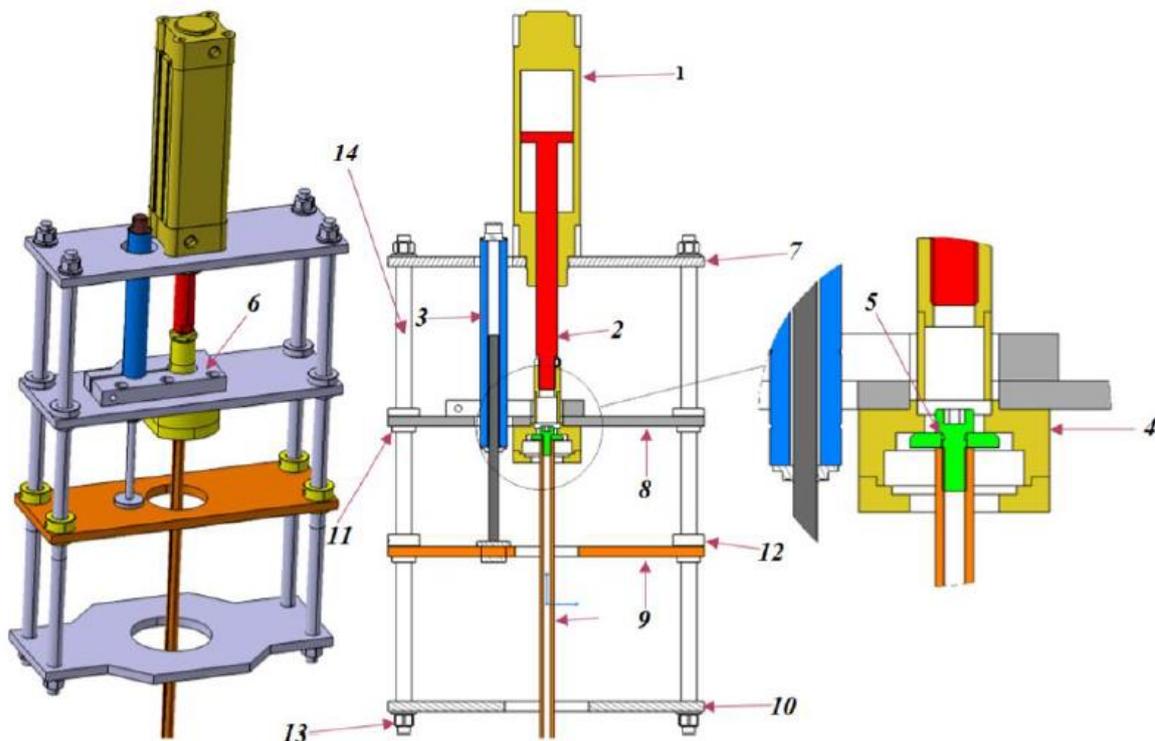


Figure 3.2: les éléments de fixation

Les caractéristiques des éléments:

Repère	Nombre de pièce	Désignation	Matière
1	1	Vérin	-
2	1	Tige de vérin	Acier
3	1	Régulateur de vitesse	-
4	1	Bride de roulement	Acier
5	1	Vis + rondelle	INOX
6	1	tab-serrure	Acier
7	1	Support de vérin	Acier
8	1	Support de régleur	Acier
9	1	Support	Acier
10	1	Support	Acier
11	4	Douilles de renfort	Bronze
12	4	Bagues de serrage	Laiton
13	8	Ecrous M12 + Rondelles	Acier
14	4	Colonne	Acier

Tableau 3.2 : les éléments de fixation

1. Régulateur hydraulique

Un régulateur de vitesse est prévu pour contrôler la vitesse du mécanisme. Il est utilisé pour des applications telles que : contrôle de vérins pneumatiques, guidage linéaire et tout autre mécanisme mobile.

L'utilisation d'un régulateur de vitesse offre les avantages suivants :

1. Durée de vie plus longue : ils réduisent les chocs et les vibrations causés par les mouvements brusques; ainsi que les temps d'arrêt, la maintenance et augmentent la durée de vie des machines.
2. Qualité de production améliorée : les effets néfastes de mouvements non contrôlés, tels que le bruit, les vibrations, les impacts violents sont réduits ou éliminés.
3. Sécurité augmentée : les régulateurs de vitesse protègent les machines et les opérateurs grâce à des mouvements doux et contrôlés.

La figure (3.3) ci-dessous explique le fonctionnement du régulateur hydraulique :

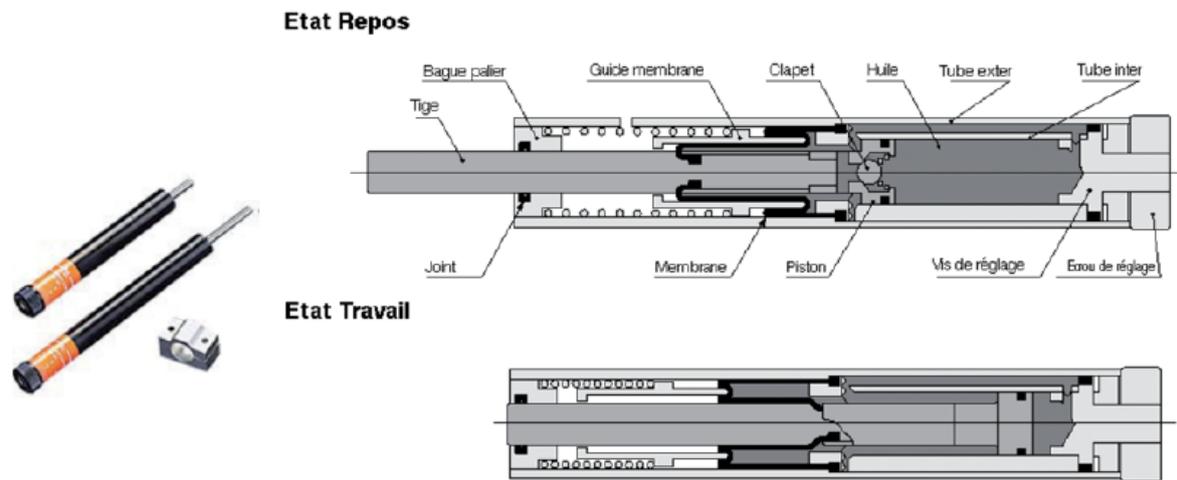


Figure 3.3: les éléments de Régulateur

2. Bride de Roulement

La bride de roulement représentée dans la figure (3.4) nous permet d'attacher la broche avec la tige de vérin.



Figure 3.4 : Bride de Roulement

3. Les supports

3.1 .Support de vérin

Le support est en acier et est parfaitement plane. Il est constitué de 9 trous de fixation dans lesquels passe les vis ou les boulons. Parmi ces trous nous pouvons compter 4 trous de fixation du vérin et 4 trous de fixation des colonnes et une de réglage. Ce support est illustré dans la figure (3.5) :

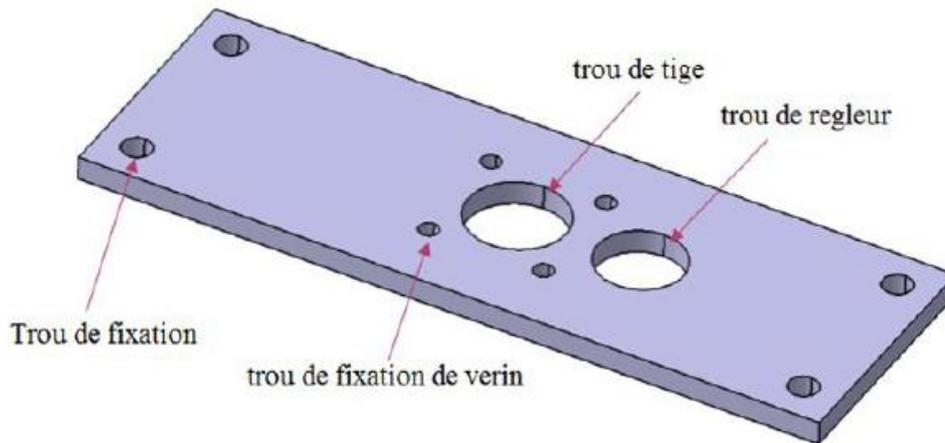


Figure 3.5:Support de vérin

3.2.Support de réglleur

La figure (3.6) représente le support utilisé pour fixer le régulateur, il est aussi en acier et constitué de 3 trous de fixation de tab-serrure, 4 trous pour les colonnes, un trou de régulateur et un autre pour le tube de la bride de roulement :

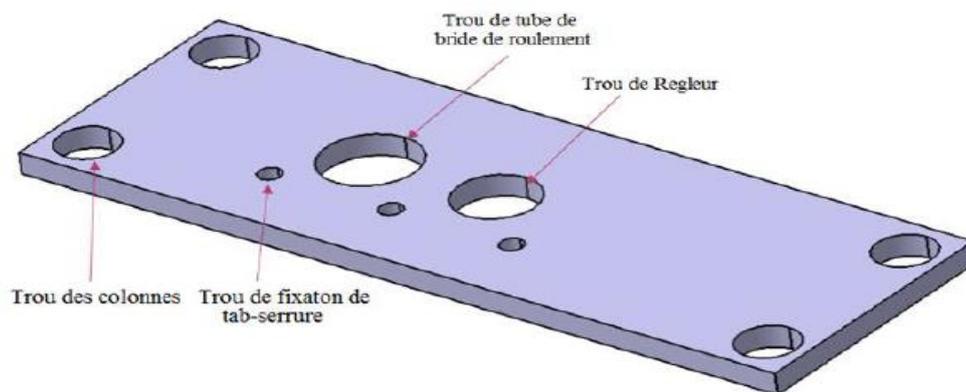


Figure 3.6: Support de réglleur

3.3.Support de fixation avec l'ébavureuse

Pour fixer les éléments cités précédemment avec la tête de la machine, nous avons utilisé le support représenté dans la figure (3.7) :

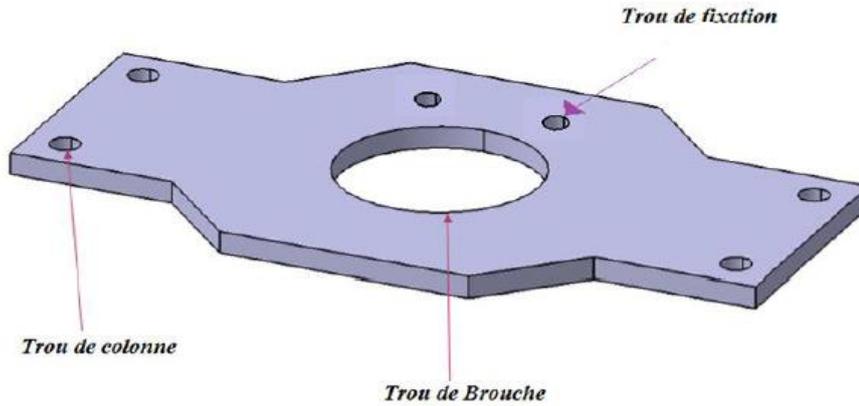


Figure 3.7:Support de fixation avec l'ébavureuse

4. Les pièces d'assemblage :

La figure (3.8) ci-dessous regroupe les pièces nécessaires pour l'assemblage des supports :

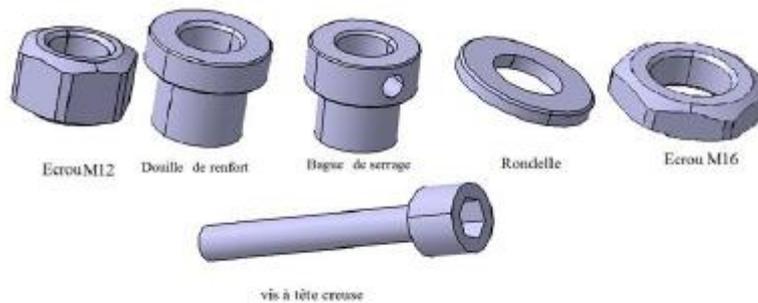


Figure 3.8: Les pièces d'assemblage

5. Colonne

La figure (3.9) illustre la colonne utilisé dans le système de fixation :



Figure 3.9 : colonne

B. Les éléments de fixation d'Interrupteur de fin de course

Pour fixer l'interrupteur de fin de course nous avons utilisé les éléments de fixation représentés dans la figure (3.10) :

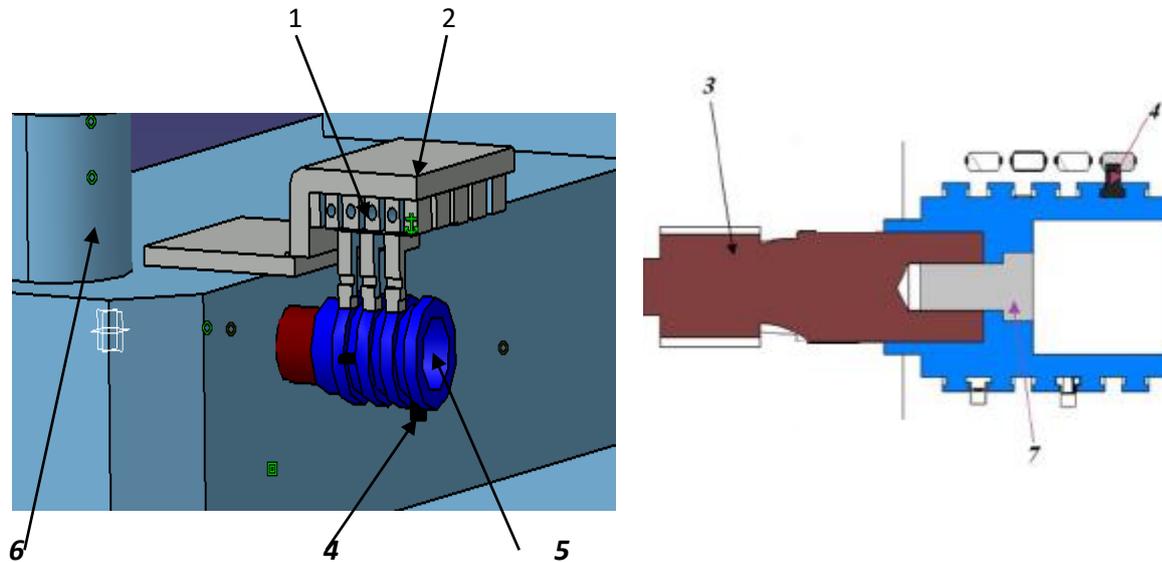


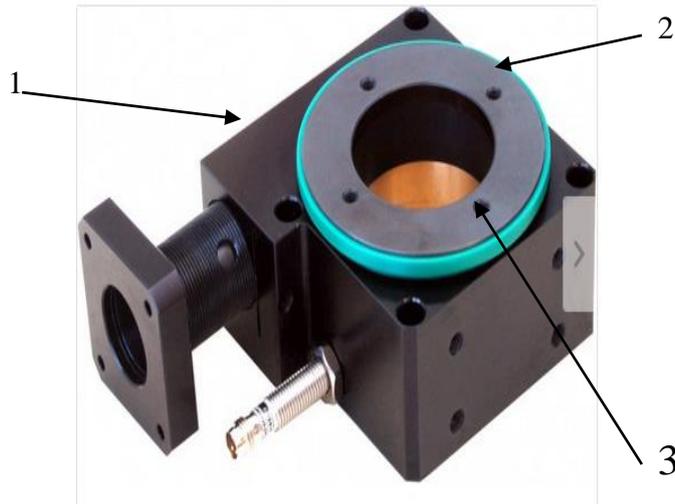
Figure 3.10: les éléments de fixation d'interrupteur de fin de course

Repère	Nombre de pièce	Désignation	Matière
1	4	Interrupteur de fin de course	Métal
2	1	Support des Interrupteurs	Acier
3	1	Pignon	Acier
4	4	Butée	Acier
5	1	Support des Butée	Acier
6	1	Tête de l'ébavureuse	Acier
7	1	Vis	Inox

Tableau 3.3: les éléments de fixation d'interrupteur de fin de course

➤ Plateau rotatif

Pour assurer la rotation du disque, nous avons choisi d'utiliser **un réducteur à vis sans fin** qui fonctionne à l'aide d'un moteur pas à pas vu à ses avantages .C'est un type de réducteur, où le système de roue/vis sans fin est souvent utilisé dans les machines dans lesquelles une pièce doit être mise en rotation(dans notre cas le disque).la figure(3.11) représente le plateau rotatif et ses composantes :



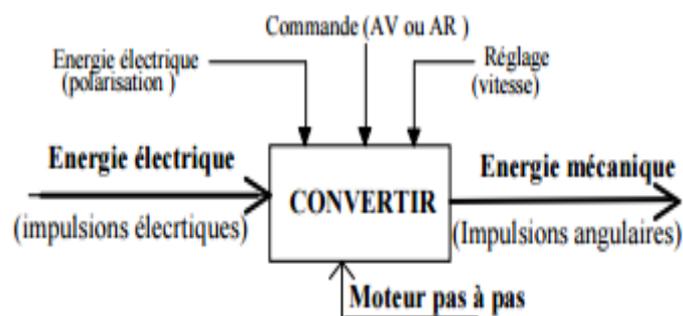
Repère	Désignation	Matière
1	Boîtier	Aluminium
2	Plateau tournant	Aluminium
3	Plateau tournant	Acier

Figure 3.11: plateau rotatif avec réducteur à vis sans fin

Tableau 3.4: caractéristiques des éléments du plateau rotatif

➤ Moteur pas à pas

Un moteur pas à pas est un moteur électrique d'une conception particulière différente des moteurs classiques. leur structure permet, par une commande électronique d'obtenir, une rotation d'un angle égal à n fois un angle élémentaire appelée « pas ».



Il existe deux types de moteur pas à pas : moteur bipolaire et unipolaire

Dans notre système on a choisi d'utiliser un moteur pas à pas unipolaire qui a les caractéristiques suivantes :

- ✓ Durée de vie importante
- ✓ Facilité d'intégration dans un système complexe
- ✓ Coût réduit



Figure 3.12: moteur pas à pas unipolaire

❖ **Remarque**

Concernant la rotation de la broche on va garder le même moteur utilisé dans la machine ancienne ; un moteur asynchrone triphasé.

II . Conception sous CATIA V5

Notre montage comportera un vérin qu'on va placer sur la tête de la machine à l'aide des éléments de fixation illustrés dans la figure, et qui fonctionne par un distributeur pneumatique ,un plateau rotatif avec réducteur à vis sans fin qu'on fixe sur la table de l'ébavureuse dont sa rotation est engendrée par un moteur pas à pas et des tiges pour le serrage du disque, ces dernières sont contrôlées par deux vérins à double effet. ([1],[2])

❖ **Vérin pneumatique double effet**

Dans cette partie on a essayé de faire la conception du vérin et de chaque pièce du système de sa fixation, on obtient le système de la figure(3.13)après l'assemblage.

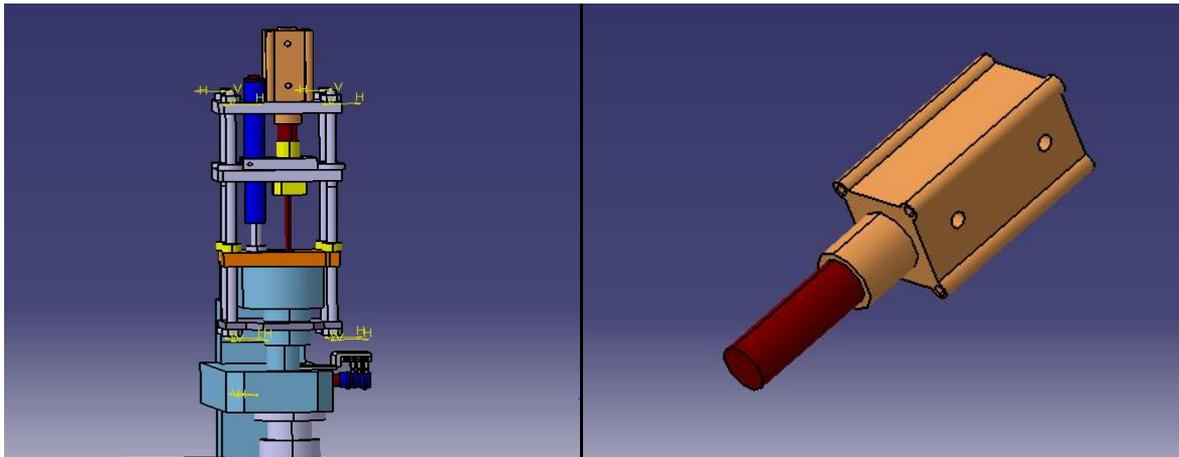


Figure 3.13 : vérin pneumatique

❖ Plateau rotatif

Pour assurer la rotation du disque, la conception du plateau rotatif, figure (3.14), était nécessaire.

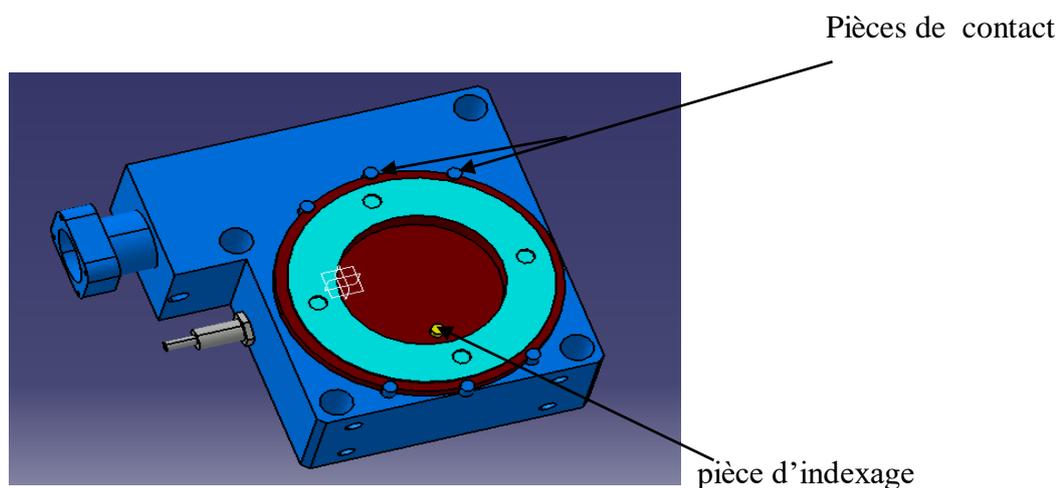


Figure 3.14 : plateau rotatif

✓ Sur le plateau rotatif, on a ajouté 6 pièces de la même matière qui vont assurer au système l'emplacement des trous du disque à ébavurer ,après le contact avec le capteur de contact qui doit se positionner sur le boîtier, aussi qu'une pièce d'indexage du même diamètre que le plus petit trou du disque dont l'opérateur doit respecter cet indexage lors de la mise en place du disque.

✓ Egalement, pour s'assurer de la stabilité du disque sur le plateau tournant lors de l'opération d'ébavurage nous avons pensé d'ajouter un système de serrage constitué de deux tiges symétriques fonctionnent par des vérins pneumatiques à double effet, ces tiges seront fixés directement sur la table en respectant les dimensions de l'ensemble.

❖ **un moteur pas à pas :**

la conception du moteur pas à pas est illustrée dans la figure (3.15) ci-dessous.

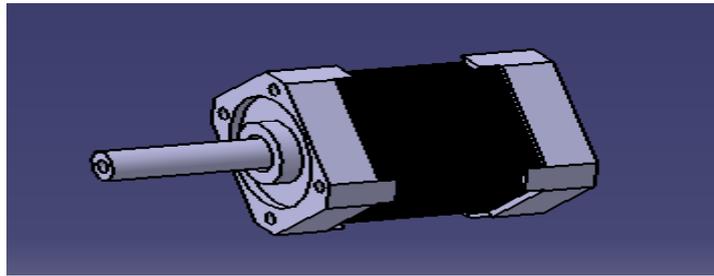


Figure 3.15 : moteur pas à pas

❖ **Les tiges de serrage**

La figure (3.16) ci-dessous montre les tiges de serrage du disque après leur assemblage et leur fixation sur la table de la machine.

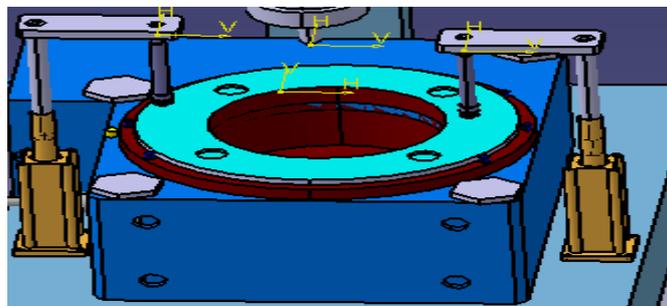


Figure 3.16 : plateau rotatif

❖ **Assemblage du système**

Après conception de toute composante du système, l'assemblage de ses derniers conduit à obtenir le système final montré sur la figure (3.17) :

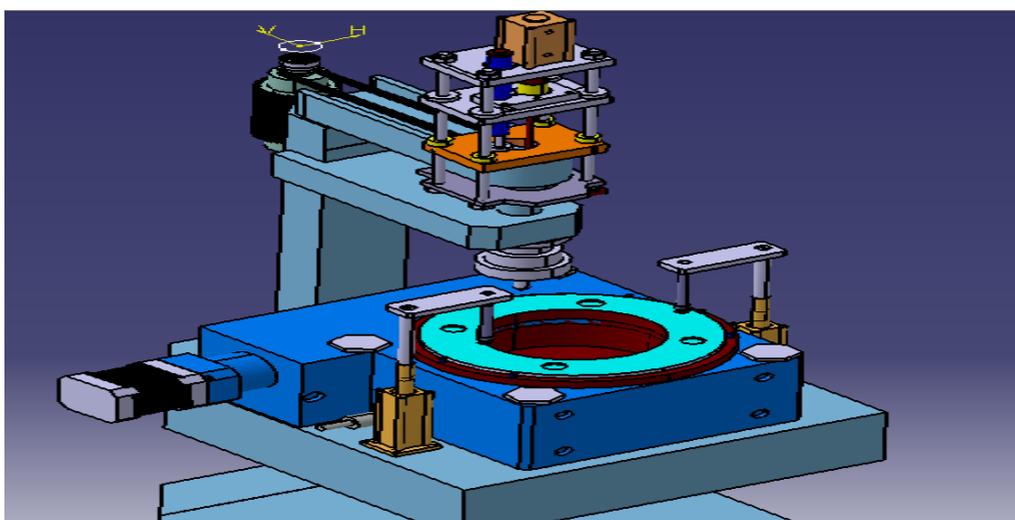


Figure 3.17 : système assemblé

Chapitre IV :

Analyse du fonctionnement du système

et estimation des coûts

I. Principe de fonctionnement de chaque élément du système

1. Mouvement de la broche

La broche tourne à l'aide de transmission de rotation de moteur placé derrière l'ébavureuse, cette transmission est faite à partir de courroie attachée entre les deux poulie en V saisie dans l'arbre de moteur et la broche.

Quand la tige de Vérin est sortie avec grande vitesse à l'aide de la pression de l'air, il fait descendre la broche qui est tournée à l'intérieur de douille. cette dernière est au même temps une crémaillère descend et fait tourner le pignon qui est fixé avec le support de la butée, ce dernier va tourner à une vitesse égale à :

$$\omega_p = V_d \cdot R_p$$

Avec :

V_d est la vitesse de translation de la douille;

ω_p est la vitesse de rotation du pignon;

R_p est le rayon primitif du pignon.

C'est-à-dire,

$$\theta_p = D_d \cdot R_p$$

Avec :

θ_p est l'angle de rotation de pignon

D_d est la distance de translation de douille

R_p est le rayon primitif du pignon.

Après que le support des butées tourne, ces dernière vont toucher les galets des interrupteur et comme ça la vitesse de déplacement va être changé à l'aide d'un circuit de commande électropneumatique.

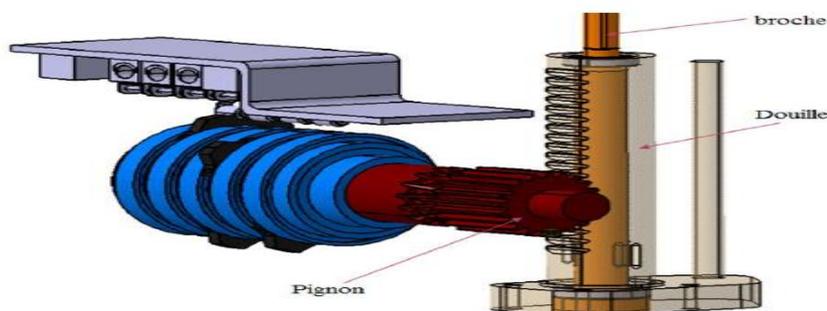


Figure 4.1 : fonctionnement de la broche

2. Rotation du plateau

L'alimentation du réducteur à vis sans fin avec un moteur pas à pas engendre une rotation, qui va se transmettre au plateau tournant avec un rapport de réduction à travers le mécanisme vis et roue dentés elle comme montre la figure (4.2) ci-dessous :



Figure 4.2 : fonctionnement de plateau avec réducteur

3. Déplacement des tiges de serrage

Le déplacement des deux tiges se fait en même temps à l'aide des deux vérins à double effet .

Quand le signal pour le serrage du disque est transmis, les vérins fonctionnent à l'aide du distributeur bistable qui entraîne une rotation de la tige d'une angle de 45° , puis une descente d'une distance D prédéterminée jusqu'à la piste intérieure du disque .

II .Dimensionnement de SF du vérin

Le système de fixation de vérin doit être conçu, construit et mis à l'essai suivant des principes d'ingénierie compatibles avec toutes les données disponibles concernant les paramètres d'utilisation envisagée et les conditions environnementales prévues en tenant compte du fait qu'elles assurent le déplacement du vérin pneumatique.

Parmi ces principes d'ingénierie qui doivent être traités et étudiés, il y a l'étude de la structure (étude de résistance de matériaux), cette étude sera réalisée sur le système de fixation pour déterminer les réactions dans les liaisons. [3]

La figure (4.3) présente une illustration de système de fixation de Vérin d'un seul côté. Vu que les deux côtés de support supérieur sont symétriques, les forces et les chargements sont divisés par deux. La force représente le poids du Vérin.

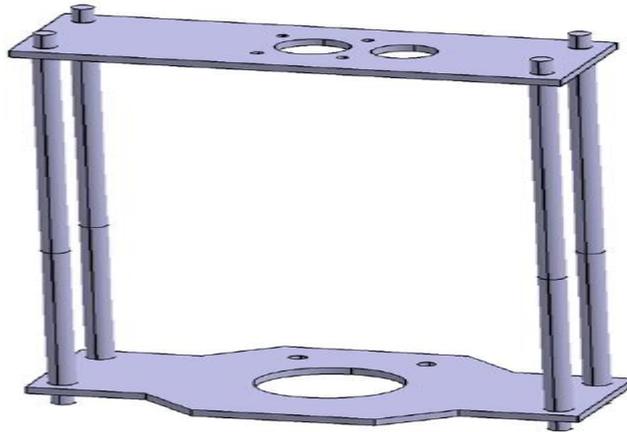


Figure 4.3 : Le système de fixation de Vérin

1 .Calcul des forces externes

Dans cette partie nous allons s'intéresser au calcul des forces externes appliquées sur le support de vérin représenté par une poutre comme montre la figure(4.4) ci-dessous :

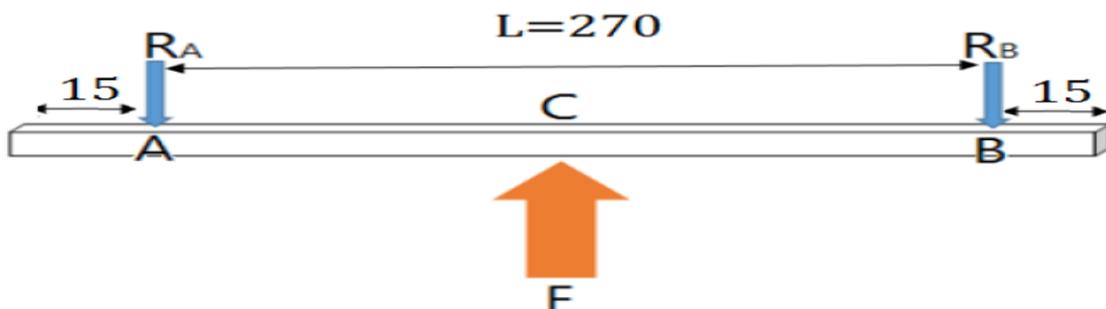


Figure 4.4 : les forces appliquées sur la poutre

Les grandeurs exprimées dans la figure (4.4) sont en (mm).

La force F est appliquée par la compression de fluide dans le corps de vérin et il égale à:

$$F = P \cdot S$$

Avec :

P = La pression d'entrée (bar) et $S = \pi \cdot \frac{D^2}{4}$ = la section intérieure de vérin (cm^2)

Pour notre système on a :

$$P = 6 \text{ bar} \quad \text{et} \quad S = \frac{3,14 \times 4^2}{4} = 12,56 (cm^2)$$

Donc : **F = 750N**

❖ Calcul de RA et RB :

D'après le principe fondamental de la statique et en calculant les moments au point A on trouve :

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{F} + \vec{R}_A + \vec{R}_B = \vec{0} \\ \sum \vec{M}_{ext} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{AC} \wedge \vec{F} + \vec{AB} \wedge \vec{R}_B = \vec{0} \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} R_A + R_B = P \\ \left(\frac{L}{2}\right) \cdot F - L \cdot R_B = 0 \end{array} \right.$$

Et donc : **RA = RB = F/2 = 375N**

2. Calcul des efforts et des moments :

$$\left\{ \begin{array}{l} V = RB = 375N \\ M = -375x \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} Y = -F + RB = -375N \\ M = \left(\frac{L}{2}\right) \cdot F - 375x = 101.25 - 375x \end{array} \right.$$

Donc on trouve théoriquement :

x (mm)	0	150	300
V(N)	375	0	375
M(N.m)	0	-56.14	0

D'après ce tableau on trouve que : $V_{max} = 375N$ et $M_{max} = -50.14 N.m$, il s'agit alors d'une flexion.

3. Calcul de la contrainte maximale en cas de flexion :

Pour étudier la résistance du support il est nécessaire de comparer la contrainte maximale calculée avec celle du support.

On sait que la formule de la contrainte maximale au cas de flexion est donnée par :

$$\sigma_{max} = - \frac{M_{max} \cdot Y_{max}}{I_z}$$

Avec

$$H = 6mm \text{ et } b = 101.6mm \text{ et } y_{max} = YG = 3mm$$

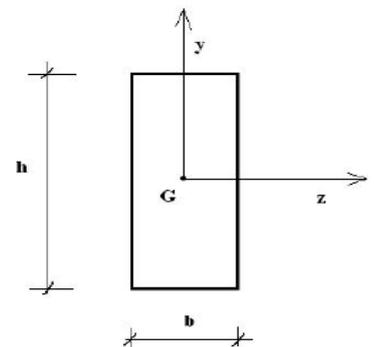
$$M_{max} = -50.06 N.m \quad I_z = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,1016 \times (0,006)^3}{12} = 10^{-9} m^4$$

$$\text{Donc : } \sigma_{max} = - (-50.06) \times 0.00476 \times 10^{-9} = 150 MPa$$

On a Conditions de résistance pour un élément en tension est définies par :

$$\sigma_{max} \leq \sigma_{eba} = \frac{Re}{Fs}$$

Avec



R_e = limite élastique = 250 Mpa pour l'acier .

FS = le facteur de sécurité = 1.3 (pris du catalogue de la perceuse à colonne).

Et donc $\sigma_{eba} = 192.30 MPa$ la contrainte considérée de la machine ébavureuse

- On remarque que $\sigma_{max} < \sigma_{eba}$



Et donc notre support est en sécurité.

III .Proposition d'automatisation du système

1. Description du fonctionnement du système proposé

Avant le démarrage du cycle, la machine doit être en position de repos avec : le plateau rotatif est arrêté, la broche est en haut et les tiges de serrage du disque sont en situation initiale indiquée par le constructeur.

Au début du cycle de la machine, l'opérateur doit mettre en place le disque en respectant la position indiquée sur le plateau rotatif. En premier lieu, en appuyant sur le bouton poussoir , le capteur à distance doivent s'assurer de la présence du disque puis envoyer un signal aux tiges pour serrer le disque (la position initiale du disque nous assure qu'au départ un trou est déjà mis devant la broche), ensuite ces tiges doit transmettre un signal au moteur et au vérin afin de faire tourner et déplacer la broche en même temps, la broche est déplacée vers le trou avec la vitesse et le sens indiqués . Dès que l'ébavurage du premier trou est terminé (sachant qu'on a déjà déterminé un temps précis pour effectuer cette opération pour un trou), le vérin va faire élever la broche, et les tiges vont libérer le disque et le plateau tourne avec une vitesse moyenne jusqu'avoir un signal du capteur de contact (qui a comme fonction d'indiquer qu'on a arrivé au trou suivant), cette opération va se répéter cinq fois pendant un temps cycle déterminé dans le programme, puis la machine doit revenir à l'état initial. Le retraitement du disque se fait manuellement.

2. Organigramme du système

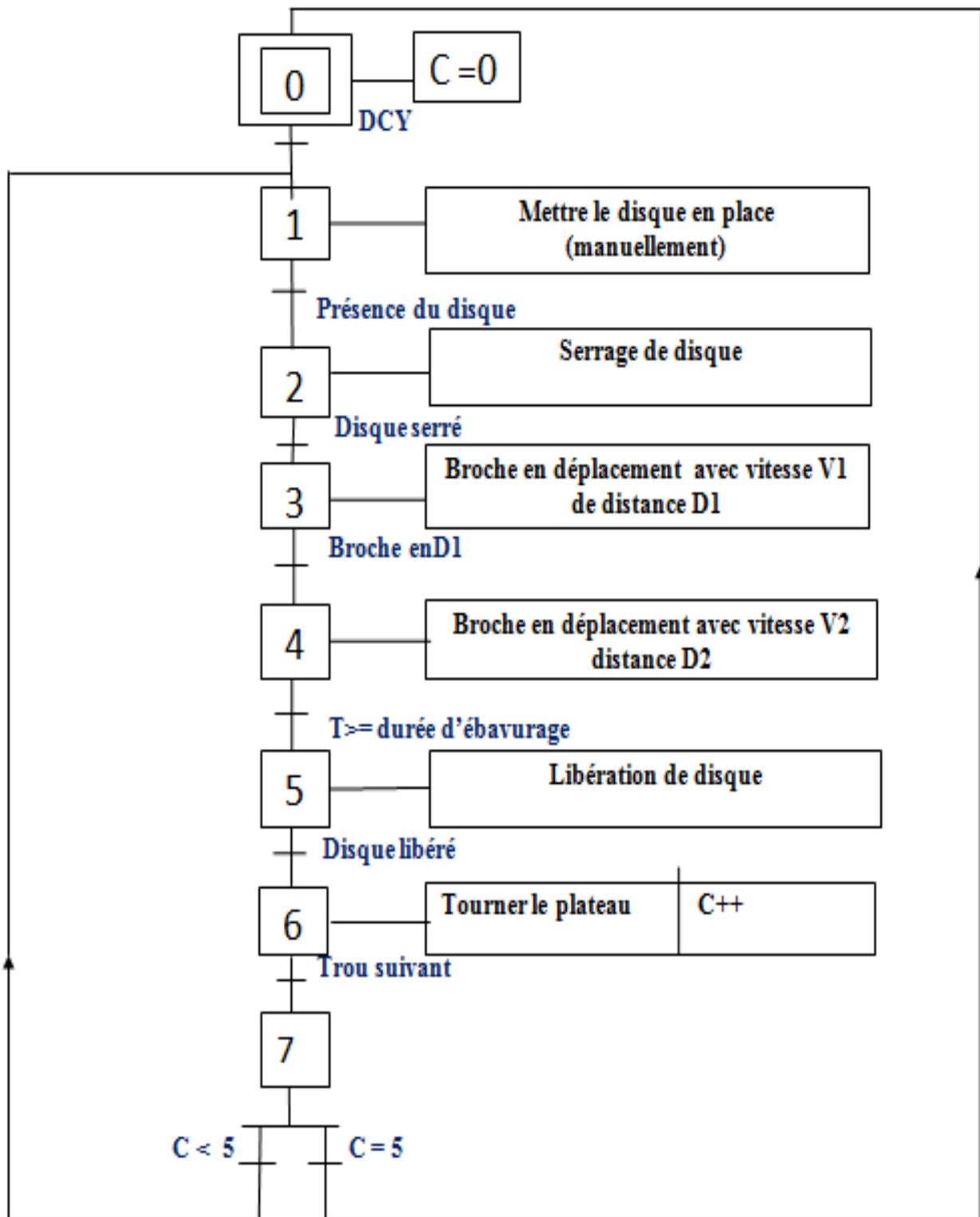


Figure 4.5: organigramme du système

IV. Estimation du coût total de système :

le coût estimé de notre système : la sommation des coûts des éléments du système.

Elément	Prix(€)
Plateau rotatif avec réducteur à vis sans fin	153.76
Moteur pas à pas	14.63
3 Vérin pneumatique	146.06
Régulateur de vitesse	En commande
Bride de Roulement	59.02
8 Ecrous M12	8x 2,19
4 douilles de renfort	4x4, 52
4 bagues de serrage	4x 2,00
2 Rondelle M12	8x 2,63
Ecrou M16	3,09
2 Vis M12	2x2, 08
Distributeur	42.06
3xInterrupteur de fin de course	3x15, 99

Tableau 4.1: le prix de chaque composant du système

La sommation des couts des éléments du système : **827 ,51 €= 8275 DH**

CONCLUSION GENERALE

Ce projet avait comme objectif de modifier une machine d'ébavurage des disques de frein en ajoutant un système automatique pour améliorer sa productivité.

Pour atteindre cette objectif, nous avons commencé à chercher des solutions qui vont faciliter la tâche d'ébavurage et diminuer le temps de cette opération, et en même temps trouver des solutions qui marche bien avec les besoins de l'entreprise (ne change pas beaucoup sur la machine, trouver la solution la moins chère, augmenter la productivité, etc.)

Donc nous avons proposé de fixer un vérin verticalement en haut de la broche et contrôler le déplacement de ce vérin, et l'ajout d'un plateau rotatif avec réducteur à vis sans fin alimenté par un moteur pas à pas pour faire tourner le disque et des tiges de serrage dans le but de faciliter cette opération et assurer la précision. Après nous avons commencé la conception du système sous le logiciel CATIA V5.

Le premier problème que nous avons rencontré est la fixation de vérin, c'est la raison pour laquelle on a conçu un système de fixation démontable, ce système se compose de 2 supports (un pour le vérin et l'autre pour fixer tout le système avec la machine), une plaque pour le régulateur de vitesse et une autre qui fait attacher la tige de vérin avec la broche. Notre étude a confirmé que le système est en sécurité.

Le deuxième problème que nous avons trouvé est comment assurer la stabilité du disque et la bonne position de ses trous lors de l'opération d'ébavurage. Pour éviter ce problème nous avons proposé d'ajouter sur le plateau une pièce d'indexage à respecter au début de l'ébavurage, et 6 pièces parallèles aux trous du disque pour la suite du cycle, ainsi que deux tiges de serrage commandées par deux vérins pneumatiques à double effet.

Concernant la partie automatique nous aurons besoin d'un capteur de position, un autre de contact et évidemment un automate programmable pour commander tout le système et cela sera le sujet de notre prochain stage de notre autoformation.

Ce projet a été une expérience très enrichissante non seulement sur le plan personnel mais aussi sur le plan technique qui a permis de découvrir des méthodes utilisées en pratique.

Bibliographie

- [1] Conception sous CATIA V5 : Mr .H.BINE EL OUIDANE, FST Fès
- [2] Guide du dessinateur industriel chevalier
- [3] Cours résistance des matériaux : Mr .D. SQALLI ,FST Fès
- [4] Guide pneumatique.