

Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention de la
Licence Sciences et Techniques
Spécialité : Conception et Analyse
Mécanique

Titre

**Automatisation du procédé d'ébavurage du
disque de frein**

Lieu

Floquet Monopole

Fès

Présenté par :

- Mehdi Cheghrouchni Chabel

Encadré par :

- Mr. Abdellah El Barkany
- Mr. Hassane Rached

Soutenu le 08/06/2018 devant le jury :

- Pr. Abdellah El Barkany
- Pr. Ahmed El Khalfi

REMERCIEMENTS

Ce travail a été l'objet de contributions de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner ma reconnaissance.

J'adresse mes remerciements les plus sincères à tous mes enseignants à la F.S.T, notamment à mon encadrant **Mr ABDELLAH EL BARKANY** pour sa patience, sa disponibilité et ses conseils inestimables, qui m'ont permis de finir ce travail dans les meilleurs délais.

Je tiens également à exprimer toute ma gratitude à **Mr HASSANE RACHED** pour son partage continu d'expérience tout le long du stage, mais aussi pour son orientation et directives essentielles au cours de ces deux mois.

Je remercie aussi tout le personnel de Floquet monopole pour l'entière disponibilité dont ils ont fait preuve à répondre à mes questions, **Mme FETHEN NAIMA** en particulier pour son aide et engagement indispensables à la réussite de ce travail.

Je remercie aussi le jury **Pr. ABDELLAH EL BARKANY** et **Pr. AHMED EL KHALFI**, pour l'attention qu'ils ont accordés à mon sujet, et de m'avoir fait l'honneur de juger mon travail.

Et bien sûr à toute personne ayant d'une façon ou d'une autre contribué à la réussite de ce travail.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS.....	2
SOMMAIRE.....	3
FIGURES.....	4
TABLEAUX.....	5
INTRODUCTION GENERALE	6
CHAPITRE 1 PRESENTATION DE FLOQUET MONOPOLE	7
1. HISTORIQUE.....	8
2. FICHE TECHNIQUE DE LA SOCIETE	9
3. ORGANIGRAMME ET SERVICES DE LA SMFN.....	9
4. SERVICES DE LA SOCIETES	10
5. CHAINES DE PRODUCTION	12
CHAPITRE 2 PROBLEMATIQUE ET ETUDE FONCTIONNELLE	14
1. INTRODUCTION	15
2. PROBLEMATIQUE ET ETUDE FONCTIONNELLE.....	17
3. SOLUTIONS PROPOSEES	20
CHAPITRE 3 DEVELOPPEMENT DE LA SOLUTION RETENUE.....	24
1. ELEMENTS DE LA SOLUTION RETENUE.....	25
2. ASSEMBLAGE DU SYSTEME.....	33
3. AUTOMATISATION DU SYSTEME.....	38
4. DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT DE LA MACHINE.....	42
1. ESTIMATION DU COUT TOTAL DES ELEMENTS COMPLEMENTAIRES DE LA MACHINE	44
CONCLUSION.....	45
BIBLIOGRAPHIE.....	46

FIGURES

Figure 1 : Vue de la société.....	8
Figure 2 : Organigramme de la SMFN	9
Figure 3 : Composantes du piston.....	12
Figure 4 : Types de disques de frein	13
Figure 6 : Table creuse	15
Figure 5 : Perceuse à colonne conventionnelle	16
Figure 7 : Fixation du disque	17
Figure 8 : Diagramme Bête à cornes.....	18
Figure 9 : Diagramme de pieuvre.....	18
Figure 10 : Diagramme de FAST.....	19
Figure 11 : Perceuse automatisée moteur.....	20
Figure 12 : Perceuse automatisée vérin.....	21
Figure 13 : Broche multiples.....	21
Figure 14 : Table vérins pneumatique.....	22
Figure 15 : Eléments du système	25
Figure 16 : Vérin pneumatique double effet	27
Figure 17 : Fonctionnement du vérin	27
Figure 18 : Support inférieur.....	28
Figure 19 : Support supérieur.....	29
Figure 20 : Support vérin 3	29
Figure 21 : Pièces d'assemblage.....	30
Figure 22 : Mécanisme de rotation.....	31
Figure 23 : Mécanisme de fixation.....	31
Figure 24 : Mécanisme de translation	32
Figure 25 : Système monté sur une perceuse	33
Figure 26 : Rotation du disque	34
Figure 27 : Abaque longueur de tige sans flambage	36
Figure 28 : Electrodistributeur 4/2 bistable.....	38
Figure 29 : Schéma électrodistributeur	38
Figure 30 : Capteur de contact	38
Figure 31 : Capteurs dans la table de positionnement.....	39
Figure 32 : Capteurs de position magnétique.....	39
Figure 33 : Positionnement capteurs magnétique	39
Figure 34 : Schéma Grafcet.....	40

TABLEAUX

Tableau 1 : Fiche technique Floquet monopole	9
Tableau 2 : Operations d'usinage disque de frein	13
Tableau 3 : Composantes de la perceuse	16
Tableau 4 : Avantages et inconvénients des solutions	23
Tableau 5 : Désignation des éléments du système	26
Tableau 6 : Eléments du vérin	27
Tableau 7 : Caractéristiques du vérin 1	34
Tableau 8 : Caractéristiques du vérin 2	35
Tableau 9 : Caractéristiques du vérin 3	36
Tableau 10 : Eléments du schéma électrique	42
Tableau 11 : Coût des Eléments	44

INTRODUCTION GENERALE

Le secteur automobile de plus en plus proéminent a connu une forte croissance au Maroc favorisée par un développement technique et économique du pays et d'une grande envie d'accroître ses compétences dans ce secteur, cette croissance tout de même internationale implique une hausse des exigences de qualité suite à une compétitivité de plus en plus acharnée sur des parts de marché de plus en plus difficiles à atteindre, les sociétés sont donc amenées à apporter une amélioration constante du produit et des procédés de fabrication, et donc d'adopter une série de principes et démarches couvrant la totalité de ses composantes, essentielles à la survie de chaque société.

Floquet monopole, grand joueur dans son secteur d'activité au Maroc, reste fidèle à ce concept œuvrant d'avantage à satisfaire les besoins du client et les normes internationales. C'est dans ce cadre que j'ai été amené au sein de mon entreprise hôte à mettre en œuvre mes acquis en conception et analyse mécanique afin d'automatiser et par se fait améliorer la performance d'un procédé d'ébavurage. Le travail suivant porte en première partie sur des généralités concernant la société, ses services internes et ses produits; en deuxième partie sur la problématique, une étude fonctionnelle du projet et les solutions proposées, suivi par une étude approfondie de la solution retenue.



CHAPITRE 1

PRESENTATION DE FLOQUET MONOPOLE

1. HISTORIQUE

La Société Marocaine des Fonderies du Nord a été créée en 1981, dans le quartier industriel Sidi Brahim, lot 59, rue 812, Fès, Maroc. La Société Marocaine des Fonderies du Nord SMFN est une société de fonderie, d'usinage et de vente des axes en acier, des chemises en fonte grises de pistons en alliage d'aluminium et de disques de freins.

La SMFN est une société anonyme dont le capital est : 21.800.000 DHS et qui réalise un chiffre d'affaires de plus de 80 millions DHS par an. La SMFN a une production qui varie en fonction des années. Pour l'année 2002-2003, la production a atteint une valeur de plus de 600.000 pistons.

La SMFN dispose d'une clientèle multinationale, demandant un certain degré de qualité. Contrainte donc à améliorer ses moyens de production de contrôle et d'exportation, la société s'est donnée pour objectif de parvenir à remplir les exigences de conformité de plusieurs normes internationales dont la ISO 9001 version 2008 et la norme ISO TS/16949 2009 ont été atteintes.



Figure 1 : Vue de la société

2. FICHE TECHNIQUE DE LA SOCIETE

Tableau 1 : Fiche technique Floquet monopole

Raison sociale	Société Marocaine des Fonderies du Nord (SMFN) : Floquet monopole (FM).
Forme	Société anonyme (SA)
Date de création	1981
Siege	Quartier Industriel Sidi Ibrahim, Lot 59, Rue 813 Fès-Maroc
Activité	Fabrication par moulage de pistons en alliage d'aluminium Usinage de disque de frein
Activité (future)	Fabrication de frein à tambour
Certifications	ISO 9001 2008-ISO/TS 16949 2009-Certified IQNET
Capital	20800000 DHS
Chiffre d'affaire	80 millions DHS

3. ORGANIGRAMME ET SERVICES DE LA SMFN

La gestion de La Société Marocaine des Fonderies du Nord est répartie entre plusieurs services dédiés à remplir une ou plusieurs tâches et responsables de la qualité et performance de leurs fonctions respectives.

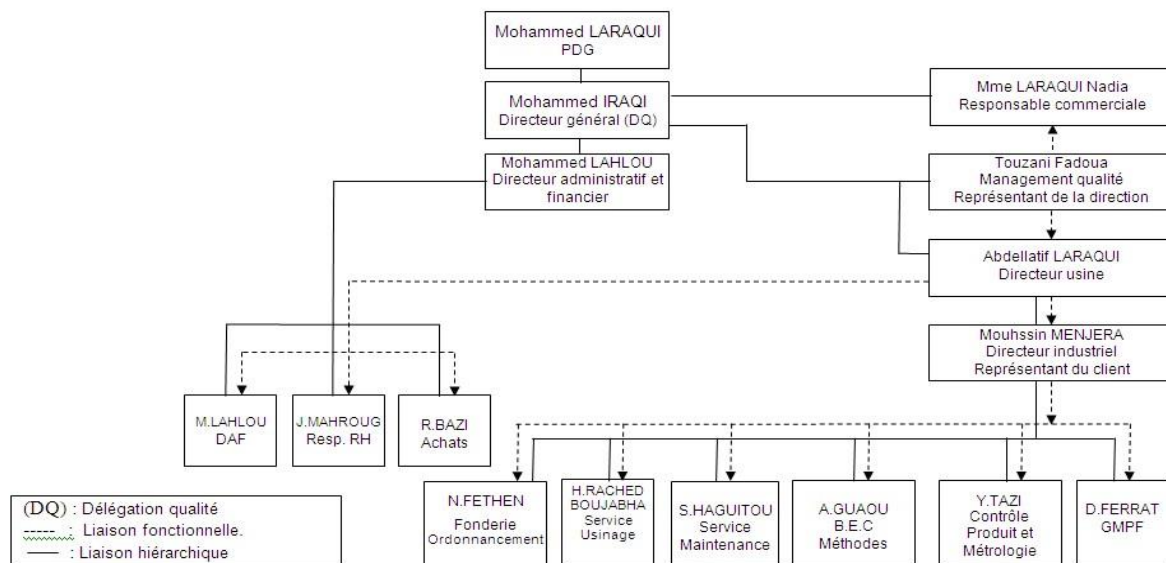


Figure 2 : Organigramme de la SMFN

4. SERVICES DE LA SOCIETES

4.1 BUREAU D'ÉTUDE

Dont la fonction est de concevoir le produit, de choisir les matériaux, d'étudier son fonctionnement, et de livrer en fin de compte les dessins techniques et les caractéristiques du produit.

4.2 BUREAU DE MÉTHODE

Le bureau de méthode œuvre entre le bureau d'étude et la production, et est chargé de concevoir et de fournir les outils nécessaires à la fabrication, suivant les demandes techniques, financières et humaines de la société.

4.3 SERVICE FONDERIE

Ce service est responsable de la production fonderie tant au niveau de la qualité, que de la quantité, Il est chargé de faire respecter les procédures et les règles de sécurité dans le travail. La fonderie de SMFN utilise des alliages d'aluminium importés. Ces alliages sont conformes aux cahiers de charges des constructeurs automobiles.

4.4 SERVICE USINAGE

Le service d'usinage est responsable de la réalisation des pièces finies ou semi-finies à l'aide de machines à commande numérique après que celles-ci ont complètement remplacé les machines conventionnelles autre fois utilisées.

4.5 SERVICE CONTRÔLE

Des contrôles sont exigés par ce service à chaque réception de brut et de début de fabrication, suivi par des contrôles fréquents de lots finis ou en-cours à l'aide de machines appropriées. Il impose aussi aux opérateurs des contrôles à chaque procédé et veille à l'étalonnage et le calibrage des instruments utilisés et intervient à tout problème de fonctionnement.

Ce service dispose d'une large gamme d'outils d'analyse et de contrôle :

- Des spectromètres pour l'analyse qualitative et quantitative de la matière au niveau de la fonderie en respectant le cahier des charges ;
- Un rugosimètre pour le contrôle de la rugosité ;
- Un microscope ;
- Un duromètre pour le contrôle de la dureté.

4.6 SERVICE MAINTENANCE

S'occupe de l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié en garantissant à ces derniers un bon état de fonctionnement.

Et se charge d'apporte une maintenance préventive à l'ensemble des biens de la société dont le but est de réduire le taux de pannes, une maintenance corrective après défaillance et une maintenance systématique qui a pour fonction de remédier sur-le-champ.

4.7 SERVICE QUALITÉ

Ce service assure le bon fonctionnement du système management de la qualité et l'efficacité des activités au sein de la société il assure par se fait la tenue à jour de la société en matière de normes et certifications, le respect et la révision du manuel qualité et veille à l'efficacité de toute action corrective.

4.8 SERVICE ORDONNANCEMENT

C'est un service qui s'occupe du positionnement réel dans le temps, des dates de début et de la fin des opérations (ou groupes d'opérations) afin de tenir les détails de fabrication.

4.9 L'ATELIER MECANIQUE

Est chargé de réaliser les outillages fonderie/usinage unitaires en référant aux dessins de définition fournis par le bureau d'étude, et les pièces de rechange demandées par le service maintenance en se basant sur les plans établis par le service méthode.

4.10 SERVICE RESSOURCES HUMAINES

Il occupe une grande importance au sein de la société SMFN, il est chargé de toutes les fonctions administratives et professionnelles de l'ensemble du personnel de l'usine.

4.11 SERVICE EMBALLAGE

Une fois les contrôles achevés, le service emballage se charge de les classer et les ajuster avec les chemises suivant trois classes A, B, C correspondant chacune a une marge sur leurs intervalles de tolérance et selon la demande du client. L'opération s'achève par une livraison ou une expédition.

5. CHAINES DE PRODUCTION

5.1 PISTON

Le piston est une pièce généralement de section circulaire couissant dans un cylindre, dans notre cas celui d'un moteur à combustion interne, la variation de pression que provoque son déplacement permet la conversion de pression en travail et vice-versa.

Floquet monopole se réserve la fabrication complète du piston du lingot bruts d'aluminium approvisionné par l'un de leurs associés jusqu'aux moindres finitions, lavage et contrôles dimensionnelles, en faisant usage complet des structures et machines dont dispose l'usine.

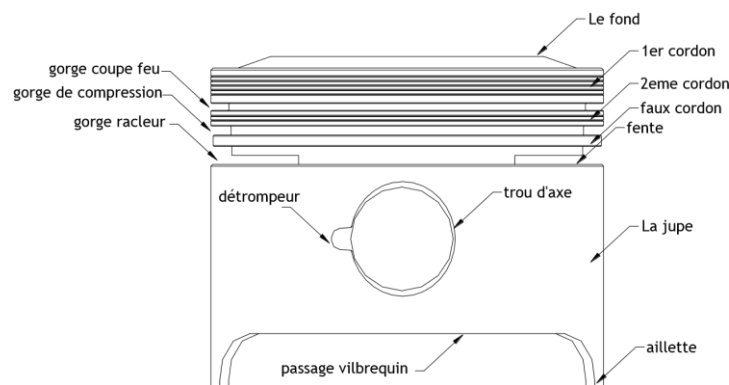


Figure 3 : Composantes du piston

5.2 DISQUE DE FREIN

Le disque de frein fait partie d'un système utilisant ce dernier, fixé sur le moyeu de la roue, et des plaquettes, venant frotter de chaque côté du disque. Les plaquettes sont maintenues dans un étrier (frein fixe) ou une chape (frein coulissant), L'effort ainsi généré provoque le serrage puis le frottement des plaquettes sur le disque. La force de frottement entre les plaquettes et le disque crée le couple de freinage mais aussi de la chaleur, qui doit être évacuée le plus rapidement possible pour éviter une déformation du disque.

Floquet monopole reçoit des disques de frein brut en fonte GL de la part de la société lingotes especiales, et se charge de l'usinage et finition du produit comme le montre le tableau OPS.

Deux types de disques sont usinés au cœur de la société :

- ❖ Les disques pleins.
- ❖ Les disques ventilés en deux dimensions 258*12 et 259*22.

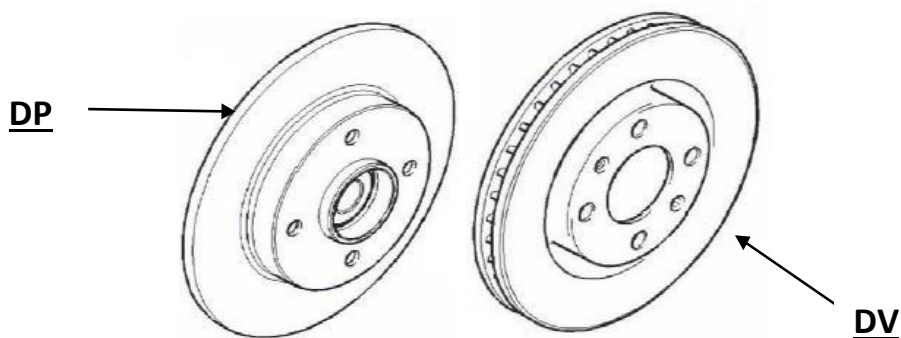


Figure 4 : Types de disques de frein

Tableau 2 : Operations d'usinage disque de frein

Code Poste	Description des opérations
Op 10	Réception et contrôle des disques bruts.
Op 20	Tournage : enlèvement de matière par dressage, chariotage et chanfreinage des faces non usinées.
Op 30	Tournage: enlèvement de matière par dressage, alésage et chanfreinage des diamètres non usinés.
Op 40	Tournage: finition des surfaces usinées dans les opérations précédentes.
Op50	Perçage de 4 trous. Perçage et fraisage de 2 trous.
Op 60	Ebavurage des 6 trous
Op70	Lavage
Op 80	Equilibrage et gravure
Op 90	Contrôle visuel
Op 100	Peinture



CHAPITRE 2

PROBLEMATIQUE ET ETUDE FONCTIONNELLE

1. INTRODUCTION

Le procédé sur lequel se porte le projet est celui d'un ébavurage ou OP 60 selon la dénomination de la société, et est réalisé par un opérateur manuellement sur une perceuse à colonne conventionnelle, ce procédé concerne les 6 trous dont dispose le disque ventilé.

1.1 PROCEDE

L'ébavurage est une action dont le but est de débarrasser une pièce de ses bavures, le nom donné au surplus involontaire de matière issu après un usinage de la pièce, dans notre cas après l'OP 50 ou usinage des trous, dut soit à ses caractéristiques ou à l'outil d'usinage et les paramètres de fabrication.

1.2 MACHINE UTILISEE

La machine utilisée est une perceuse conventionnelle à colonne fixée au sol, disposant d'une table où la pièce est posée, d'un levier pour contrôler le déplacement vertical de la broche, une broche dont le foret a été adéquatement remplacé pour le travail demandé, la perceuse dispose aussi d'un système de lubrification, bien qu'il ne soit pas utilisé pour l'opération étudié vu la faible vitesse de rotation de la broche.

Cette perceuse bien que datée permet des perçages puissants et précis et peut comme le cas étudié être utilisé pour plusieurs formes d'usinage.

La perceuse utilisée dans la société dispose d'une table creuse sur laquelle a été placée une plaque pour supporter l'outil de fixation, ce concept de table creuse sera de grande importance pour la conception du projet, une conception sous CATIA a été réalisée pour donner une idée sur la machine.

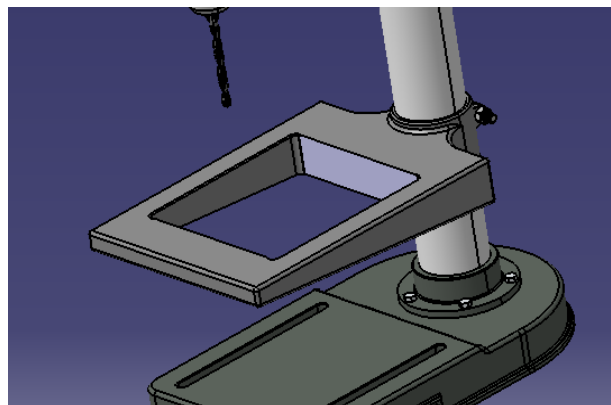


Figure 5 : Table creuse

Tableau 3 : Composantes de la perceuse

1	Base
2	Table réglable
3	colonne
4	Moteur
5	levier
6	mandrin
7	poulie
8	courroie
9	carter
10	broche

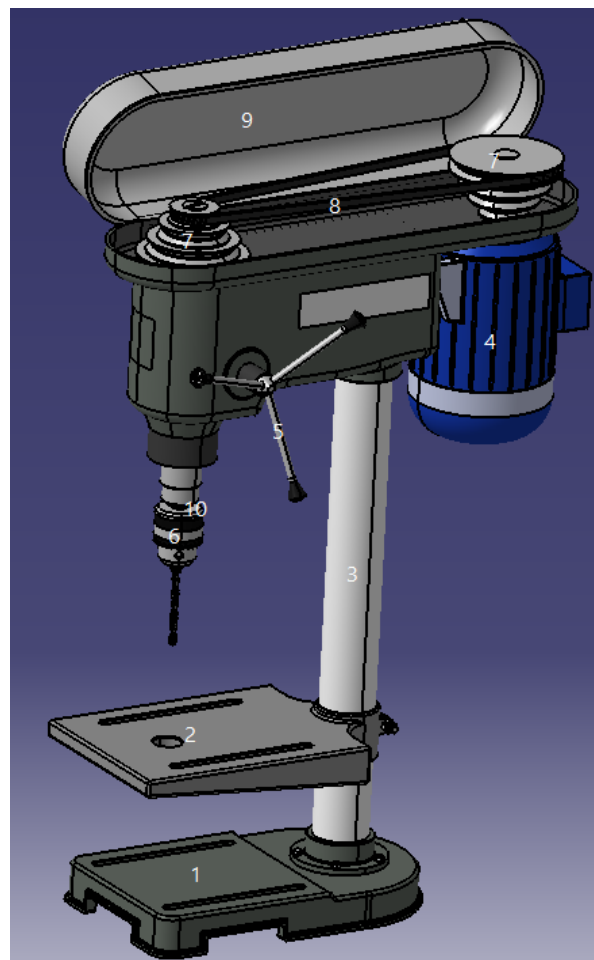


Figure 6 : Perceuse à colonne conventionnelle

1.3 OUTIL DE FIXATION

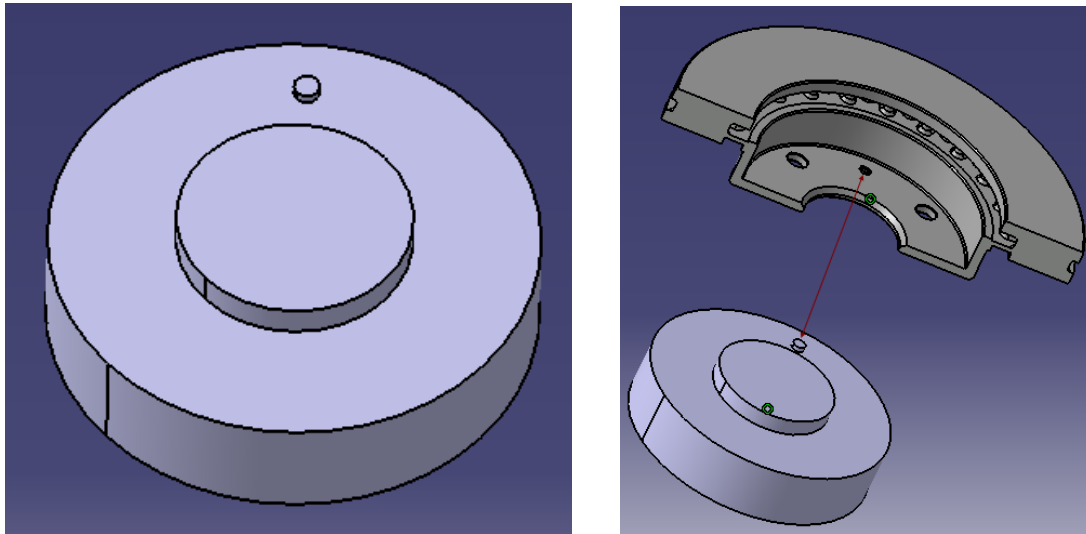


Figure 7 : Fixation du disque

L'outil de fixation est un dispositif de forme cylindrique fixé sur la table de la perceuse, sur lequel se trouvent deux autres extrusions cylindrique, l'une concentrique destinée vers le trou central du disque de frein, et l'autre vers l'un des deux trous chanfreinés.

2. PROBLEMATIQUE ET ETUDE FONCTIONNELLE

L'opération d'ébavurage accomplie dans la société consiste à la mise en position du disque de frein par l'opérateur sur l'outil de fixation maintenu sur la table de la perceuse, de faire descendre la broche vers le trou à usiner en appuyant sur le levier, de le remonter et de tourner le disque pour aligner la broche avec sa nouvelle cible. Cette opération est réalisée pour les six trous du disque ventilé à travers sa face interne.

Le projet se porte sur l'automatisation de ce procédé en œuvrant sur la minimalisation des interactions operateur-machine, et donc de fournir une solution pour l'obtention d'une rotation automatique de la pièce fixée sur la table et d'un déplacement automatique et coordonnés vers la broche, en laissant à l'opérateur que la mise en position et retrait de la pièce, et démarrage ou arrêt de l'usinage en appuyant sur des boutons donnés.

Pour cela une étude fonctionnelle a été mise au point, basée sur la réalisation de plusieurs diagrammes.

2.1 DIAGRAMME BÊTE A CORNES

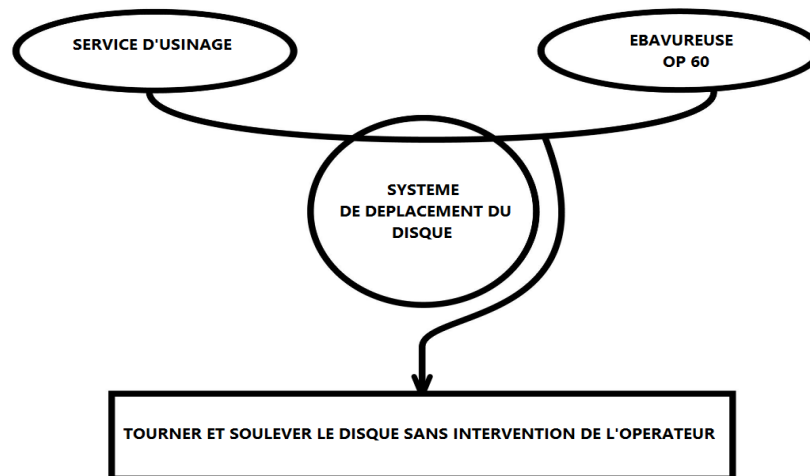


Figure 8 : Diagramme Bête à cornes

Ce diagramme permet de répondre à trois questions fondamentales :

- ❖ A qui le projet rend-il service ? Il rend service au service d'usinage.
- ❖ Sur quoi agit-il ? Il agit sur l'ébavureuse (OP 60).
- ❖ Dans quel but ? Dans le but de tourner et déplacer le disque sans intervention de l'opérateur

2.2 DIAGRAMME DE PIEUVRE

Le diagramme de pieuvre schématise l'environnement du système et les fonctions qu'il doit accomplir.

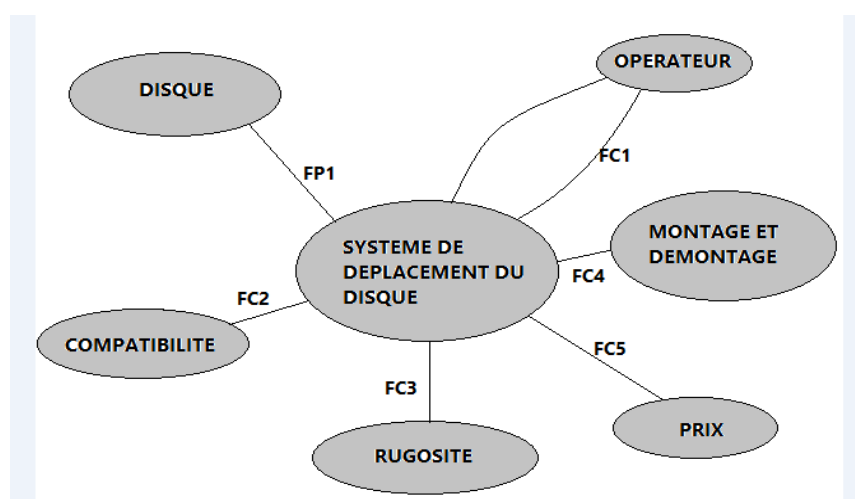


Figure 9 : Diagramme de pieuvre

FP1 : le système doit orienter le disque de façon précise pour réaliser l'usinage

FC1 : facile à utiliser, et ne présente aucun danger à l'opérateur.

FC2 : le système doit être compatible avec les installations de la société sans autres modifications :
type d'alimentation, ne gêne pas les autres machines.

FC3 : le système doit résister aux conditions extérieures.

FC4 : le système ne doit pas être indécollable ou alter la perceuse de façon permanente.

FC5 : le prix du système doit être raisonnable.

2.3 DIAGRAMME FAST

Le diagramme FAST permet de développer les fonctions de service du produit en fonctions techniques, et de proposer des solutions adéquates à chaque fonction.

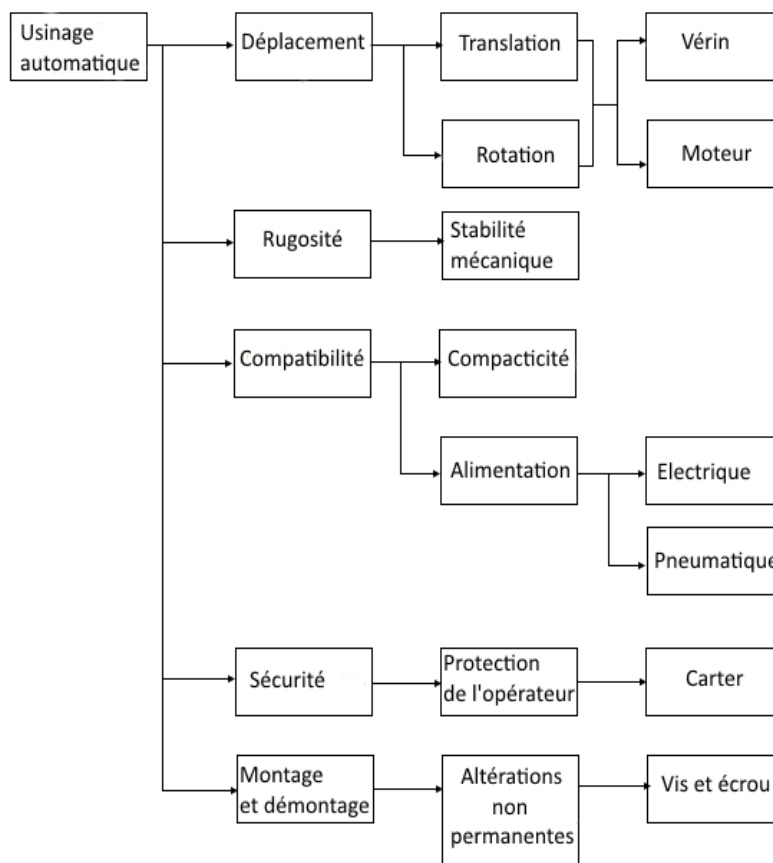


Figure 10 : Diagramme de FAST

2.4 AVANTAGES DE L'AUTOMATISME

- ❖ Précision accrue et donc une meilleure qualité du produit.
- ❖ Productivité accrue.
- ❖ Plus de sécurité pour l'opérateur.
- ❖ Travail simplifié.
- ❖ Compétitivité accrue.

3. SOLUTIONS PROPOSEES

La nature du projet donne la possibilité d'entreprendre plusieurs solutions différentes à la réalisation du travail demandé; de changements sur la perceuse, sur la table, sur les deux ou même la création d'un système nouveau.

3.1 MODIFICATION DE LA PERCEUSE

Cette approche consiste à modifier la perceuse en y intégrant une sorte de motorisation pour avoir le déplacement automatique désiré.

L'utilisation d'un moteur asynchrone triphasé lié directement au pignon du levier permettra de réaliser le déplacement vertical de la broche, la vitesse et le sens peuvent être contrôlés par un simple circuit de commande.

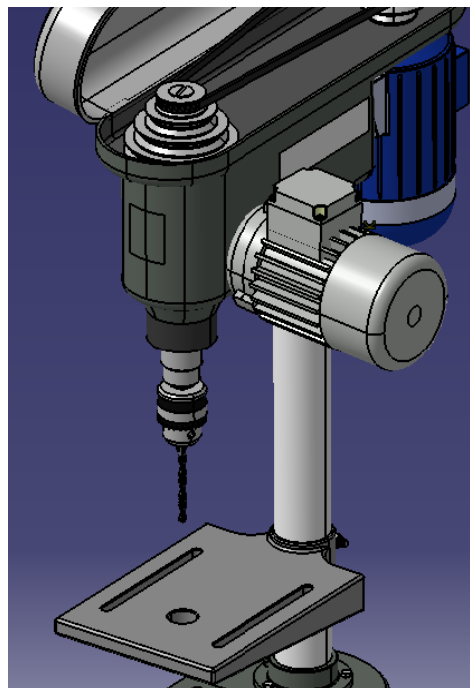


Figure 11 : Perceuse automatisée moteur

Ce déplacement peut être aussi effectué en fixant la tige d'un vérin pneumatique à la base de la broche, le mouvement linéaire de la tige liée à la broche permettra d'avancer ou de retirer la broche de manière très précise.

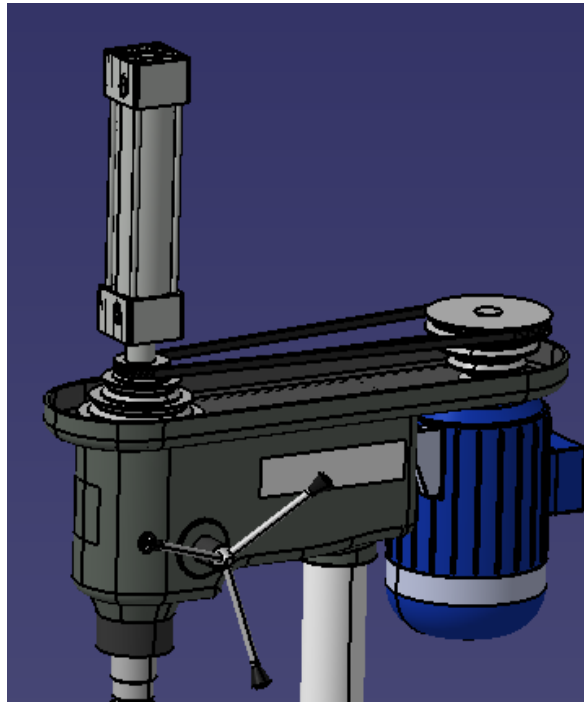


Figure 12 : Perceuse automatisée vérin

Pour l'usinage des trous aucun déplacement ou rotation sont nécessaires, puisque la perceuse a pour avantage d'être munie d'une tête multi broche, ce qui permettra un usinage uniforme des six trous en un seul déplacement.



Figure 13 : Broche multiples

3.2 MODIFICATION DE LA TABLE

Et consiste à créer un dispositif capable de réaliser les déplacements désirés, destiné à être fixé sur la table de la perceuse, comme dans le cas précédent plusieurs formes de motorisations sont disponibles, de l'utilisation de vérins pneumatiques ou de moteurs électriques, ce cas nécessite l'ajout d'un autre vérin pour bloquer la table pendant le retrait du vérin de rotation.

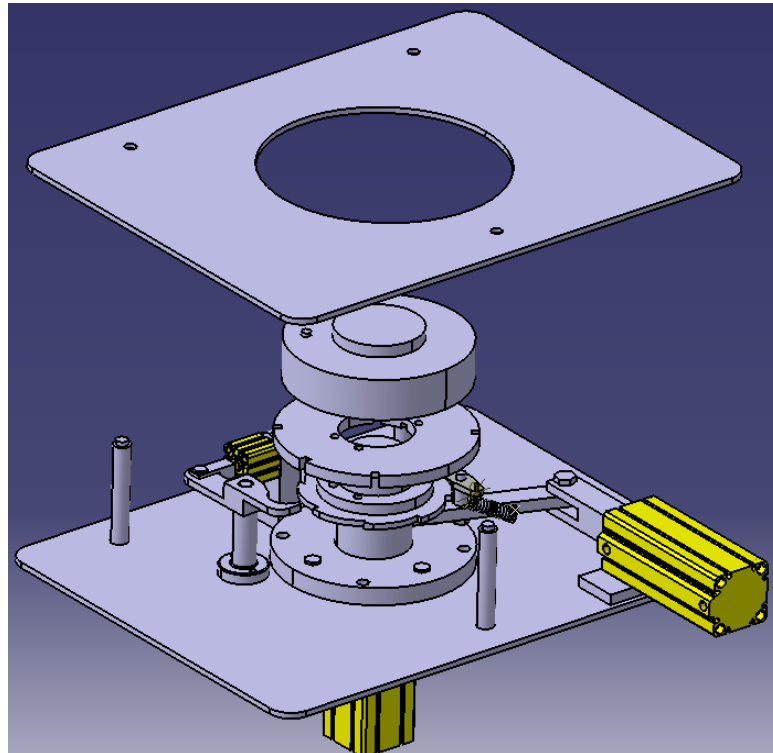


Figure 14 : Table vérins pneumatique

3.3 COMPARAISON DES DEUX SOLUTIONS

Tableau 4 : Avantages et inconvénients des solutions

			Avantages	Inconvénients
Solutions	Modification de la perceuse	Moteur	Faible coût de fabrication facile à créer	Bruyant Faible Précision comparé aux autres solutions Plus d'utilisation manuelle Machine fixée à une seule utilisation Requiert une tête multibroche
		Vérin	Silencieux précis Utilisation manuelle retenue économique	Coût de fabrication élevé Machine fixée à une seule utilisation Requiert une tête multibroche
	Modification De la table	Moteur	Versatile démontable	Bruyant Exige la fabrication de plusieurs pièces
		Vérin	Versatile Silencieux Démontable Précis économique	Exige la fabrication de plusieurs pièces

Il a fallu cependant choisir entre ces deux solutions en ce basant sur leurs compatibilités avec l'étude réalisée auparavant.



CHAPITRE 3

DEVELOPPEMENT DE LA SOLUTION RETENUE

Le système retenu vu sa compatibilité avec le cahier de charge révolve sur trois vérins utilisés de manières différentes dans un seul système automatique pour accomplir l'objectif désigné.

1. ELEMENTS DE LA SOLUTION RETENUE

La figure 15 présente les différents éléments de la solution retenue.

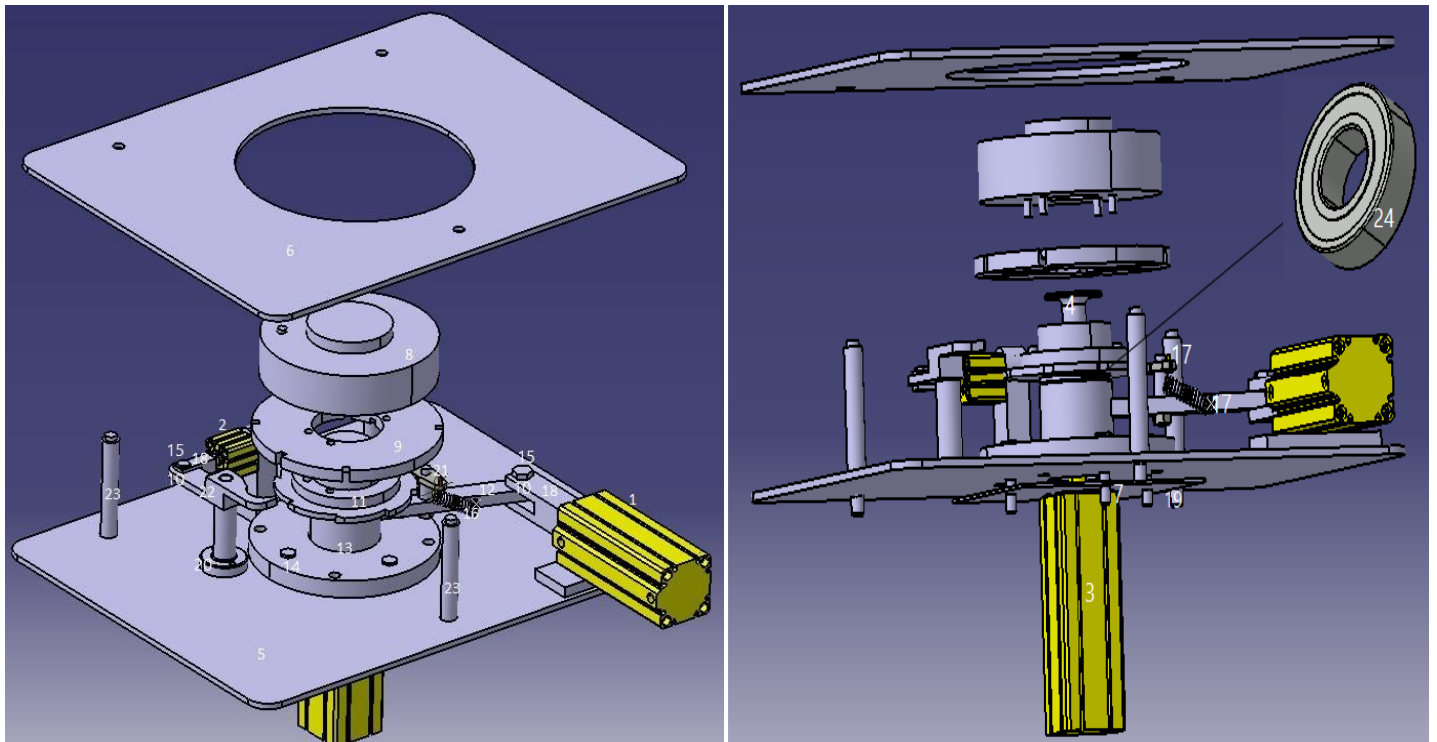


Figure 15 : Eléments du système



Tableau 5 : Désignation des éléments du système

N°	désignation	matière	Nombre
1	Vérin 1	-	1
2	Vérin 2	-	1
3	Vérin 3	-	1
4	Extension tige 3	-	1
5	Support inférieur	L316	1
6	Support supérieur	L316	1
7	Support vérin 3	L316	1
8	Table de fixation	Acier	1
9	Plaque de positionnement	Acier	1
10	Rondelle	Inox	1
11	Cliquet	Acier	1
12	Manivelle	Acier	1
13	Support cylindrique	L316	1
14	Vis M12	Acier	8
15	Vis M16	Acier	4
16	Ressort	-	1
17	Ancre ressort	Acier	2
18	Chape	Acier	2
19	Ecrou M16	Inox	8
20	Arbre en porte-à-faux	Acier	1
21	Griffe	Acier	1
22	doigt	Acier	1
23	colonne	L316	3
24	Roulement à billes	Acier	1

1.1 VERIN PNEUMATIQUE DOUBLE EFFET

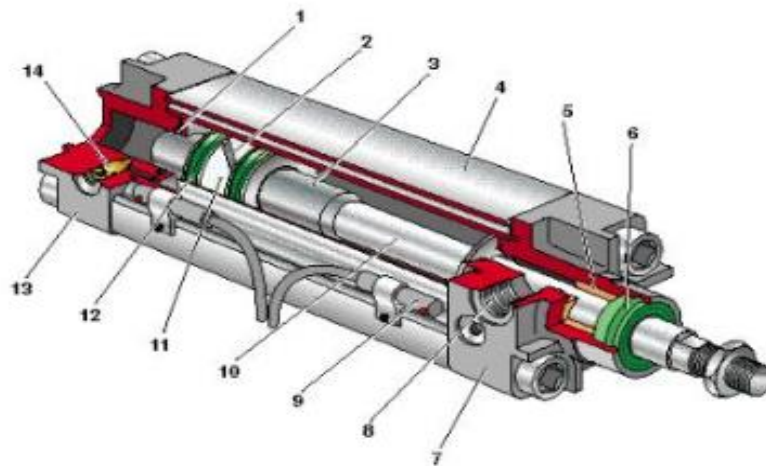


Figure 16 : Vérin pneumatique double effet

Tableau 6 : Eléments du vérin

1	Joint d'amortisseur	8	Orifice coté tige
2	aimant	9	Capteur magnétique
3	Douille d'amortisseur	10	tige
4	tube	11	Bague de guidage
5	Douille guide	12	Joint de piston
6	Joint de tige et racleur	13	Flasque arrière
7	Flasque avant	14	Vis réglage d'amortisseur

Un vérin pneumatique double effet est composé d'un tube dans lequel un piston mobile sépare le vérin en deux chambres isolées, le déplacement du piston et par cela la tige attachée à lui est causé par l'introduction de fluide à travers un ou plusieurs trous dans l'une des deux chambres.

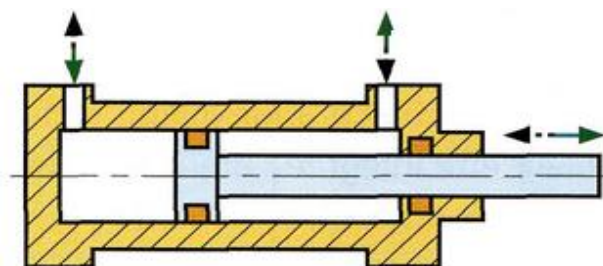


Figure 17 : Fonctionnement du vérin

Ces vérins seront alimentés et contrôlés à l'aide d'électro distributeurs 4/2 et capteurs de position magnétiques, comme remarqué le système utilise trois vérins de caractéristiques différentes dont les différentes valeurs seront calculées après.

1.2 SUPPORT ET ELEMENTS DE FIXATION

(1) Support inférieur

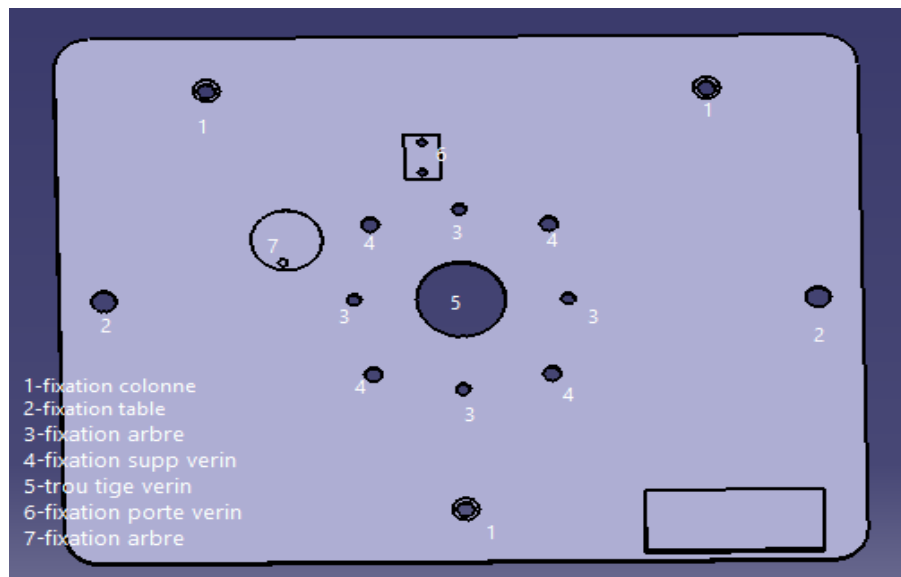


Figure 18 : Support inférieur

Le support inférieur est une plaque rectangulaire de 450*350*5mm en acier I316, conçu pour supporter l'ensemble des pièces du système, plusieurs trous ont été usinés dessus pour permettre la fixation des pièces ou le passage d'éléments à travers.

(2) Support supérieur

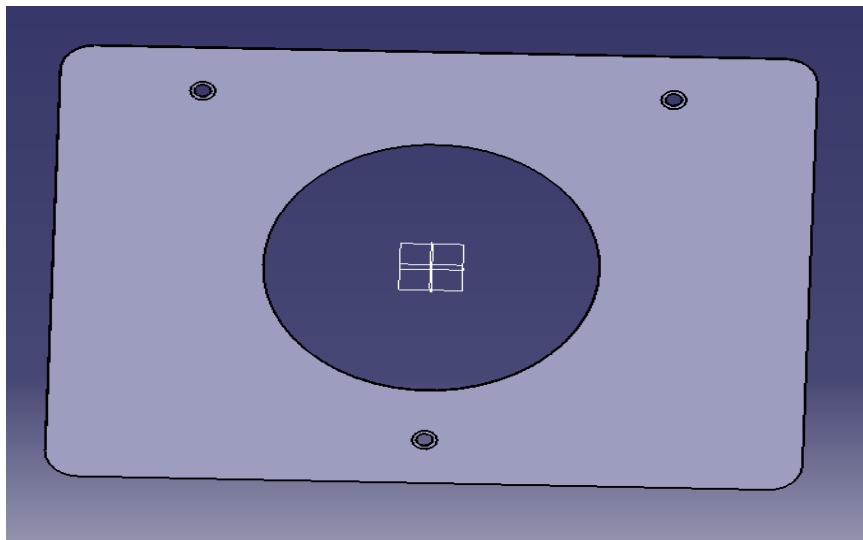


Figure 19 : Support supérieur

Le support supérieur est de mêmes dimensions que son équivalent inférieur, et est conçu pour protéger le système de coupeaux et l'opérateur des mouvements du mécanisme.

(3) Support vérin 3

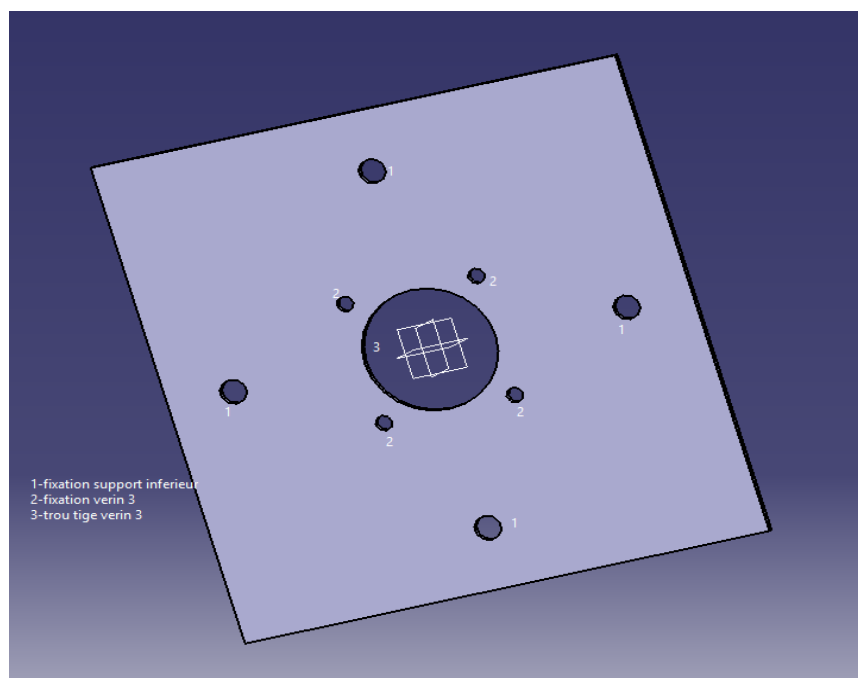


Figure 20 : Support vérin 3

Ce dernier est une plaque en acier I316 de 160*160*5mm conçue pour fixer le vérin 3 au support inférieur, puisque les trous de fixation du vérin sont confondus avec le trou principal de ce dernier.

(4) 1.3 Matériel utilisé

Le matériel choisi pour la création des supports de vérin, des colonnes et du support cylindrique a été décidé d'être l'acier inoxydable 316L (X2CrNiMo17-12-2) pour ses propriétés multiples :

- ❖ Grande résistance à la corrosion, notamment en matière de corrosion par piqure grâce à son pourcentage de molybdène.
- ❖ Grande résistance à la corrosion en cas de soudage suite à sa faible teneur en carbone.
- ❖ excellente formabilité.
- ❖ très bonne résistance à la traction.
- ❖ Caractéristiques mécaniques :
 - Résistance à la traction : 510 MPA
 - Limite d'élasticité minimale : 320 MPA
 - Masse volumique : 8000 kg/m³

(5) Pièces d'assemblage

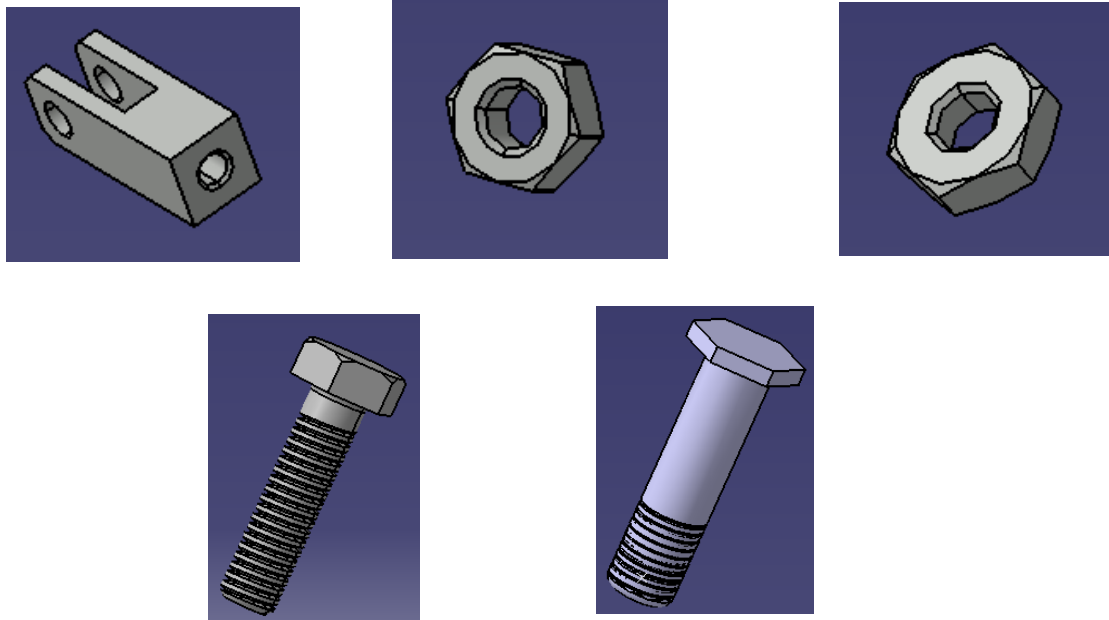


Figure 21 : Pièces d'assemblage

1.3 MECANISME DE ROTATION

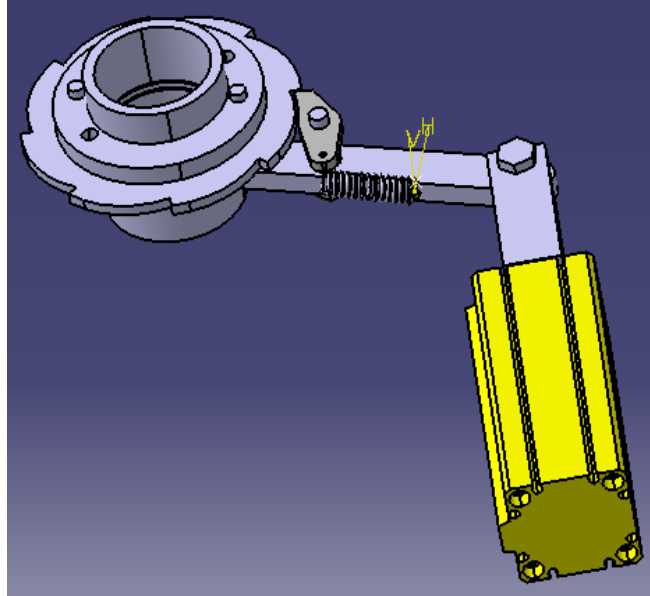


Figure 22 : Mécanisme de rotation

Le mécanisme de rotation se charge de convertir la translation de la tige du vérin 1 en mouvement de rotation à travers une manivelle, sur laquelle est placée une griffe sous la tension d'un ressort, l'effort qu'elle applique sur l'une des dents du cliquet cause la rotation du système de 45° dans le sens anti horaire pour chaque translation, et bloque toute rotation dans le sens contraire.

1.4 MECANISME DE FIXATION

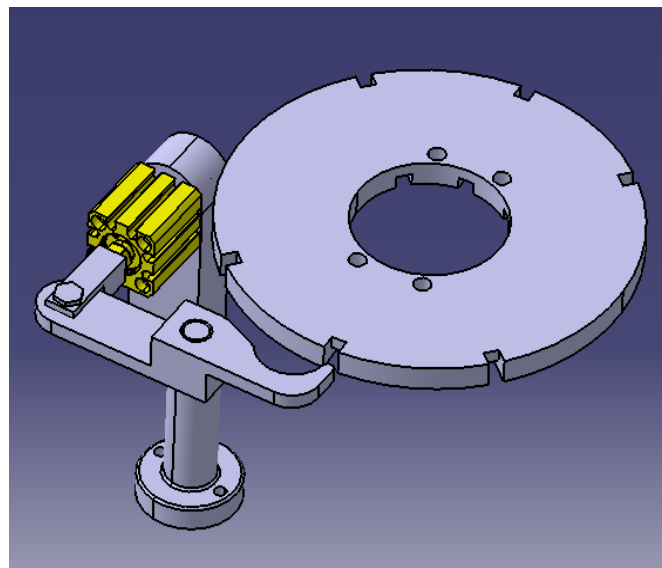


Figure 23 : Mécanisme de fixation

Le mécanisme de fixation se compose d'un vérin dont le déplacement de la tige cause la rotation d'un doigt, et donc son insertion dans l'une des poches de la table de positionnement conçus en égard de la position des trous du disque de frein à usiner, la table de positionnement du mécanisme est déposée sur le cliquet et donc suit son mouvement.

Le but de ce mécanisme est de bloquer la partie supérieure du système pendant le retrait de la tige du vérin 1 et ainsi éviter tout trouble y résultant.

1.5 MECANISME DE TRANSLATION

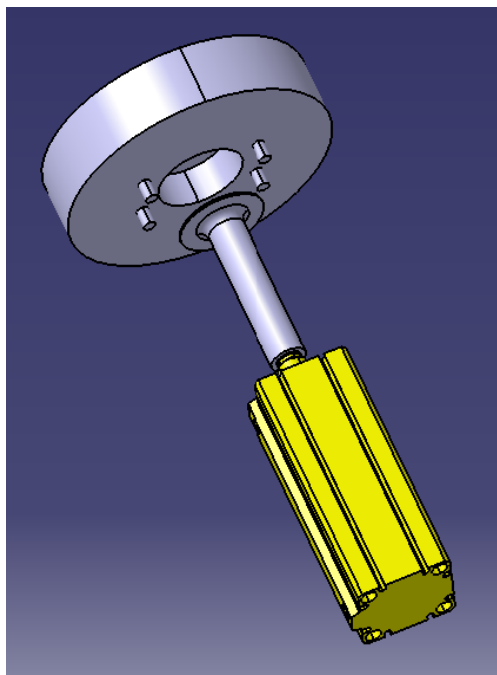


Figure 24 : Mécanisme de translation

Ce mécanisme dont le but est de déplacer le disque vers la broche fait usage 'classique' du vérin 3, dont la tige est reliée à une extension en contact avec l'outil de fixation, et sert donc à déplacer le disque verticalement vers la broche.

2. ASSEMBLAGE DU SYSTEME

Le système comme remarqué a été conçu pour être placé directement sur la table de la perceuse à colonne conventionnelle sans aucune modification préalable.

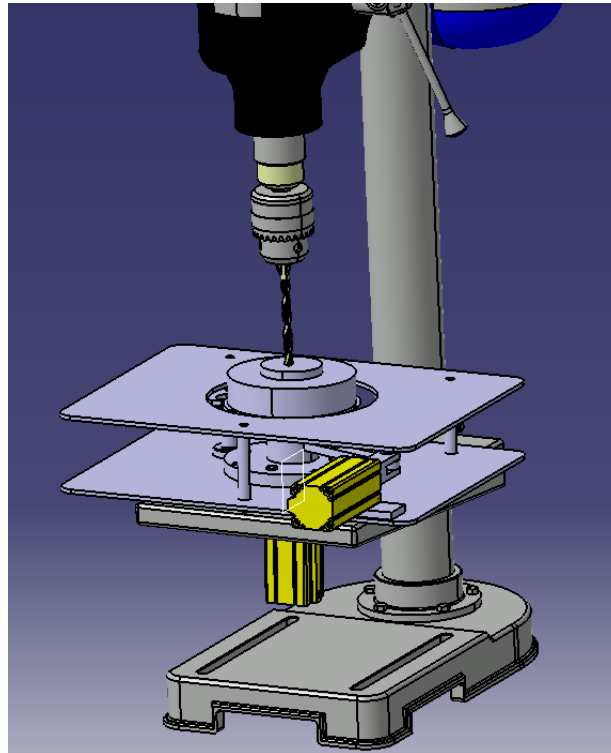


Figure 25 : Système monté sur une perceuse

2.1 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU SYSTEME AUTOMATISE D'EBAVURAGE

Après la mise en position du disque et activation du système, le vérin 2 bloque la table de positionnement, le vérin 3 déplace l'outil de fixation et le disque vers la broche pour usinage du trou 1, après retrait du vérin 3, le vérin 2 se retire et la translation de la tige du vérin 1 tourne la table de 45°, le vérin 2 bloque la table de positionnement et le cycle est refait jusqu'à usinage des 6 trous.

Il est important de remarquer que les vérins 2 et 3 sont maintenu inactifs entre les trous 3-4 et 6-1 puisque le vérin 1 doit tourner la table de 90°, ce blocage est réalisé à l'aide de capteurs auxquels une partie détaillée a été consacrée plus loin dans le rapport.

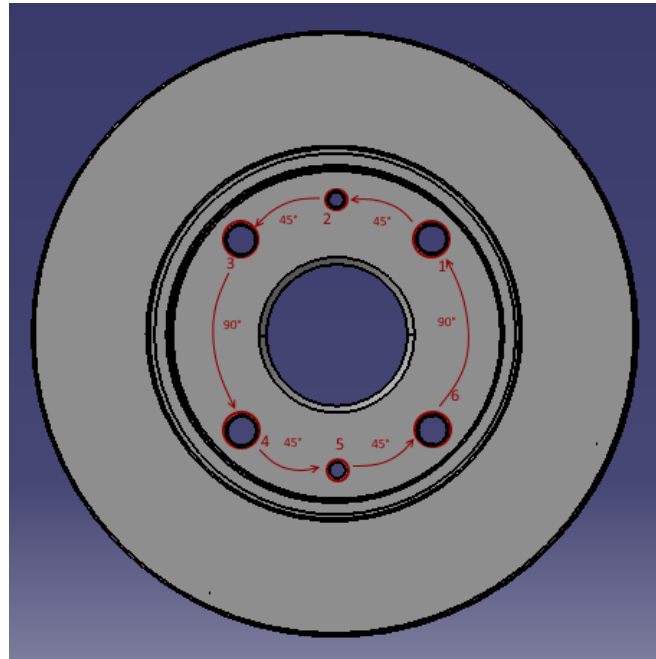


Figure 26 : Rotation du disque

2.2 VERIFICATION DES VERINS

Lors de l'utilisation de systèmes pneumatiques il est nécessaire de dimensionner chaque vérin en fonction du travail qu'il accomplit.

(1) VERIN 1 (MECANISME DE ROTATION)

Caractéristiques du vérin

Tableau 7 : Caractéristiques du vérin 1

Course	120 mm
Diamètre du piston	50 mm
Diamètre de la tige	18 mm
Mode de fonctionnement	Double effet
Type de fixation	Tourillon intermédiaire
Pression	1 à 10 bar

Force à exercer

$$\text{Angle de rotation } \theta = 45^\circ = \frac{2\pi}{8} \text{ rad}$$

$$\text{Temps de rotation } t = 0.5 \text{ s}$$

$$\text{Longueur du levier } l = 130 \text{ mm}$$

$$\omega = \frac{\theta}{t} = 1.570 \text{ rad/s}$$

$$M = \omega * I = F * l$$

Avec I moment d'inertie applique sur le vérin, estimé par CATIA

$$F = \frac{\omega * I}{l} = \frac{1.570 * 1.256}{0.13} = 15.168 \text{ N}$$

(2) VERIN 2 (MECANISME DE BLOCAGE)

Caractéristiques du vérin

Tableau 8 : Caractéristiques du vérin 2

Course	20 mm
Diamètre du piston	30 mm
Diamètre de la tige	10 mm
Mode de fonctionnement	Double effet
Type de fixation	Bride arrière
Pression	1 à 10 bar

Ce vérin devra bloquer la table pendant le retrait du vérin 1, et donc fournir une force supérieure à celle du retrait.

Force de retrait du vérin 1

$$F \text{ (dan)} = P \text{ (bar)} * S \text{ (cm}^2\text{)}$$

Avec P = la pression d'entrée en bar et

$$S = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$D \text{ (retrait)} = D \text{ (piston)} - D \text{ (tige)}$$

$$= 50 - 15 = 35 \text{ mm}$$

$$F = P * S = 7.96 \text{ dan} = 79.6 \text{ N}$$

(3) VERIN 3 (MECANISME DE TRANSLATION)

Caractéristiques du vérin

Tableau 9 : Caractéristiques du vérin 3

Course	120 mm + 100 (extension)
Diamètre du piston	50 mm
Diamètre de la tige	18 mm
Mode de fonctionnement	Double effet
Type de fixation	Bride avant
Pression	1 à 10 bar

Charge à soulever :

M1 : masse du disque (la masse du grand disque 7.5 kg a été utilisé pour tous les calculs)

M2 : masse de la table de fixation

M3 : masse de l'extension

$$F = (m1+m2+m3) * g$$

$$= (7.5+5+3) * 9.81$$

$$= 152.055 \text{ N}$$

$$F = P * S \quad \text{Avec} \quad S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Et P = la pression d'entrée en bar

Pression à utiliser :

$$P \text{ (bar)} = \frac{F \text{ (daN)}}{S \text{ (cm}^2\text{)}} = 0.788 \text{ bar} \approx 0.8 \text{ bar}$$

Vérification du risque de flambage :

Pour éviter tout flambement pendant le soulèvement de la charge, le diamètre de la tige doit être dimensionné correctement

Le diamètre de l'extension est le même que de la tige, de plus l'extrémité de l'extension est en repos sur

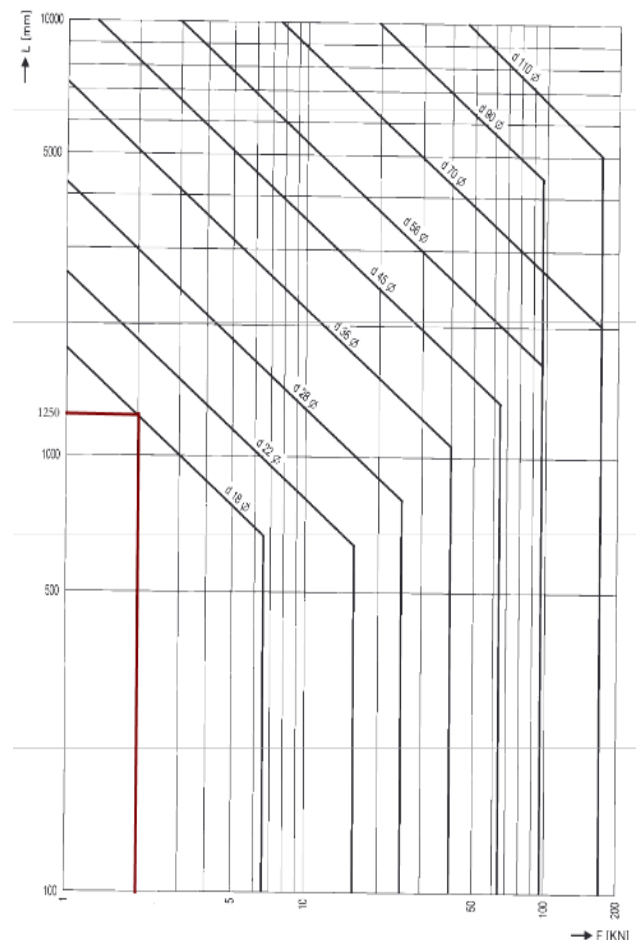


Figure 27 : Abaque longueur de tige sans flambage

la table de positionnement pendant le retrait du vérin, ce qui évite toute charge supplémentaire.

$$F = P * S = 10 * \frac{\pi * 5^2}{4} = 196.34 \text{ dan}$$

$$= 1.9634 \text{ kn} \approx 2 \text{ kn}$$

D'après le schéma la longueur libre de flambage :

$$L = 1250 \text{ mm}$$

Et d'après le type de fixation $k = 0.5$

$$H = \frac{K}{L} = \frac{1250}{0.5} = 2500 \text{ mm}$$

Donc il n'y a aucun risque de flambage

<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">10</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">33</div>		0,5
		0,7
		2

En ce qui concerne la masse du système, elle a été estimée en utilisant le logiciel CATIA à 33 kg, ce qui est bien moins de la charge maximal que peut supporter la table de la perceuse (200kg).

3. AUTOMATISATION DU SYSTEME

3.1 ELECTRODISTRIBUTEUR 4 /2 BISTABLE



Figure 28 : Electro distributeur 4/2 bistable

L'électro distributeur est un dispositif dont le but est d'alimenter les deux chambres du vérin de façon alternative en fluide, suite à une impulsion électrique.

Ce dispositif a aussi pour avantage de continuer l'alimentation même si l'impulsion n'est pas maintenue.

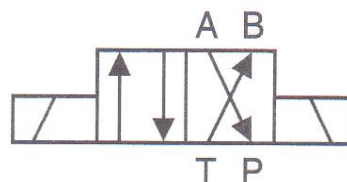


Figure 29 : Schéma électro distributeur

3.2 CAPTEURS

Des capteurs de contact ont été fixés sur la table de positionnement dans le but de synchroniser le mouvement du système, et seront actionnés par le doigt du mécanisme de blocage, pour savoir ainsi la position du disque pendant toute l'opération.

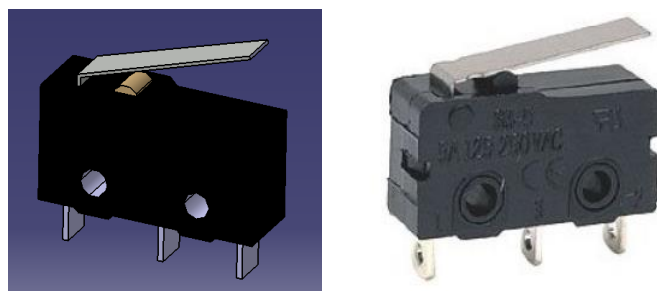


Figure 30 : Capteur de contact

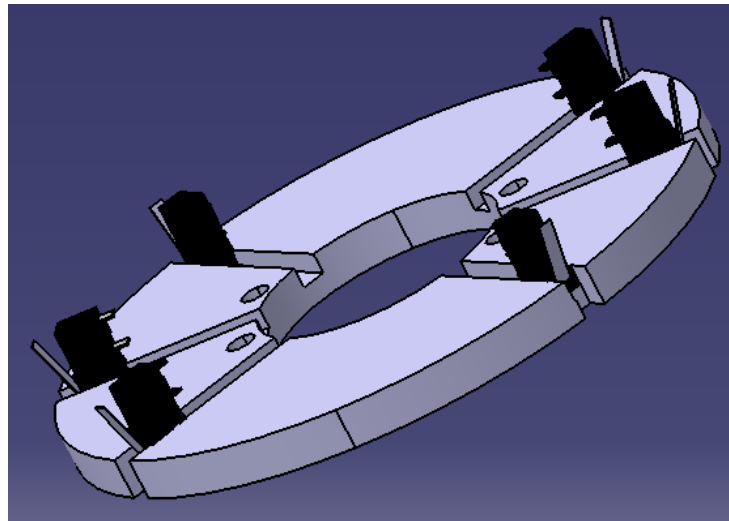


Figure 31 : Capteurs dans la table de positionnement

Les gorges usinées sur la table permettent de passer les câbles des capteurs à travers le trou central sans déranger le mouvement du mécanisme.

Aux quelles ont été ajoutés des capteurs de position magnétique, fixés sur les vérins et déclenchés après l'extension ou le retrait de la tige.

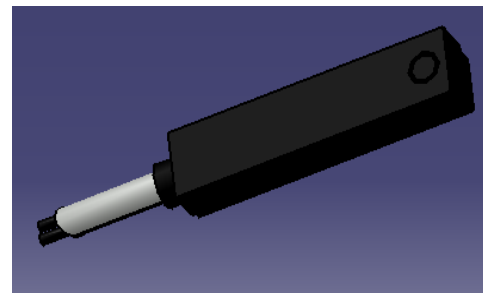


Figure 32 : Capteurs de position magnétique

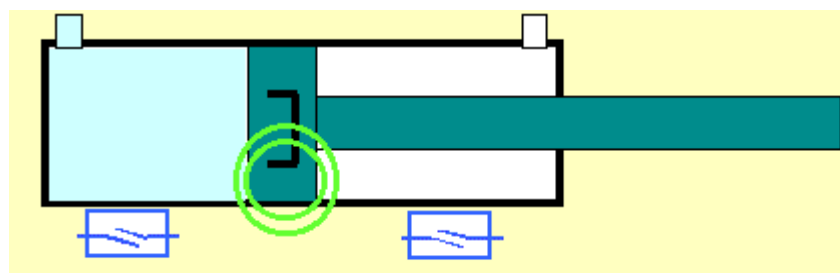


Figure 33 : Positionnement capteurs magnétique

3.3 SCHEMA GRAFCET

La figure 34 présente le programme de commande de la machine automatisée d'ébavurage.

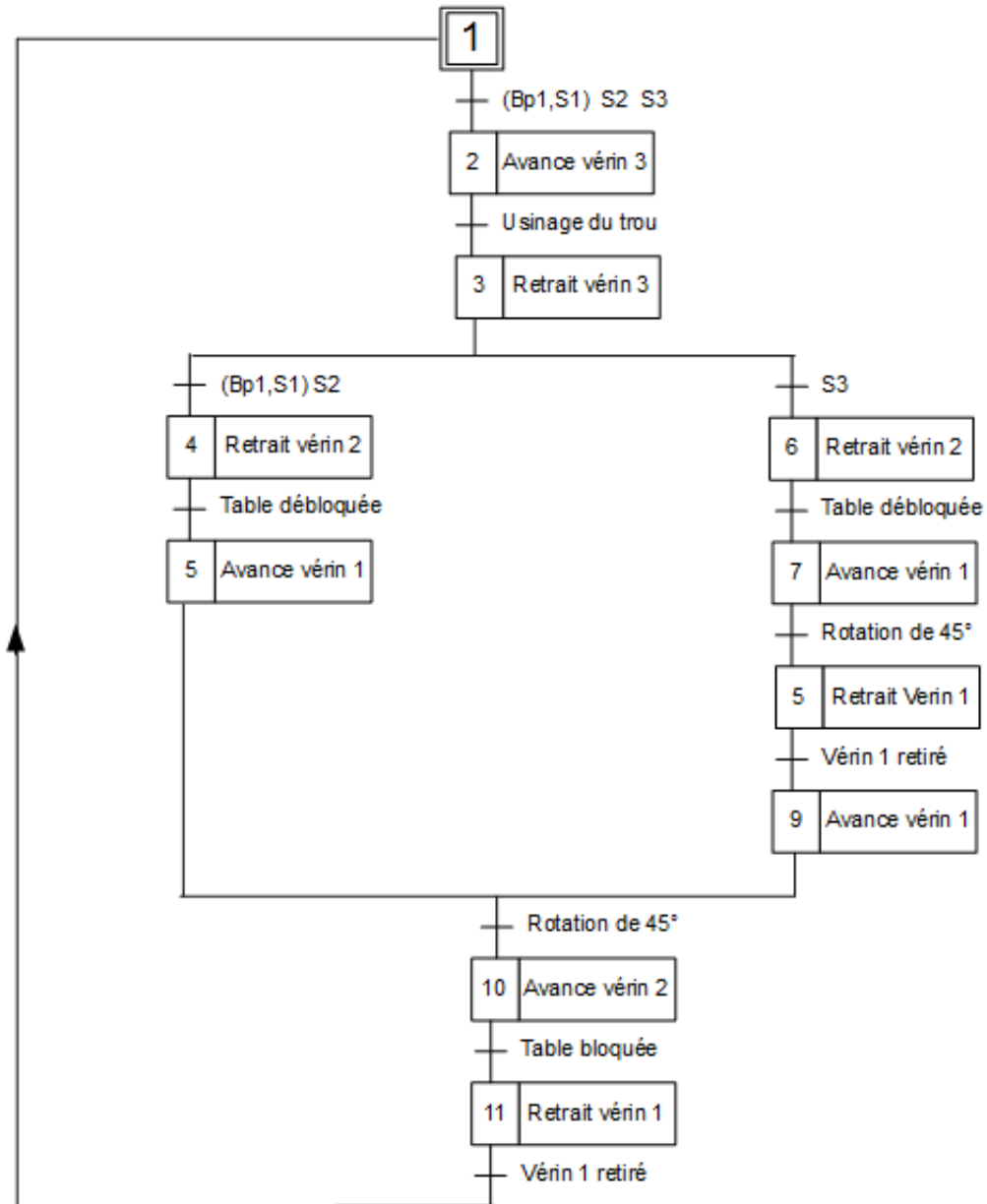
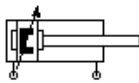
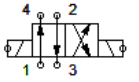
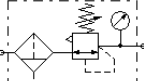



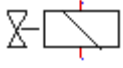


Figure 34 : Schéma Grafcet

Tableau 10 : Eléments du schéma électrique

Elément	Description
	Vérin pneumatique double effet
	Electro distributeur 4/2 bistable
	Unité de service d'air
	Contacteur normalement fermé
	Contacteur normalement ouvert
	Bouton poussoir
	Electrovanne YV0-N et YV1-N N : numéro du vérin
Vs-n Vr-n	Capteur électromagnétique de position de la tige N : numéro du vérin

4. DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT DE LA MACHINE

- 1) Le démarrage du système se fait par action sur le bouton poussoir Bp1 et le contact du doigt avec le capteur S1.
- 2) L'électro distributeur du vérin 3 se met en marche jusqu'à atteinte du capteur de position électromagnétique vr3 qui montre que le vérin est en extension maximal, l'électro distributeur alimente donc la deuxième chambre et retire la tige du vérin.
- 3) L'excitation de YV0-3 avec le capteur S1 toujours en marche excite l'électro distributeur du vérin 2 pour retirer la tige YV0-2 et donc le doigt.



- 4) Le retrait du vérin 2 jusqu'à vs2 cause l'excitation de YV1-1 et donc la tige du vérin 1 s'étend tournant la table.
- 5) Le capteur vr1 capte l'extension maximale de la tige du vérin 1 et excite l'électrodistributeur YV1-2 qui étend sa tige et bloque la table par le doigt rattaché à ce dernier.
- 6) Quand l'extension de la tige du vérin 2 active le capteur vr2 la tige du vérin 1 passe en retraite suite à l'excitation de YV0-1, de plus le doigt rattaché à la tige du vérin 2 bloque la table ce dernier active l'un des capteurs de contact fixé dedans.
- 7) Ce qui permet de refaire le cycle suite au capteur déclenché.
 - II. -Le cycle déclenché par S2 est le même que celui de S1, mais pas pour celui déclenché par S3.
- 8) Le cycle déclenché par S3 ajoute après l'étape 4- un retrait de la tige du vérin 1 sans blocage de la table.
- 9) Le retrait de la tige 1 déclenche le capteur vs1 qui excite YV1-1 à nouveau et étend la tige 1.
- 10) Après le cycle suis les même étapes d'après de 5) à 7).
- 11) Le système dispose aussi d'un bouton d'arrêt d'urgence qui cause le retrait des tiges de tous les vérins.

1. ESTIMATION DU COUT TOTAL DES ELEMENTS COMPLEMENTAIRES DE LA MACHINE

Les prix listés ci-dessous sont des arrondissements des prix trouvés sur des sites internet, des catalogues de sociétés et ceux offerts par des vendeurs locaux, et peuvent donc varier considérablement, de plus les pièces non listées sont soit à usiner ou déjà disponible dans la société.

Tableau 11 : Coût des Eléments

Elément	Prix €
Vérin 1	124
Vérin 2	57
Vérin 3	124
Rondelle	16*0.7
Cliquet	24
Vis M16	4*1.20
Vis M12	8*1
Ressort	0.9
Ancre ressort	2*2.5
Chape	2*3
Ecrou M16	4*1
Ecrou M12	8 * 0.8
Arbre en porte-à-faux	9
Griffe	5
doigt	3.8
Roulement à billes	2.5
Capteur magnétique	6*3.1
Capteur de contact	6*1.4
Electrodistributeur 4/2	3*35
Coût total : 527.6 €	

CONCLUSION

Cette partie conclue le rapport du stage réalisé au sein de FLOQUET MONOPOLE dans le cadre d'un projet de fin d'étude à la Faculté des sciences et techniques de Fès.

Le stage réalisé ma offert la possibilité de mettre en œuvre mes acquis théorique en mécanique à la résolution d'un problème réel, d'améliorer mes compétences en conception et en automatisme, de comprendre l'importance du dimensionnement et le choix de matériel dans la réalisation d'un projet, d'apprendre à coordonner mon travail avec mes encadrants, et de poursuivre un projet dans un temps limite donné, j'ai aussi eu l'opportunité d'avoir une idée générale mais concrète sur le travail en usine, le travail en équipe et l'aspect social dans le milieu professionnel.

En terme de travail, ce projet m'a permis de mener une étude général d'un problème donné, de proposer divers solutions et de développer celle compatible avec un cahier de charge, en effectuant plusieurs et diverses conceptions, calculs, et recherches bibliographiques.

Le projet traité si dessus s'est avéré être une expérience des plus enrichissante pour mon développement non seulement en tant que mécanicien mais aussi pour mon côté social et entrepreneurial.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) Professeur **A. EL BARKANY**, Cours des procédés de fabrication, LST CAM, Faculté des Sciences et Techniques de Fès, 2018.
- 2) Guide NORGREN pour le choix de vérins pneumatiques
http://www.transmission-expert.fr/pdf_fabricant/00000215.pdf
- 3) Philippe Taillard, Guide de dimensionnement de vérins pneumatique
<http://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr/sti/files/ressources/techniques/644/644-121-p17.pdf>
- 4) Abaque de détermination de la longueur maximale de la tige sans risque de flambage
 - i. http://www.lpmei.com/cd_bac_mei/Ressources/2-%20Ressource%20Hydraulique/Abaque%20flambage%20de%20tige%20de%200verins.pdf