



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
Faculté de Sciences et Techniques de Fès-Saiss
Département de génie mécanique



Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention de la

Licence Sciences et Techniques

Spécialité : Conception et Analyse Mécanique

Thème :

Conception d'un système de cassage des angles de piston sur la WMT

Lieu :

FLOQUET MONOPOLE

Fès

Présenté par :

- Ikram NAJI
- Fatima ezzahae EL ALAMI

Encadré par :

- Hassan RACHED
- Abdellah EL BARKANY

Soutenu le 10/06/2017 devant le jury :

- Pr. Abdellah EL BARKANY
- Pr. Hamid EL KHALFI



Remerciements

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de notre stage.

*Tout d'abord, nous adressons nos remerciements à notre encadrant, Monsieur **EL BARKANY ABDELLAH**, professeur à la faculté des sciences et techniques, qui nous a beaucoup aidé dans notre recherche de stage et nous a permis de postuler dans cette société, son écoute et ses conseils nous ont permis de cibler notre candidature, et de trouver ce stage qui était en totale adéquation avec nos attentes.*

*Nous tenons à remercier notre maître de stage, Monsieur **HASSAN RACHED**, responsable d'usinage au sein de la société Floquet Monopole, pour son accueil, le temps passé ensemble et le partage de son expertise au quotidien.*

*Nous remercions également tous les membres de la société pour leur accueil et aussi pour leur encouragement, et spécialement Monsieur **NAOUI**, qui nous a aidés à approfondir et d'enrichir nos connaissances sur le fonctionnement de l'entreprise.*

*Nous tenons également à présenter nos sincères remerciements à monsieur le professeur **AHMED EL KHALFI**, membre de jury, pour l'attention qu'il a accordé à notre sujet de fin d'études.*



Sommaire :

Remerciements.....	1
Sommaire.....	2
Introduction générale.....	2
Chapitre I : Présentation de l'entreprise « Floquet Monopole ».....	7
I. Généralité et historique.....	8
II. Organigramme.....	9
III. les facteurs de production de la S.M.F.N.....	10
IV. Les poste de l'atelier.....	12
V. Processus de fabrication des pistons à la FM.....	14
1-Piston.....	14
1-1. Définition.....	14
1-2. Le rôle du piston dans un moteur.....	14
1-3. les principaux éléments du piston.....	15
2-La gamme de fabrication des pistons.....	16
2-1. Fonderie.....	16
2-2. Usinage.....	19
2-3. Contrôle.....	21
2-4. Super contrôle.....	21
Chapitre II : Présentation de la problématique.....	22
I. Généralités sur la machine WMT.....	22
II. Généralités sur la machine TOUR de cassage des angles de piston.....	26
III. Problématique.....	27
Chapitre III : Recherche des solutions.....	28
I. Critères techniques pour la conception du système.....	29
II. Solution proposée.....	29
III. Description de la solution.....	30

Chapitre IV : Etude, conception et automatisation d'un système de cassage des angles du piston.....	32
I. Conception du système sur CATIA.....	33
I. Etude théorique du système.....	33
1-Vérin.....	33
1-1. Détermination de la course.....	33
1-2. Détermination du diamètre.....	34
2-Poutre (Etude RDM).....	40
III. Automatisation du système.....	42
1- Généralités sur l'automate.....	42
2- Schéma de commande pneumatique.....	43
3- Fonctionnement du système.....	46
Conclusion générale.....	47
BIBLIOGRAPHIE.....	48

Listes des figures :

Figure 1 : Floquet Monopole.....	8
Figure 2 : Fiche technique de la FM.....	9
Figure 3 : Organigramme de la société.....	10
Figure 4 : Croquis désignant des termes.....	15
Figure 5 : Tête du piston.....	15
Figure 6 : Lingots d'aluminium.....	17
Figure 7 : Echantillon d'aluminium AS-18 UNG.....	18
Figure 8 : Machine de Démasselotage.....	19
Figure 9 : Four de stabilisation.....	19
Figure 10 : Machine WMT.....	23
Figure 11 : Armoire électrique.....	24
Figure 12 : Groupe hydraulique.....	25
Figure 13 : Schéma des composants mécaniques.....	25
Figure 14 : Groupe pneumatique.....	26
Figure 15 : Machine TOUR.....	27
Figure 16 : Combinaison des deux machines (WMT et TOUR).....	29
Figure 17 : Rôle du vérin.....	30
Figure 18 : Eléments du vérin.....	30
Figure 19 : Fonctionnement vérin 1 ^{er} sens.....	31
Figure 20 : Fonctionnement vérin 2 ^{eme} sens.....	31
Figure 21 : Schéma pneumatique du système.....	44
Figure 22 : Câblage de l'automate.....	44
Figure 23 : Programmation sur LADDER.....	45



Listes des tables

Tableau 1 : Description des postes de la chaine automatique.....	13
Tableau 2 : Description des postes de la chaine classique.....	13
Tableau 3 : Force de coupe spécifique.....	36
Tableau 4 : Longueur de flambage.....	38
Tableau 5 : Catalogue du vérin choisi.....	44
Tableau 6 : Les éléments de l'automate.....	45



Introduction générale

Les entreprises industrielles surtout celles qui travaillent dans le secteur automobile, cherchent aujourd'hui des arguments pour attirer plus de clients. Avoir une bonne image de la société FLOQUET MONOPOLE nécessite donc à améliorer la qualité de ses produits et d'innover d'autres.

Dans le but de l'amélioration de la chaîne de fabrication des pistons et l'accroissement de leur productivité, SMFN a identifié un ensemble d'opportunités d'amélioration des performances de leurs machines de fabrication.

Dans ce sens, il nous a été proposé dans le cadre de notre projet de fin d'étude, effectué au sein de Floquet Monopole Fès, intitulé : « **Montage de cassage d'angles des pistons sur la machine WMT** ».

La démarche suivie dans la réalisation de ce projet consiste en premier lieu à effectuer une explication fonctionnelle des différents composants de la machine WMT. En deuxième lieu à établir une conception d'un montage, qui va nous permettre d'identifier ses éléments et calculer leurs mesures, Par la suite nous allons établir une combinaison entre la partie de commande électrique et hydraulique et la partie mécanique en proposant une automatisation du système.

Chapitre I

Présentation de L'entreprise

« Floquet Monopole »

Dans ce chapitre nous présentons la Société Marocaine De Fonderie du Nord(SMFN) qui a comme activité principale la production de pistons, de chemises et d'axes pour automobiles. Nous allons parler de l'historique, la structure, les facteurs de production les postes de l'atelier de fabrication de pistons et les processus de la fabrication employés par la société



Figure 1 : Floquet Monopole

1. Généralité et historique

Fondée en 1981, la Société Marocaine de Fonderie du Nord dont le siège se situe dans le quartier industriel de Sidi Brahim, lot 59 rue 813 de Fès, a comme activité principale la production de pistons pour automobiles. Elle dispose de trois ateliers répartis entre deux sites à savoir : Un premier site destiné à la production de pistons en alliage d'aluminium par moulage et usinage. Un deuxième site où l'on produit par usinage des chemises en fonte et des axes en acier. Floquet Monopole, est une société française qui fait partie du groupe Dana Américaine, la S.M.F.N. est certifiée ISO 9001 : 2000 et ISO TS/16949 ce qui montre son Intégration à l'échelle mondiale. En effet, elle produit pour des clients tels que Perfect Circle Distribution Europe (PCDE), FAURECIA, Renault Maroc, ... Plus grande fonderie d'Afrique et du Moyen Orient.

Raison sociale	FLOQUET MONOPOLE DE FES
Activité	Fabrication et vente du piston
Statut juridique	Société Anonyme (S.A.)
Date de création	1984
Directeur Général	Mr. LARAQUI MOHEMMED
Capital	21.000.000 DH
Numéro de la patente	28.305.020
Effectif employé	158 personnes
Capacité de production	500.000 Piston par a
Adresse	Quartier industriel Sidi Brahim Lot 59 Angles Rues 811/812

Figure 2 : Fiche technique de Floquet Monopole

II. Organigramme

Afin de parvenir aux conditions optimales de production, la direction à la S.M.F.N. est structurée selon des niveaux hiérarchiques et fonctionnels comme l'illustre l'organigramme suivant :

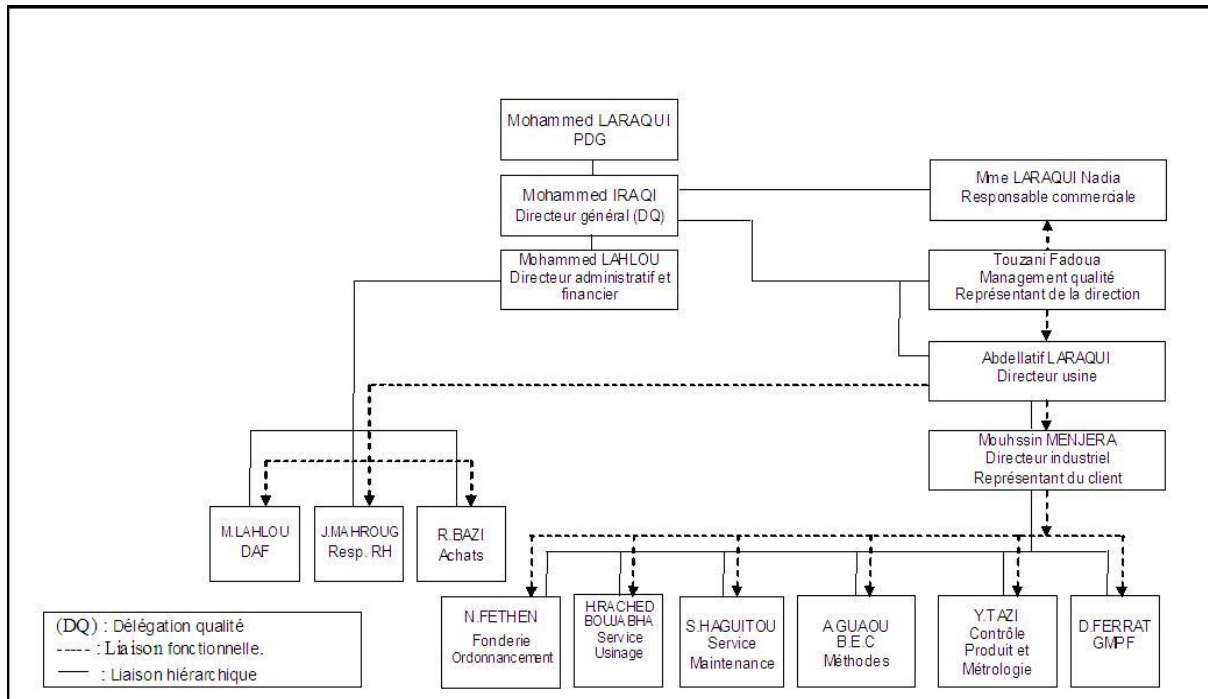


Figure 3 : Organigramme de la société

III. Les facteurs de production de la S.M.F.N

Plusieurs services concourent au bon déroulement du processus de production contribuant ainsi au bon fonctionnement de l'entreprise.

Le bureau d'études et de développements

Ce bureau a pour rôle principal la réalisation des plans des nouveaux produits et il est en relation avec le bureau d'étude de Floquet monopole France pour la confirmation des études. Il permet aussi la collecte des informations techniques des produits concurrents, de dessiner les plans des outillages de fonderie (moule) et d'usinage.

Le bureau de méthodes

Ce service a pour fonctions la préparation et le suivi de la production de l'entreprise. Il fournit les outils nécessaires pour garder une production optimale c'est-à-dire il définit les moyens, les temps ainsi que les coûts de production. Ce service collabore avec les autres services en particulier avec le Bureau d'Etudes et de Développements

Le service ordonnancement

Il organise dans le temps le fonctionnement de l'atelier afin de respecter les délais fixés. En plus de l'organisation des tâches, ce service prend en main le suivi de la production et définit à partir des données recueillies les plans destinés à corriger les écarts éventuels pouvant amener au non-respect des programmes établis.

Le service qualité

Il a deux rôles principaux :

- Surveiller la qualité de la production et déceler les facteurs ayant causé les fluctuations de la qualité des produits. A partir de cette analyse, ce service détermine les actions correctives
- nécessaires ;
- Assurer la mise en application et le maintien du système de management de la qualité ainsi que la tenue à jour des normes et certificats de la société.

Le service contrôle

Ce service se charge de :

- La vérification de la conformité des échantillons avant de donner le feu vert pour le lancement d'une série ;
- Contrôler suivant un plan de surveillance la production. Ainsi, ce service réagit au moindre écart par rapport aux spécifications du produit ;
- Contrôler les pistons en sortie des postes d'usinage.

Le service maintenance

La maintenance s'occupe de l'entretien de tous les équipements de la société et garantit à ces derniers un bon état de fonctionnement surtout aux machines servant à la production. Pour cela, les différentes politiques de maintenance : corrective, systématique et préventive sont adoptées par le service et appliquées en fonction des situations qui peuvent se présenter.

Le service atelier mécanique

Il est chargé de réaliser des pièces unitaires d'après les dessins de définition fournis par le bureau d'études et de développements et le bureau de méthodes ainsi que les pièces demandées par le service maintenance.

Le service gestion des produits finis

Comme son nom l'indique, ce service gère les produits qui sortent de la production et qui vont être livrés aux clients.

Le service ressources humains

Jouant un rôle important dans la société, ce service gère tout ce qui concerne le personnel de la société afin que cette dernière puisse disposer des ressources nécessaires garantissant ainsi son bon fonctionnement

Le 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.

IV. Les postes de l'atelier de fabrication de pistons

L'atelier comporte deux chaînes de fabrication :

- **La chaîne TU1** : elle est spécialisée dans la fabrication des pistons pour la maison Renault/Citroën, qui vont être exportés par la suite vers l'Europe. Elle utilise des machines de la nouvelle technologie de pointe, ces dernières vont être développées par la suite.

- **La chaîne classique** : elle produit les pistons considérés comme des pièces de rechange et qui sont destinés pour l'exportation vers les pays du Maghreb, et aussi en cas d'urgence, c'est-à-dire si une machine de la ligne TU1 tombe en panne et reste en arrêt pendant une longue durée, cette ligne classique remplace la première dans la chaîne de production jusqu'à ce que celle-ci soit en bonne état de marche.

Les détails de chaque chaîne sont donnés dans les tableaux :

Code Poste	Description des opérations
Op 20	Ebauche externe - Gorges segments - Finition du fond - Mise en longueur
Op 30	Ebauche trou d'axe - Bains d'huile - Chambrage
Op 40	Finition externe - Cassage des angles
Op 50	Finition du trou d'axe
Op 60	Lavage
Op 70	Contrôle dimensionnel : diamètre externe, diamètre trou d'axe Marquage diamètre et identification piston
Op 80	Etamage
Op 90	Contrôle visuel et contrôle dimensionnel
Op 100	Super-contrôle

Tableau 1 : Description des postes de la chaîne automatique

Code poste	Description des opérations
	Batterie (Emboitage- Ebauche trou d'axe)
	Gorge circlips
	Fraisage fente
	Perçage sur bossage
	Finition fond
	Finition jupe
	Finition trou d'axe
	Cassage angle
	Graphitage - Etamage
	Contrôle visuel
	Contrôle dimensionnel

Tableau 2 : Description des postes de la chaîne classique

V. Processus de fabrication des pistons à la FM

1- Piston

1-1. Définition

Un piston est un organe mobile coulissant dans un cylindre. Le piston permet de convertir une pression en un déplacement mécanique ($F=P \times S$).

1-2. Le rôle du piston dans un moteur

Le piston est l'élément mobile assurant la variation de la chambre d'un cylindre.

Généralement lié à une bielle, il assure la compression des gaz combustion et subit leur détente source du mouvement du moteur. Lorsque la chambre est ouverte par une soupape, il expulse les gaz brûlés ou aspire le mélange du cycle suivant.

Il sert à comprimer les gaz en vue d'une explosion et qui après explosion transforme l'énergie thermique en énergie mécanique. L'action des pistons fournit la force motrice grâce à la combustion du mélange gazeux air essence. La jupe du piston est prévue pour s'adapter à la tête du cylindre.

Les segments sont ajustés dans des nervures qui vont brosser les parois du cylindre pendant que la tête du piston se déplace verticalement. Ces segments assurent l'étanchéité nécessaire pour éviter les fuites d'essence, d'air et des gaz d'échappement.

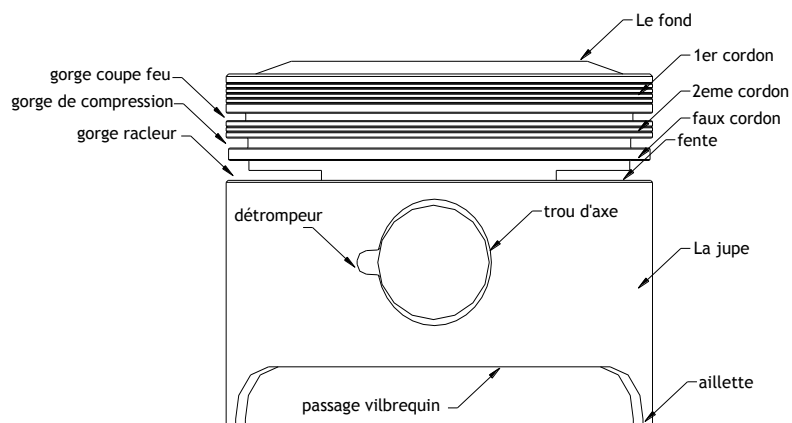


Figure 4 : Croquis désignant les termes techniques du piston

1-3. Les principaux éléments du piston

La tête du piston

Pour une analyse plus détaillée, commençons du côté de la tête de piston. Celle-ci assure la partie compression/évacuation des gaz. Sa forme est liée à celle du cylindre. Il existe plusieurs formes de tête de piston :



Figure 5 : Tête du piston

La jupe du piston

La jupe du piston est la partie assurant le guidage du piston dans le cylindre. Elle peut subir un traitement de surface de quelques micromètres à base de nickel ou de graphite principalement pour assurer une bonne lubrification.

Axe de piston

Il assure la liaison entre le piston et la bielle. La force à transmettre étant élevée, sa surface en contact avec le piston et la bielle doit être très importante. Il doit résister aux efforts de flexion et être léger. L'axe de piston est fabriqué en acier cémenté, trempé, puis rectifié. Il est souvent bloqué en translation par des joncs d'arrêt.

Décentrage d'axe

Le décentrage d'axe permet de réduire le bruit du moteur et de diminuer sensiblement les sollicitations mécaniques s'exerçant sur les composants. C'est pourquoi il faut toujours vérifier le sens de montage du piston

Les segments

Les segments sont des anneaux élastiques (ouverts avant la pose) qui se logent dans des gorges usinées dans la tête du piston et permettent l'utilisation de toute l'énergie fournie en évitant que les gaz ne s'échappent le long du piston. Il participe aussi l'évacuation de la chaleur de combustion vers le cylindre.

On constate 3 types de segments :

- **Le segment de feu:** est le segment en contact avec les gaz. Lors de l'inflammation, il est plaqué contre le cylindre, ce qui assure quasiment toute l'étanchéité ;
- **Le segment d'étanchéité:** ou de compression assure l'étanchéité totale des gaz en arrêtant ceux qui seraient passés par la coupe du segment de feu. Il doit permettre la bonne compression du mélange destiné à la combustion. La surface est chromée ou revêtue de molybdène ;
- **Le segment racleur:** généralement composé de deux rails très minces en haut et en bas d'un épandeur élastique.

2- La gamme de fabrication des pistons

Les différentes étapes de production du piston :

2-1. Fonderie

Au sein de la Société Floquet Monopole, on distingue principalement la fonderie effectuée avec des moules dits permanents en métal avec coulée en coquille par gravité. La fonderie se décompose en blocs principaux

Le stockage

Il y a deux box de stockage des lingots, un pour l'AS18 et l'autre pour l'AS12. AS18: alliage d'aluminium-silicium avec 18% de ce dernier .



Figure 6 : Lingots d'aluminium

Les grands fours de fusion

Ce sont deux grands fours de fusion à gaz (propane) contenant des brûleurs à air induit et où la température peut dépasser 1000°C. L'alliage fondu est versé dans un sens puis acheminé vers les fours de maintien. Actuellement, ces fours sont abandonnés pour des raisons économiques et techniques.

Les fours de maintien

Ce sont des fours électriques composés d'un creuset à base de carbure de silicium qui a des propriétés thermiques intéressantes, entouré d'une résistance électrique et le tout revêtu d'une couche de laine de verre qui est un excellent isolant thermique. Actuellement, ils sont utilisés pour la fusion des lingots.

Technique de fusion

On commence tout d'abord par le chargement du four par :

- 20% masselottes ;
- 30% pistons rebuts ;
- 50% lingots d'aluminium.

Il est important de signaler que l'ajout des lingots ne se fait pas d'une manière directe. Une astuce consiste à les mettre sur le four quelques minutes pour les préchauffer avant de les introduire. La

régulation de la température du four se fait à l'aide d'un thermocouple et d'un système automatique de telle sorte que la température devient inférieure à 730°C (environ 713 °C) le système se remet en marche pour alimenter les résistances du four.

Le moulage d'échantillon

Une fois la quantité demandée de lingots est fondue dans le four, et juste avant de commencer à mouler les pistons, il faut faire ce qu'on appelle « moulage d'échantillon ». Grâce à un moule, on réalise une pièce échantillon qui va être envoyée au laboratoire de contrôle pour vérifier la composition chimique du métal fondu et donner le feu vert à l'opération de moulage.



Figure 7 : Echantillon d'aluminium AS 18-UNG

Un premier contrôle à l'oeil nu permet de savoir s'il y a une forte dose de fer: il y a une sorte de poudre noirâtre qui apparait à la surface du piston.

- Le coulage de précision :

Le moule doit être testé afin de savoir s'il réalise de bonnes pièces, pour cela, on effectue la coulée et on vérifie les dimensions du brut. Si elles sont conformes, le feu vert est donné, c'est-à-dire que la production peut commencer. Après avoir testé l'efficacité du moule, on fait fondre la matière première qui est l'aluminium et quelques alliages à une température très élevée qui atteint les 900°C.

- Démasselotage :

Après l'obtention du brut, il faut enlever le système de coulé et la masselotte suivant les dimensions du piston par la machine de démasselottage (Figure 8).



Figure 8 : Machine de Démasselotage

Stabilisation

La fonderie est dotée de deux fours de stabilisation (Figure 9) pour le traitement thermique des pistons. Les pièces sont passées dans le four de stabilisation (220°C pendant 10 heures) pour réguler la dureté.



Figure 9 : Four de stabilisation

Zone d'attente

Après la stabilisation, les pistons sont stockés en zone d'attente avant l'usinage. Ils sont mis dans des bacs avec des fiches d'identification indiquant leurs références et leurs quantités

2-2 .Usinage

L'usinage se fait en plusieurs étapes à l'aide des contrats de phase élaborés par le bureau de méthode et réalisé au niveau des différentes chaines existant en usine.

Emboitage

C'est la première opération que subit le piston, son rôle général est de faire un usinage au-dessous du piston pour assurer le bon maintien de la broche dans les autres opérations (création d'une surface de référence).

ébauches trou d'axe

C'est l'opération de l'usinage du trou d'axe. C'est un usinage primaire, il se fait avec une belle précision.

Cassage angle

Le but de cette opération est de casser les angles du piston pour éviter qu'ils soient trop affilés et aiguisés.

gorges segments

Dans cette opération, on usine trois gorges segments à la tête du piston qui sert à porter les différents segments (coupe-feu, compression, racleur).

Finition fond

On fait usiner le fond du piston pour créer un fond bien plat. Toutes ces opérations déjà mentionnées sont faites sans certaines machines appelées des batteries CN et des tours

Perçage racleur

Il consiste à faire des trous qui sont au nombre de 4 des deux côtés du piston en respectant le même angle de la ligne centrale.

Rayons internes

Dans cette étape, on rend uniforme les rayons intérieurs du trou du piston.

Gorges circlips et chanfreins

Dans cette opération on fait un petit usinage à l'intérieur du trou pour le circlips qui va bloquer l'axe.

Finition jupe

Cette opération se fait à l'aide des machines WMT. La finition se fait sur deux parties. Chacune des parties sont différentes

Finition trou d'axe

La finition trou d'axe se fait dans l'aléuseuse. Cette opération se fait avec une très grande précision, c'est à-dire micron

Lavage

Après avoir fabriqué les pistons, ceux-ci vont être lavé dans le bac de lavage pour enlever le lubrifiant.

L'étamage-graphitage

- L'étamage : est une opération qui consiste à déposer une couche de carbonate de soude sur la jupe du piston.
- Graphitage : est une opération qui consiste à déposer une couche de graphite sur la jupe du piston

2-3.Contrôle

Après l'usinage, le contrôle visuel et dimensionnel est effectué afin de vérifier qu'il n'y a pas de défaut sur la surface

2-4.Super-control

Après l'étamage et le graphitage, les pistons sont expédiés au magasin pour y subir un super contrôle. Dans cette section on fait le contrôle:

- ✚ Du trou d'axe.
- ✚ Des gorges avec des cales étalons d'une grande précision

Si les pièces ont passé l'étape du contrôle, le conditionnement est effectué dans des cartons.

Chapitre II

Présentation de la problématique

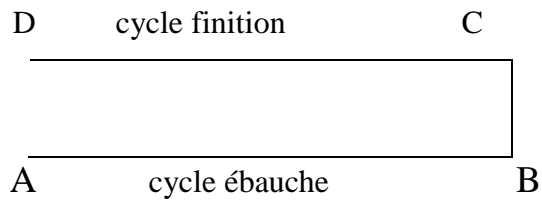
Ce chapitre consiste à formuler la problématique qui se pose au niveau de la chaîne de production précisément entre la machine WMT et le tour de cassage des angles qui font partie de la gamme de fabrication du piston.

I. Généralités sur la machine WMT

La machine WMT se situe dans la chaîne classique de production du piston au sein de la S.M.F.N.

Cette machine travaille sur la technique d'usinage par copiage ; Elle est constituée pour faire la finition du diamètre extérieur du produit.

Cette opération s'effectue par deux parties dont l'une est différente de l'autre.



A : Départ cycle (après la fixation du piston sur le mandrin et le mettre en rotation par le moteur de broche)

B.C : Rotation porte-outil

D : Fin cycle



Figure 10 : La machine WMT

La machine est décomposée en quatre parties :

- **Partie électrique** : elle est située à l'arrière de la machine et l'appareillage est contenu dans une armoire, avec les circuits de puissance et commandes électrique dont les câblages du démarrage moteur, commande des distributeurs hydraulique.

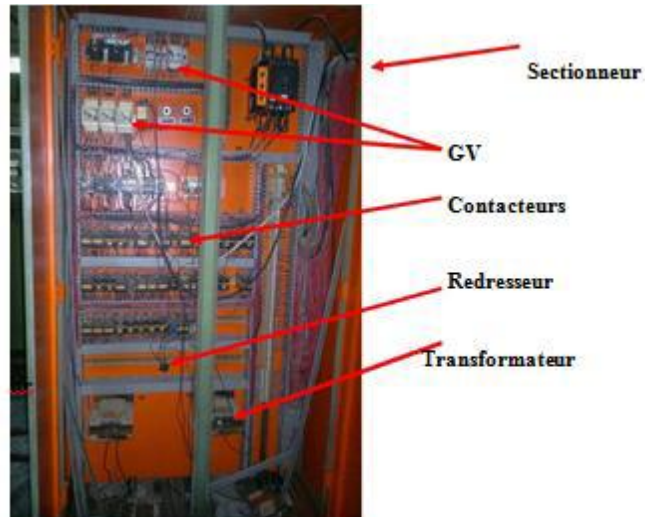


Figure 11 : Armoire électrique

- **Partie hydraulique** : Pour la lubrification du système et le fonctionnement du moteur de transmission de la table radiale ; elle comprend : générateur hydraulique avec pompe, moteur électrique, joints, clapet, électrovalves, manomètre, tuyaux....



Figure 12 : Groupe hydraulique

- **Partie mécanique :** Elle se compose de toutes les pièces permettant d'assurer les liaisons, le fonctionnement du mécanisme à savoir : le système broche, la contre pointe et la table axiale/radiale.

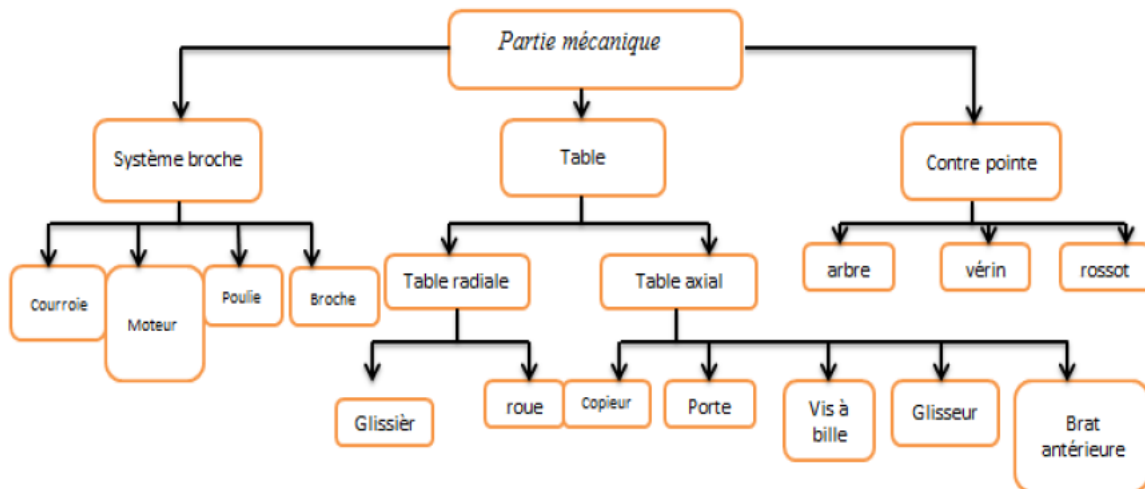


Figure 13 : Schéma des composants mécaniques

- **Partie pneumatique :** Elle se compose de toutes les pièces permettant d'assurer le fonctionnement de la contre pointe et des bras.
 - ✓ Bras antérieur pour la finition de la jupe et de cordon du piston.
 - ✓ Bras postérieur pour les ondulations, les creux (exigences client).
 - ✓ Contre pointe pour fixer la pièce sur le mandrin.

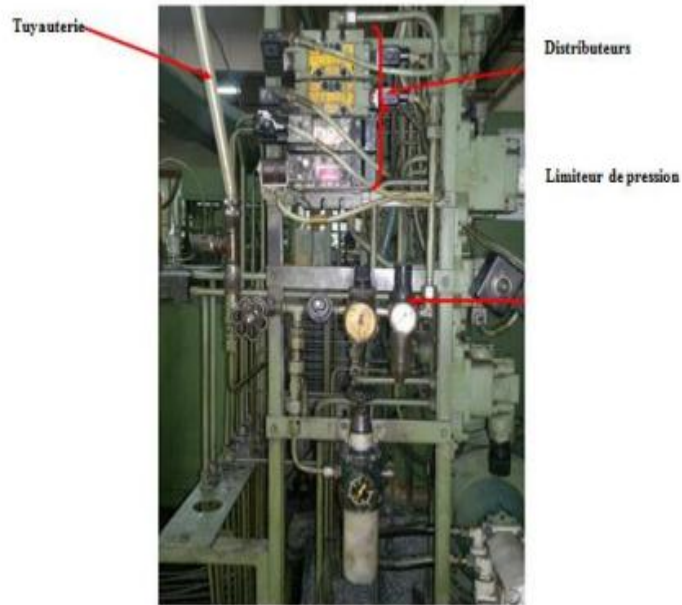
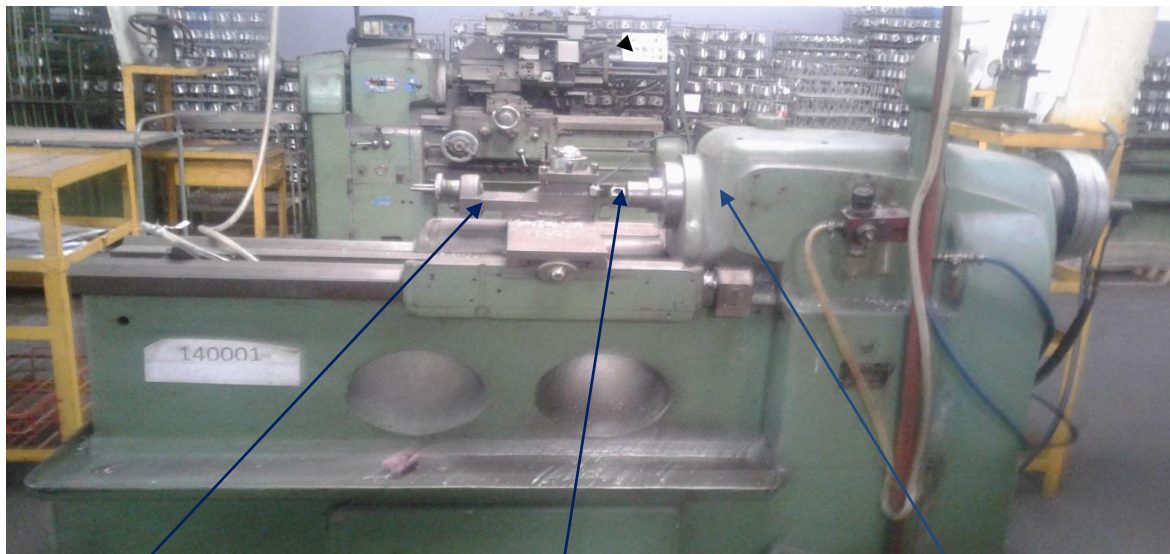


Figure 14 : Groupe pneumatique

II .Généralités sur la machine tour de cassage des angles

La machine TOUR de cassage des angles est également située dans la chaîne classique de fabrication du produit, et comme son nom l'indique, elle est constituée pour casser les angles du piston à l'aide d'un bloc qui contient des lames. Le déplacement de l'outil sur la trajectoire d'usinage est réalisé par l'opérateur. Pour cela, il utilise les manivelles permettant de générer les mouvements sur les axes.

Cette opération suit celles effectuées sur la WMT.



Manivelle

Magasin d'outil

mandrin

Figure 15 : Machine TOUR

III. Problématique

Au niveau de ces deux machines, on remarque un problème qui mène à des pertes remarquables de temps et d'énergie.

Ses pertes sont dues à l'effort fait par l'opérateur qui travaille sur la WMT et qui doit à chaque fois porter le piston jusqu'au tour pour effectuer le cassage d'angles et revenir à la WMT une fois de nouveau pour répéter ce processus pour tous les pistons.

Chapitre III

Recherche Des Solutions

A travers ce chapitre, une solution a été proposée aux problématiques citées précédemment.

I. Critères techniques pour la conception du système

Les critères suivants doivent être pris en considération pendant la recherche de solution :

- ✓ Ne changer pas beaucoup dans WMT.
- ✓ L'amélioration des performances des machines par la réduction au minimum de l'intervention de l'homme,
- ✓ Coût de fabrication moyen.
- ✓ Sécurité du Système.

II. Solution proposée

En guise de solution à la problématique qu'on a au niveau de notre gamme de fabrication, on a suggéré de faire une combinaison entre la WMT et le tour de cassage d'angles , c'est-à-dire, **permettre le cassage d'angle de chaque piston en une seule opération** qui suit la réalisation des stries au poste WMT.

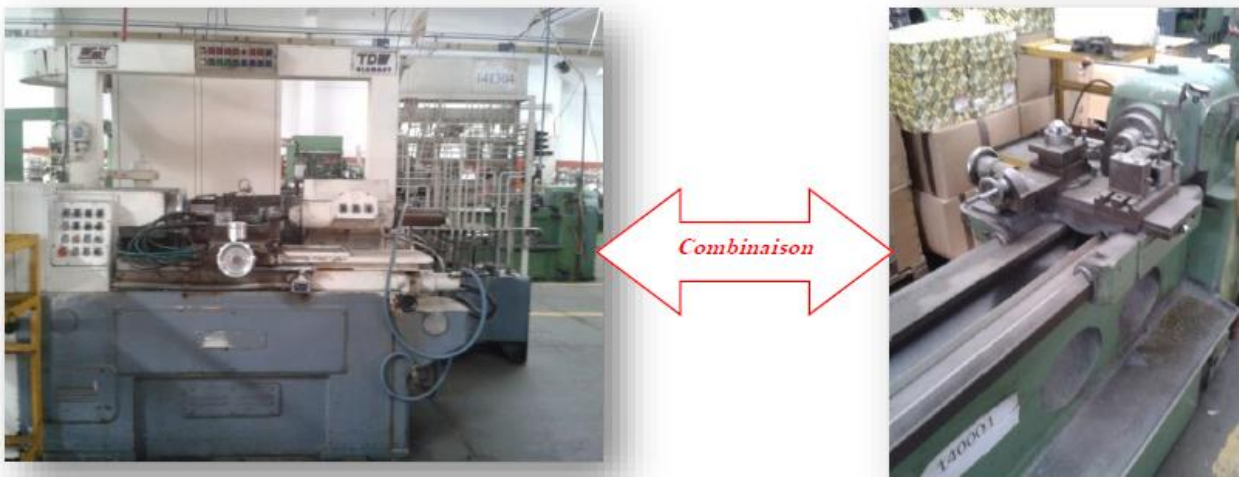


Figure 16 : Combinaison des deux machines

Cette combinaison consiste à monter une partie sur la WMT qui va permettre à l'opérateur de travailler confortablement et rester sur la machine pour faire toute les opérations de finition de la jupe et des cordons sur la même machine.

III. Description de la solution

Notre montage comporte une poutre qu'on va la placer sur la machine d'une manière que la charge accrochée à l'extrémité de la poutre et qui comporte un vérin, le porte outil et l'outil soit directement en haut du piston pour effectuer le cassage d'angles correctement.

Le vérin doit pousser le magasin d'outil qui contient les lames qui effectuent le cassage puis le remonter, d'où le choix d'un vérin pneumatique à double effet. Ce vérin va être commandé automatiquement.



Figure 17 : Rôle du vérin

définition et principe de fonctionnement d'un vérin pneumatique :

Un vérin double effet à deux directions de travail. Il comporte deux orifices d'alimentation et la pression est appliquée alternativement de chaque côté du piston ce qui entraîne son déplacement dans un sens puis dans l'autre.

Il est utilisé avec de l'air comprimé entre 2 et 10 bars dans un usage courant.

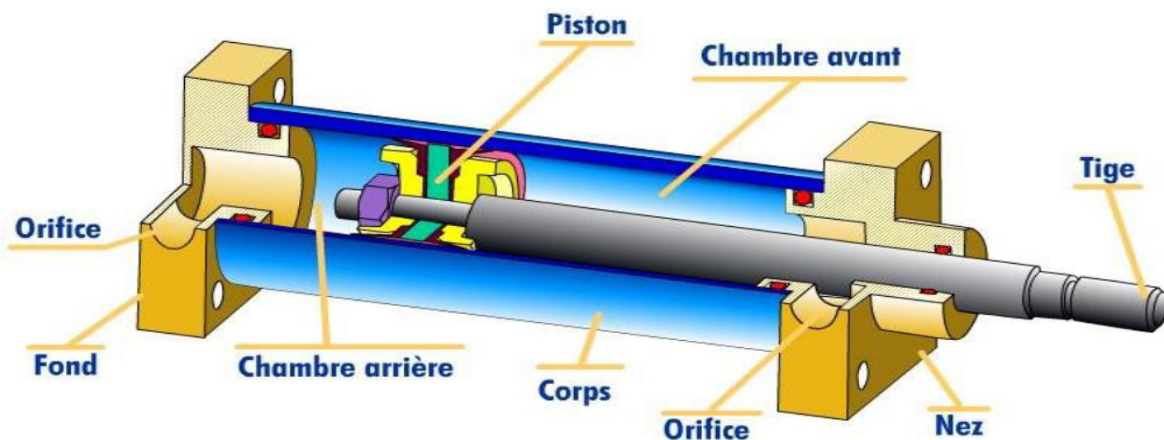


Figure 18 : Eléments du vérin

C'est l'air comprimé qui, en pénétrant dans l'une des chambres, **pousse le piston**. La tige se déplace.
L'air **présent dans l'autre chambre est donc chassé et évacué** du corps du vérin.

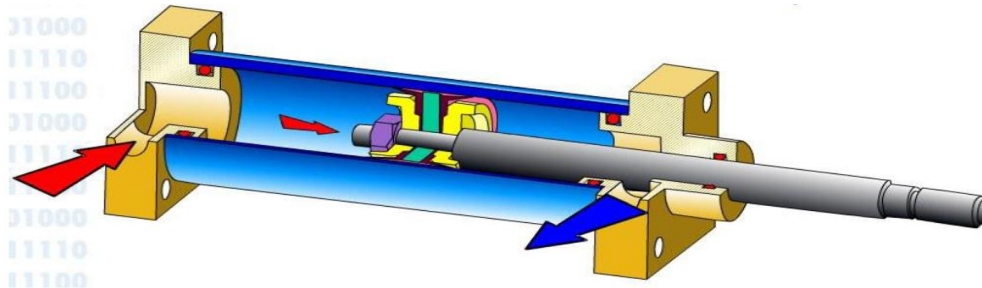


Figure 19 : Fonctionnement vérin 1^{er} sens

Le mouvement contraire est obtenu en **inversant le sens de déplacement de l'air comprimé**.

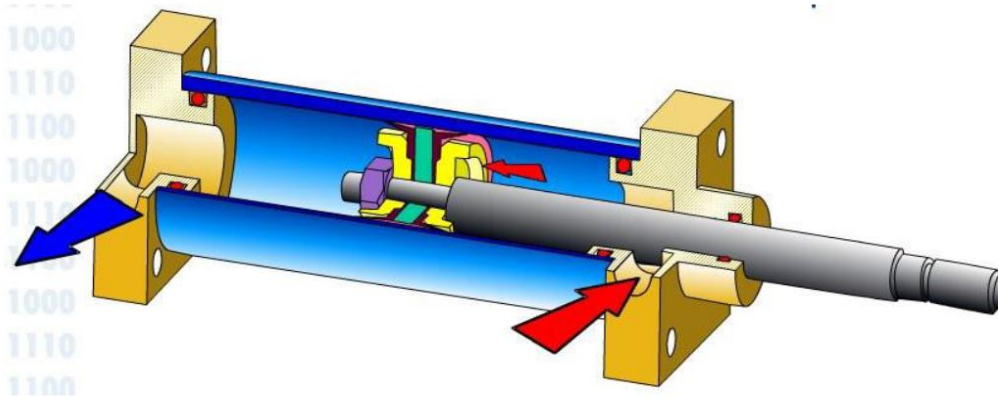


Figure 20 : Fonctionnement vérin 2^{eme} sens

Il s'agit donc d'étudier un système pneumatique.

Lors de l'étude de ce genre de système, il est nécessaire **de dimensionner chaque vérin** en fonction du **rôle** qu'il joue.

Le travail qu'il réalise conduit à déterminer **le diamètre de son piston et / ou sa course**.

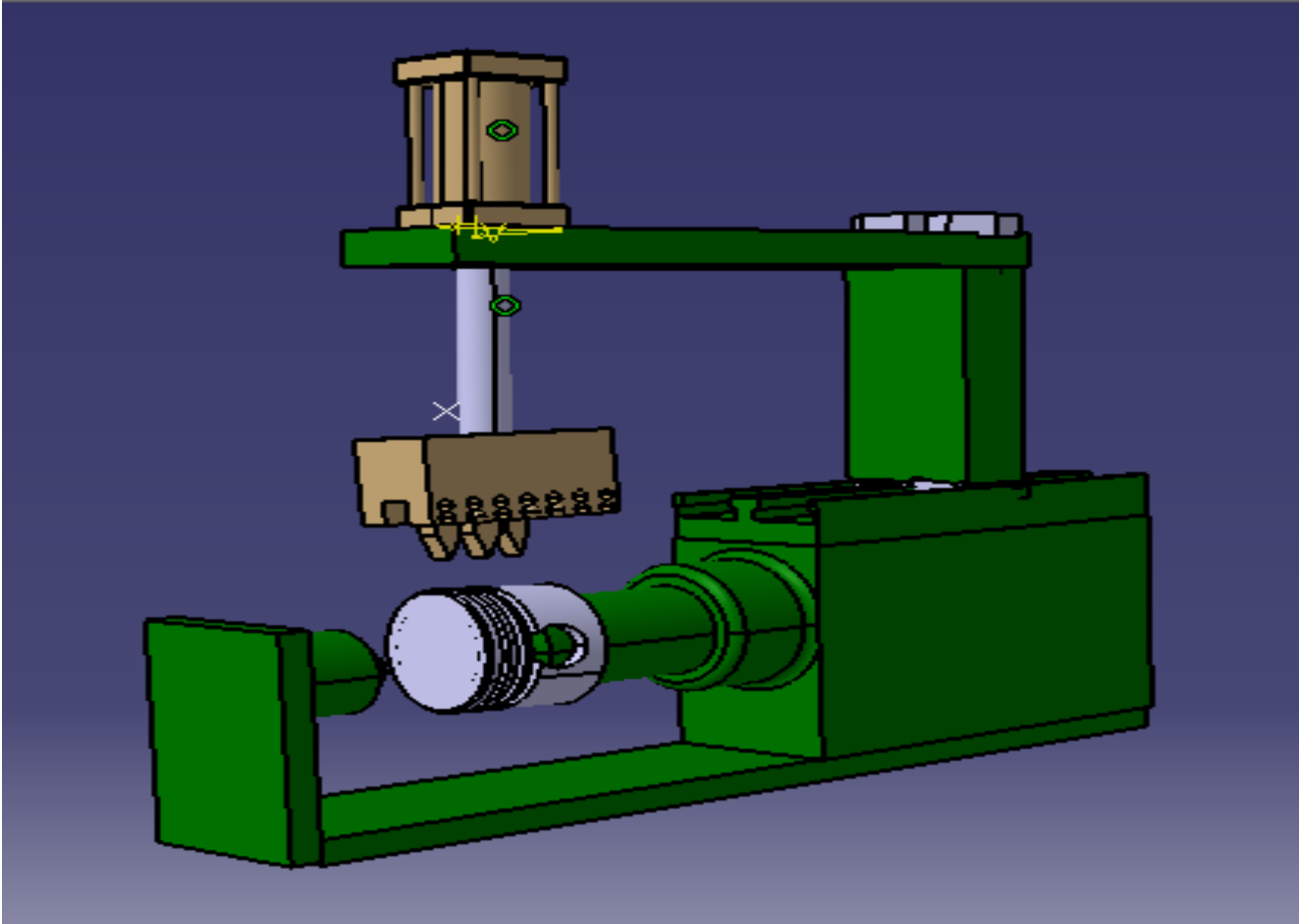
L'environnement dans lequel il évolue **influence le choix du vérin**.

Chapitre IV

Conception, étude et automatisation d'un système de cassage des angles du piston

Ce chapitre est consacré pour l'étude théorique, conceptuelle et automatisation du système

I. Conception du système sur CATIA



II .Etude théorique du système

Cette étude va nous permettre de bien dimensionner les composants du système (le vérin, magasin d'outil et la poutre)

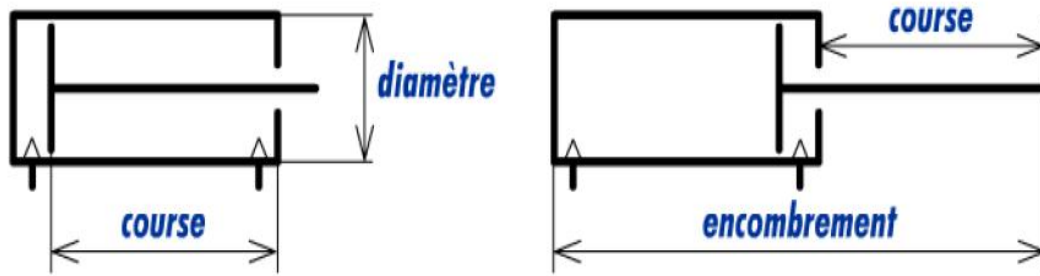
1-Vérin

1-1. Détermination de la course

La course est choisie en fonction du déplacement à réaliser.

La longueur de course du vérin doit être au moins égale à la course souhaitée (la fin de course se fera en butant sur les fonds du vérin ou sur des butées extérieures)

Pour notre système la course=50 mm

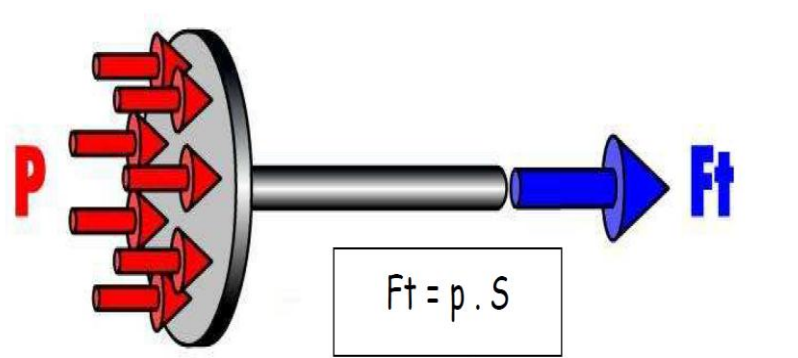


1-2.Détermination du diamètre

❖ Le diamètre du piston

Le diamètre du piston est en rapport direct avec l'effort axial développé par le vérin. L'air comprimé situé dans la chambre arrière applique une poussée sur toute la surface qui l'emprisonne-entre autre sur toute la surface du piston.

Il en résulte un effort axial théorique développé par le vérin et transmis en bout de tige.



Avec :

- [Ft : effort théorique axial en daN
- [p : pression de service à l'intérieur de la chambre du vérin en bar
- [S : surface du piston sur laquelle la pression s'applique en cm²

Lorsqu'un vérin est en conditions réelles d'utilisation, il développe un effort de poussée réel inférieur à l'effort théorique car il faut tenir compte :

- ✚ Des frottements internes au vérin,
- ✚ De la contre pression qui est établie dans la chambre opposée pour obtenir un mouvement régulier.

$$Fr = Ft - Ff$$

$$Fr = 90\% \cdot Ft$$

Avec :

- Ft : effort théorique axial
- Fr : effort réel
- Ff : forces de frottement et divers

Donc

$$\begin{aligned} Fr &= Ft - Ff \\ &= 0.9 Ft \\ &= 0.9 pS_{\text{piston}} \end{aligned}$$

Donc cet effort réel va être transmis vers le bloc qui porte les outils,

Donc Fr est aussi l'effort de coupe F exercé par le piston sur l'outil.

Ce dernier se décompose en trois force, la plus importante est l'effort tangentiel de coupe F_c .

$$F_c = K_c \cdot A$$

$$\begin{aligned} F_c &= K_c \cdot A \\ &= K_c \cdot a \cdot f \end{aligned}$$

Avec :

K_c : coefficient spécifique de coupe en daN/mm^2

A : section du coupeau en mm^2/tr

- a : profondeur de passe en mm (pour notre cas $a=0.25$ mm)
- f : avance en mm/tr ($f=0.3$ mm/tr)

K_c est donné par la relation :

$$K_c = K_{c1} \cdot h_m^{-m_c} \cdot \left(1 - \frac{\gamma_0}{100}\right)$$

Avec :

- K_{c1} : force spécifique de coupe dépend du matériau à usiné.
- h_m : l'épaisseur du coupeau
- γ_0 : angle de coupe

Deux alliages d'aluminium sont utilisés pour la fabrication des pistons au sein de l'entreprise (AlSi12 et AlSi18)

En utilisant la norme ISO N (groupe contenant les matières non-ferreux), et le tableau ci-dessous :

Code CMC	Groupe de matières	Sous-groupe de matières	Procédé de fabrication	Traitement thermique	dureté	Force de coupe spécifique, K_{c1} (N/mm ²)	m_c				
N1.1.Z.UT	1	alliages à base aluminium	1	Commercialement pur	Z	UT non traité	30 HB	350	0.25		
N1.2.Z.UT			2	alliages AlSi, Si $\leq 1\%$	Z	coulé	UT non traité	60 HB	400	0.25	
N1.2.Z.AG			2		Z	AG vieilli	100 HB	650	0.25		
N1.2.S.UT			2	S	fritté	UT non traité	75 HB	410	0.25		
N1.2.C.NS			2	C		NS non précisé	80 HB	410	0.25		
N1.3.C.UT			3	alliages coulés AlSi, Si $\leq 1\%$ et $< 13\%$	C	coulé	UT non traité	75 HB	600	0.25	
N1.3.C.AG			3		C	AG vieilli	90 HB	700	0.25		
N1.4.C.NS			4	alliages coulés AlSi, Si $\geq 13\%$	C		NS non précisé	130 HB	700	0.25	
N2.0.C.UT			2	alliages à base magnésium	0	groupe principal	C	coulé	UT non traité	70 HB	
N3.1.U.UT	3	alliages à base cuivre	1	alliages de cuivre sans plomb, y compris cuivre électrolytique	U	non précisé	UT	100 HB	1350	0.25	
N3.2C.UT			2	laiton au plomb et bronzes (Pb $\leq 1\%$)	C	coulé	UT	non traité	90 HB	550	0.25
N3.3.S.UT			2	S	fritté	UT	non traité	35 HB			
N3.3.U.UT			3	alliages de décolletage à base cuivre (Pb $> 1\%$)	U	non précisé	UT	110 HB	550	0.25	
N3.4.C.UT			4	bronzes haute résistance ($> 225\text{HB}$)	C	coulé	UT	300 HB			
N4.0.C.UT	4	alliages à base zinc	0	groupe principal	C	coulé	UT non traité	70 HB			

Tableau 3 : Force de coupe spécifique

On trouve $K_{c1}=666 \text{ N/mm}^2$

D'ou

$$K_c = K_{c1} * h_m^{-m_c} * \left(1 - \frac{\gamma_0}{100}\right)$$

$$= 666 * 0.25^{-0.25} * \left(1 - \frac{75}{100}\right)$$

$$= 235.46 \text{ N/mm}^2$$

Et comme nous avons trois outils, la force totale et donc :

$$F_r = 3F_C$$

$$\Rightarrow 0.9 \text{ pS} = 3K_C.a.f$$

$$\Rightarrow 0.9 \text{ p}\pi R_{\text{piston}}^2 = 3K_C.a.f$$

$$\Rightarrow D_{\text{piston}} = 2 \sqrt{\frac{3K_C.a.f}{0.9\text{p}\pi}}$$

$$= 2 \sqrt{\frac{3 \cdot 235.46 \cdot 0.3 \cdot 0.25}{0.9 \pi \cdot 9 \cdot 10^5}}$$

$$= 19.8 \text{ mm}$$

Remarque 1 : l'effort développée par le vérin est aussi donnée par :

$$F_r = \frac{Mg}{T_c}$$

Avec :

- M : masse à déplacer en kg
- g : gravité en m/s^2
- Tc : taux de charge, le plus souvent, on adopte un taux=60%

Donc

$$M = \frac{F_r \cdot T_c}{g}$$

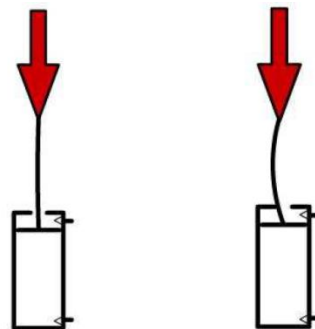
Ce qui donne

$$M = \frac{0.9 \cdot 6 \cdot 10^5 \pi \cdot (4.56 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0.6}{9.81}$$

$$= 2.15 \text{ kg}$$

❖ **Passons maintenant à la tige du vérin :**

Sous l'action d'une charge axiale, la tige du vérin est sollicitée au flambage.



Le problème de flambement revient donc à déterminer le seuil de compression à partir duquel il y a bifurcation d'équilibre, une instabilité de structure. Ce seuil est la force critique d'Euler F_c .

Cet effort est donné par :

$$F_C = \frac{\pi^2 E I_{GZ}}{L^2}$$

Avec :

- E : module de Young du matériau en MPa
- I_{GZ} : moment quadratique de la section en mm^4 ($I_{GZ} = \pi d^4 / 64$ pour une section circulaire)
- L : longueur du flambage de la poutre en mm

Remarque 2: l est la longueur de la poutre, la longueur libre de flambage L , est en fonction du type d'appui. Elle est donnée par le tableau ci-dessous :

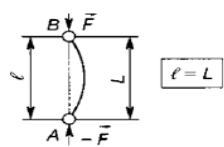
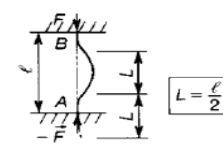
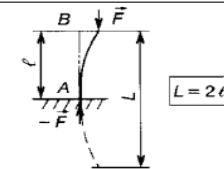
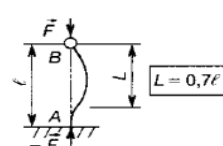
Types de liaisons	Valeurs de L	Types de liaisons	Valeurs de L
① En A et B : liaisons pivots.		③ En A et B : <u>liaisons encastrement.</u>	
② En A : liaison encastrement. En B : extrémité libre.		④ En A : liaison encastrement. En B : liaison pivot.	

Tableau 4 : Longueur libre de flambage

Pour le cas de notre système, la tige est en liaisons encastrement avec le bloc et le piston,

Donc $L = l/2$ avec $l = 80\text{mm}$

Le module de Young dépend du matériau de la tige, et comme les vérins sont standards, on utilise ce catalogue pour le déterminé :

Ø d'alésage: 10, 12, 15, 20, 25 mm
Course: de 10 à 300 mm

Mini vérin à faible encombrement
Avec ou sans aimant permanent
Durée de vie élevée
Démontable et réparable
Bague d'amortissement en fin de course
Même encombrement que séries UVC et UVCH (interchangeables)
Construction robuste, finition soignée

CARACTERISTIQUES

PRESSIION DE SERVICE	2 à 10 bars
FLUIDE	Air, gaz neutre*
TEMPERATURE	-20°C à + 70°C
FIXATION	Par le nez
RACCORDEMENT	M5, G1/8"

*autres types, nous contacter

MATERIAUX

CORPS	Laiton nickelé mat
TIGE	Acier chromé dur 25µ
JOINTS	PTFE + O-Ring
COUSSINET DE GUIDAGE	Bronze fritté
BAGUE D'AMORTISSEMENT	Adiprene (EU)

OPTIONS

- Courses sur demande
- Nez ISO
- Exécutions spéciales (ex: Viton, sur longueur (Y) de tige)
- Tige lisse



UVCK(L)-.../...-D
DOUBLE EFFET - ANTI "SLIP-STICK"
TIGE LISSE OU FILETÉE

Tableau 5 : Catalogue du vérin pneumatique choisi

Pour l'acier E= 210 GPa

La force critique d'Euler de doit pas être atteinte, donc il faut que :

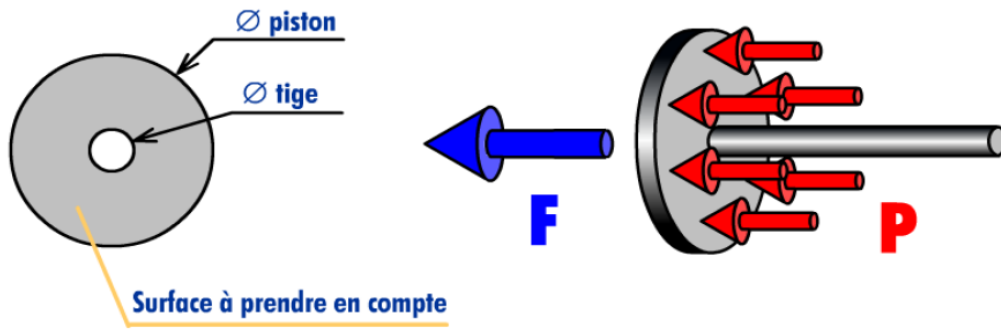
$$F_{th} < F_C \Rightarrow p\pi R_{piston}^2 < \frac{\pi^2 E I_G Z}{L^2}$$

$$\Rightarrow p\pi R_{piston}^2 < \frac{\pi^3 E D_{tige}^4}{16 l^2}$$

$$\Rightarrow D_{tige} > \sqrt[4]{\frac{16 p l^2 R_{piston}^2}{\pi^2 E}} \quad (1)$$

Or, pour que le vérin puisse remonter le bloc après avoir effectué le cassage, il faut que la force d'entrée de ce dernier soit supérieure au poids du porte outil.

La méthode de calcul est la même pour le mouvement de rentrée de tige mais la surface du piston sur laquelle la pression de l'air comprimé agit n'est plus la même. En effet, il faut tenir compte de la tige du vérin :



$$S = S_{\text{piston}} - S_{\text{tige}}$$

Soit

$$S = \pi \cdot (R_{\text{piston}}^2 - R_{\text{tige}}^2)$$

Donc

$$F_{\text{entree}} > P_{\text{bloc}} \Rightarrow p\pi(R_{\text{piston}}^2 - R_{\text{tige}}^2) > Mg$$

$$\Rightarrow D_{\text{tige}} < 2 \sqrt{\frac{p\pi R_{\text{piston}}^2 - Mg}{p\pi}} \quad (2)$$

(1) et (2) donne :

$$\sqrt[4]{\frac{16pl^2 R_{\text{piston}}^2}{\pi^2 E}} < D_{\text{tige}} < 2 \sqrt{\frac{p\pi R_{\text{piston}}^2 - Mg}{p\pi}}$$

Donc

$$0.98 < D_{\text{tige}} < 9.18 \text{ (mm)}$$

2- La poutre (calcul de la flèche)

La flexion est la déformation d'un objet qui se traduit par une courbe.

Dans le cas d'une poutre, elle tend à rapprocher les deux extrémités de la poutre.

Dans notre cas, c'est une poutre encastree avec une charge à une extrémité, équivalente à une force appliquée F (en Newton).



L'expression de la flèche est donnée par :

$$V(x) = \int \int \frac{M_z}{EI_z} dx^2$$

Avec :

- M_z : moment de flexion autour de z.
- E : module de Young.
- I_z : second moment de section p/r à z.

La méthode de singularité donne :

$$M_z = -P \langle x-0 \rangle^1$$

Donc

$$V(x) = \int \int \frac{-Px}{EI_z} dx^2$$

$$= \frac{-Px^3}{6EI_z} + C_1x + C_2$$

En utilisant les conditions aux limites, on obtient :

$$\begin{cases} V(x=0)=0 \Rightarrow C_2 = 0 \\ \varphi(x=0)=0 \Rightarrow C_1=0 \text{ car } \varphi(x) = \frac{\partial V(x)}{\partial x} = \frac{-3Px^2}{6EI_z} \end{cases}$$

Donc $V(x) = \frac{-3Px^3}{6EI_z}$

Avec $I_z = \frac{bh^3}{12}$

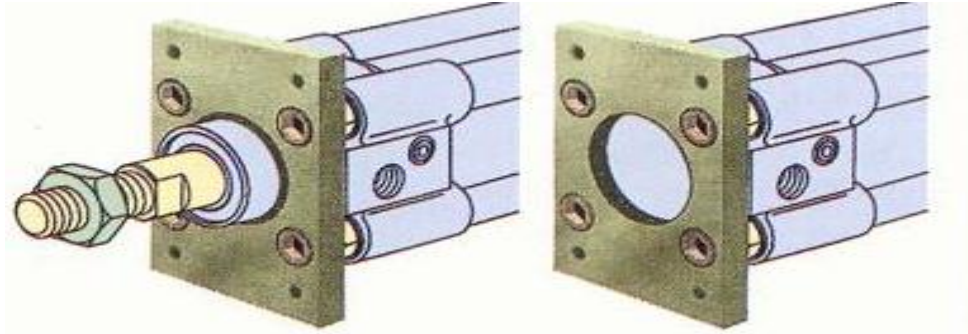
Donc

$$V(x) = \frac{-2Px^3}{Ebh^3}$$

$V(x=L) = \alpha$: la valeur à ne pas dépasser pour que le cassage s'effectue.

Selon le cahier de charge $V(x=L) = 0.005 \text{ mm}$

Note :



- le contact entre la poutre et le vérin se fait par le nez de ce dernier, et puisque les vérins sont standards, donc b qui est la largeur de la poutre sera donner d'après les dimensions du nez.
- P sera déterminé au cours de la réalisation.

Donc il reste à déterminer l'épaisseur de la poutre :

$$h = \sqrt[3]{\frac{-2PL^3}{Eb\alpha^3}}$$

III. Automatisation du système

1-Généralités sur l'automate

Les opérations actuelles de l'atelier d'usinage est à logique câblée ; cette logique est tributaire de beaucoup de conséquences qui font, qu'après une longue durée d'utilisation, sa fiabilité et son dynamisme ne prêtent plus assurance.

Le but de cette partie est l'automatisation du système (opération effectué par la WMT et le système de cassage des angles.

L'automatisation de ce système permettra d'accroître la productivité, simplifiera le travail humain et augmentera la sécurité du matériel et des opérateurs.

L'outil d'automatisation par excellence est l'automate programmable industriel appelé le plus souvent API ou PLC, offre des solutions simples à mettre en œuvre une souplesse d'adaptation à l'évolution des processus de production et une grande flexibilité.

L'automate programmable reçoit les informations relatives à l'état du système et puis commande les pré-actionneurs suivant le programme inscrit dans sa mémoire.

Un API se compose donc de trois grandes parties principales :

- Le processeur.
- La mémoire.
- Les interfaces des modules Entrées/sorties.

Le microprocesseur:

Le microprocesseur réalise toutes les fonctions logiques (OU, ET...), les fonctions de temporisation, de comptage, de calcul à partir d'un programme contenu dans sa mémoire.

Il est connecté aux autres éléments (mémoire et interface E/S) par des liaisons parallèles appelées BUS qui véhicule des informations sous forme binaire.

La mémoire:

La mémoire va permettre:

- ✓ De recevoir les informations issues des capteurs d'entrées.
- ✓ De recevoir les informations générées par le processeur et destinées à la commande

Les interfaces d'entrées/sorties:

- ✓ Les entrées reçoivent des informations en provenance des éléments de détection (capteurs) et du pupitre opérateur (BP).
- ✓ Les sorties transmettent des informations aux pré-actionneurs (relais, électrovannes...) et aux éléments de signalisation (voyants) du pupitre.

2 -Schéma de commande électropneumatique

Comme déjà mentionné auparavant, le magasin d'outil va être attache avec un vérin pneumatique ; Ce dernier sera équipé de détecteurs de la position du piston permettant de communiquer la position des distributeurs.(V-in et V-out).

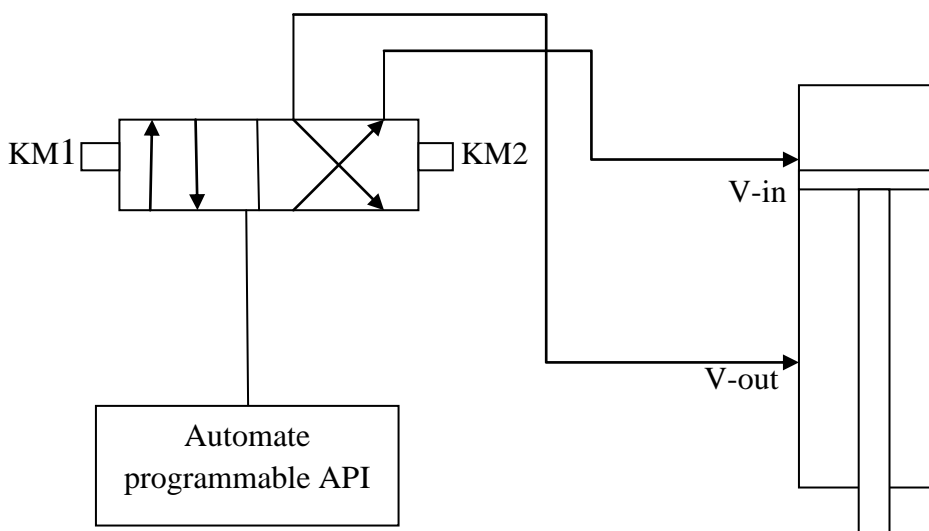
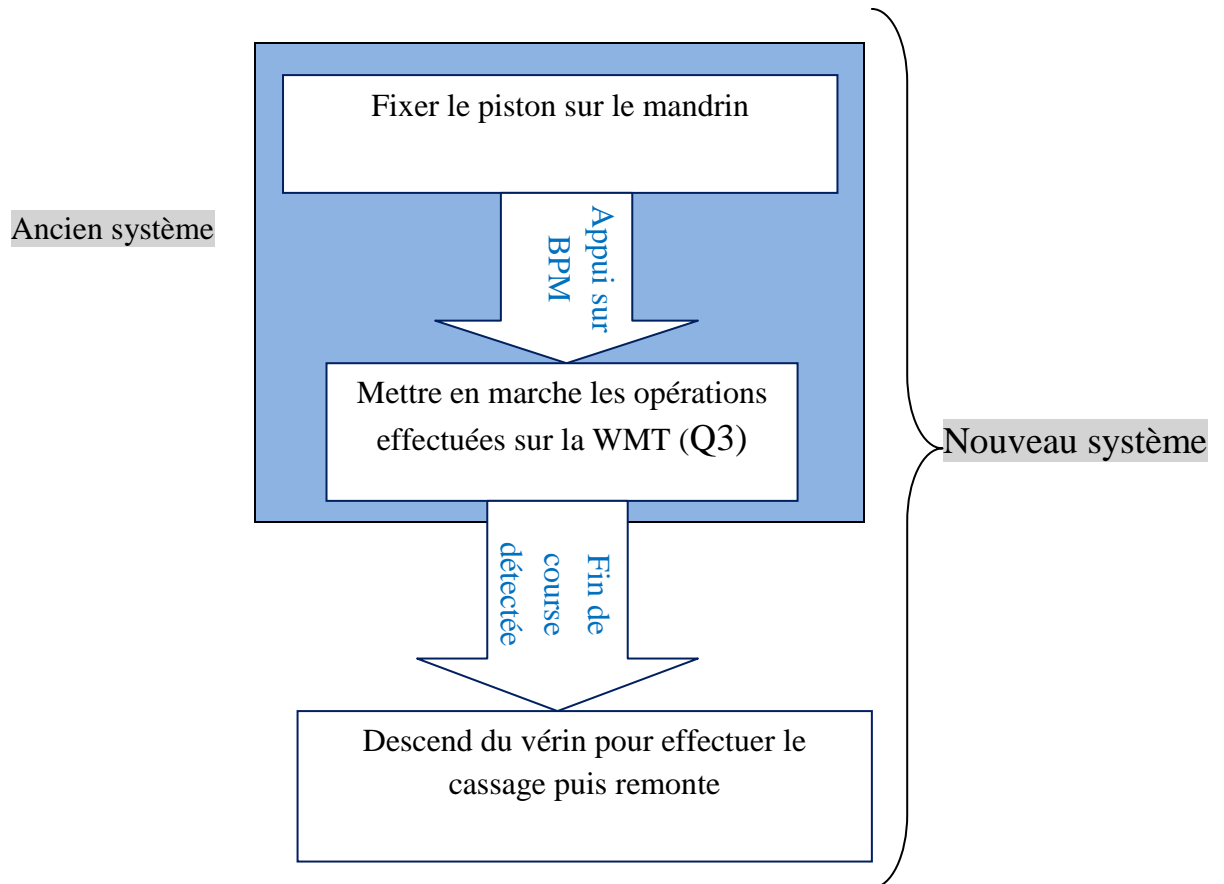


Figure 21 : Schéma pneumatique du système

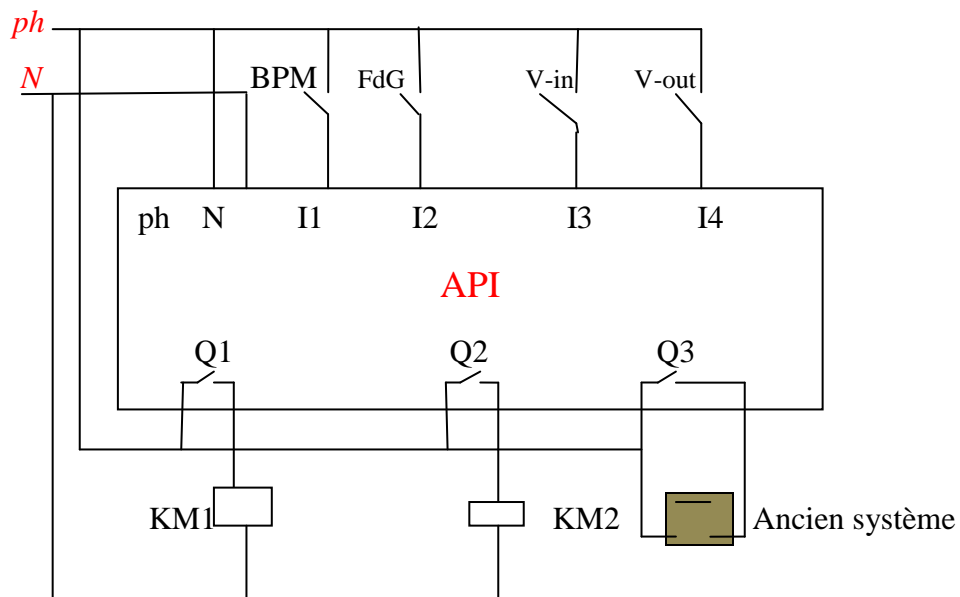


Figure 22 : Câblage de l'automate

	L'élément	Désignation	rôle
Entrées	BPM	Bouton poussoir marche	Commander l'activation de l'ancien système
	FdG	Fin de course gauche	Permet de détecter la fin des opérations effectuées par la WMT
	V-in	Détecteur de position du vérin	Détecter que le vérin est en position « entrée »
sorties	V-out	Détecteur de position du vérin	Détecter que le vérin est en position « sortie »
	KM1	Bobine du distributeur	Son activation provoque la sortie du vérin
	KM2	Bobine du distributeur	Son activation provoque l'entrée du vérin
	Q3	Opérations effectuées par la WMT	Son activation provoque le démarrage du cycle

Tableau 6: Les éléments de l'automate

L'automate doit être programmé selon les opérations souhaitées pour qu'il puisse commander les pré-actionneurs.

Ci-dessous, on présente une programmation à l'aide du logiciel LADDER :

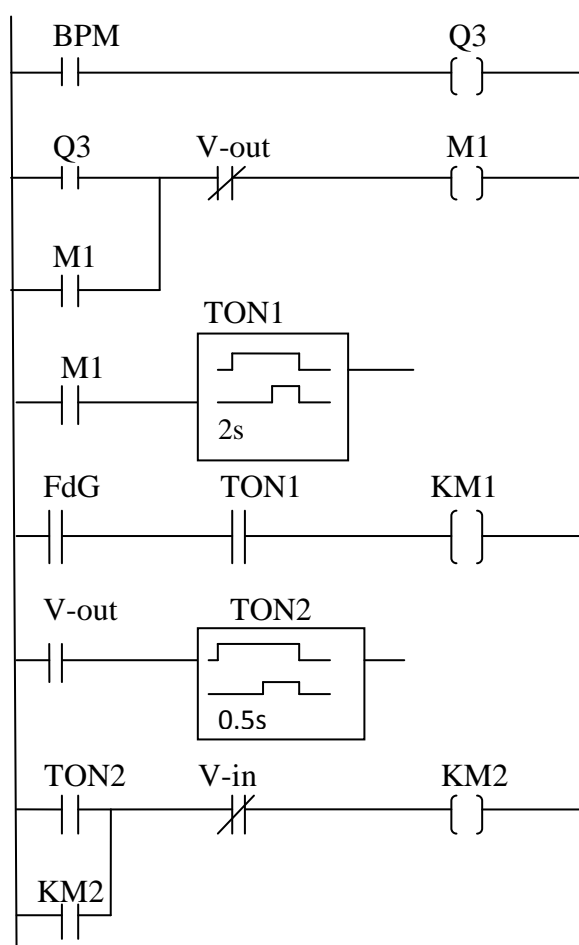


Figure 23 : Programmation du système sur LADDER

3-Le fonctionnement du système

- **Fixer le piston sur le mandrin** et le serrer à l'aide de la contre pointe de la machine WMT.
 - ⇒ Fin de course gauche est détectée (FdG=1)
- Appui sur le bouton poussoir BPM
 - ⇒ **Provoque l'activation de Q3** (c'est-à-dire démarrage de l'ancien système en mettant en marche le moteur (rotation du piston) et le déplacement de la table (ébauche et finition du produit)).
- Si Q3 est activé
 - ⇒ Alors le bit mémoire M1 est activé et il reste activé tant-que V-out n'est pas actionné.

- Lorsque $M1=1$
 - ⇒ On lance une temporisation de 2s pour assurer que la FdG n'est plus actionnée, et après 2s, la sortie de $TON1=1$ => permet de ne pas démarrer l'opération effectuée par le vérin ;
 - Après aller-retour de la table (ébauche et finition effectuées) le capteur de fin de course gauche FdG sera détecté, donc $KM1$ est activée
 - ⇒ **Sortie du vérin** jusqu'à détection de V-out
- Si V-out est détectée
 - ⇒ $M1$ est désactivé ($M1=0$)
 - ⇒ $TON1=0$
 - ⇒ $KM1=0$
 - ⇒ $V-out=1$
 - ⇒ Lancer une 2^{ème} temporisation de 0.5s (le temps estimé pour **effectuer le cassage**)
- Après 0.5s :
 - ⇒ $TON2=1$
 - ⇒ **Monté du vérin ($KM2=1$) jusqu'à la détection de V-in**
 - ⇒ $V-in=1$
 - ⇒ $KM2=0$
- **Démontage du piston**

Conclusion Générale

Dans notre stage de projet de fin d'études, on a eu l'opportunité de travailler sur un élément du moteur d'automobile. Le travail réalisé s'est avéré très enrichissant pour notre expérience professionnelle aussi bien en ce qui concerne le domaine technique que l'aspect humain. Il nous a permis d'avoir une vision détaillée sur la conception et la fabrication des pistons.

Au terme de ce stage, une brève rétrospective permet de dresser le bilan de travail effectué avec ses difficultés, ses contraintes, mais aussi et surtout le supplément de formation si riche dont nous avons eu la chance d'en bénéficier.

En effet, il fallait avoir un aperçu général mais aussi exhaustif sur le fonctionnement de la société, ses différents services et notamment le service de fonderie où se situe la machine WMT. En outre, il a fallu s'intégrer le plus rapidement possible avec le potentiel humain pour pouvoir accéder à sa collaboration, ses conseils et sa convivialité.

Sur le plan technique, nous avons pu maîtriser, dans un premier temps, le fonctionnement de la machine WMT, ce qui nous a offert l'opportunité de proposer des améliorations et des sécurités à appliquer après validation finale par les responsables.

Nous avons, dès le départ, trouvé un problème majeur qui résidait dans la chaîne de production précisément entre la machine WMT et le tour de cassage d'angles des pistons. C'est pour cette raison que nous avons fait la conception d'un montage qui va permettre de faire le cassage sur la machine WMT et nous avons calculé toutes les mesures dont on aura besoin.

Le stage de perfectionnement, que nous avons effectué dans la société Floquet Monopole nous a permis de connaître de très près le monde de l'entreprise industrielle, avec toutes les difficultés auxquelles il se heurte, et les atouts dont elle dispose.

Nous espérons par ce travail avoir atteint l'objectif fixé par le cahier des charges, et avoir donné satisfaction à notre encadrant de l'entreprise ainsi qu'aux aspirations de nos professeurs.

BIBLIOGRAPHIE

- ✓ Professeur A.EL BARKANY, cours **matériaux et procédés de fabrication**, LST CAM, Faculté des Sciences et Techniques de Fès ,2017 .
- ✓ Professeur EL MAJDOUBI, cours **calcul de la résistance des matériaux**, LST CAM, Faculté des Sciences et Techniques de Fès ,2017.
- ✓ **Résistance des matériaux**, Recueil de problèmes, Tome1.
- ✓ CATIA
- ✓ www.google.com
- ✓ www.wikipedia.org