



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès  
Faculté de Sciences et techniques de Fès-Saïss  
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 :

### **Amélioration d'un système de perçage des trous d'huile des gorges des segments racleurs des pistons**

Lieu :

**Société Marocaine des Fonderies du Nord SMFN à Fès**

Présenté par :

-BAKOA Jean Jack  
-BOULO Djouhaira

Encadré par :

- M. FILALI  
- Pr. ABDELHADI EL Hakimi

Soutenu le 16/06/2015 devant le jury :

-Pr. EL HAKIMI

-Pr. HARRAS

## Sommaire :

### Remerciements

### Introduction générale

<b>Premier Chapitre : Présentation de la Société Marocaine Des Fonderies du Nord</b> .....	2
1. Généralités.....	3
2. Organigramme de la SMFN.....	4
3. Organisation technique de la SMFN.....	4
5. Piston et Processus de fabrication.....	8
<b>Deuxième Chapitre : Présentation du Sujet</b> .....	18
1. Généralités sur les perceuses.....	19
2.Présentation de la problématique.....	21
3.L'analyse fonctionnelle.....	22
<b>Troisième Chapitre : présentation de la solutionfinale</b> .....	25
<b>I.les différentes solutions</b> .....	26
1.le plateau diviseur.....	26
1.1Définition.....	26
1.2Projection au montage.....	27
1.3Avantages et inconvénients.....	27
2.Le système vérin rotatif et poulie courroie crantée.....	27
2.1Définition vérin rotatif.....	28
2.2Principe.....	28
2.3Avantages et inconvénients.....	28
<b>II. Solution finale : ressort à bille</b> .....	29
A.Définition du ressort à bille.....	29
B.Définition du système.....	30
C.Mode opératoire.....	32
<b>Conclusion générale</b>	
<b>Annexes</b> .....	34

## Remerciements

*Tout d'abord nous exprimons notre profonde gratitude à **Mr. Alaoui**, professeur à l'ISTA.*

*Nous remercions ensuite Pr. **Mustapha IJJAALI**, Doyen de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès ;*

*Le Président Directeur Général de la Société Marocaine des Fonderies du Nord **M. Mohammed LARAQUI** de nous avoir accordé l'opportunité d'approfondir nos connaissances professionnelles.*

***M. Hakimi**, notre professeur encadrant à la FST de Fès pour la qualité de son encadrement, ses précieux conseils, ses fructueuses orientations et son soutien tout au long du déroulement de ce stage.*

***M. Filali**, notre encadrant au sein de la société pour son dévouement et ses conseils ;*

***M. Jamal**, le chargé du personnel à la Société Marocaine des Fonderies du Nord ;*

***M. Taouach** responsable de la filière Licence spécialité Conception et Analyse Mécanique ;*

*L'administration et le corps professoral de la F.S.T de Fès pour avoir eu l'initiative d'organiser à leurs étudiants des stages de fin d'étude afin de concrétiser la connaissance théorique qu'ils ont acquis et de les familiariser à l'environnement professionnel.*

*L'ensemble du Personnel de la Société Marocaine des Fonderies du Nord pour le climat de travail au moment du stage.*

*Les Enseignants du Département Génie Mécanique de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès.*

***Amine AOUIDAT**, élève à l'EST et notre trinôme.*

*Nous remercions aussi notre famille pour le soutien et les motivations apportées tout au long de ces deux derniers mois ;*

*Nous remercions enfin tous ceux omis, qui nous ont aidés directement ou indirectement à la réalisation de notre Projet de Fin d'Etudes.*

# Introduction générale

Dans le cadre de notre Projet de Fin d'Etudes Licence, nous avons eu l'opportunité d'effectuer notre stage au sein de la Société Marocaine des Fonderies du Nord ; ce dernier d'une durée deux mois, débuta le 15 Avril 2015 avec une visite générale des lieux.

Tout au long de ce stage, nous nous sommes d'abord familiarisés avec les machines en assistant à la production des pistons. Ensuite nous avons travaillé sur un projet d'amélioration d'un système de perçage des trous d'huile des segments racleurs des pistons.

Dans les pages suivantes, nous présenterons d'abord la Société Marocaine des Fonderies du Nord c'est-à-dire son organigramme, les différents services qu'on y retrouve et son processus de fabrication des pistons. Ensuite, une vue détaillée du sujet de notre étude en d'autres termes la problématique du sujet, les raisons pour lesquelles ce sujet nous a été proposé et l'analyse fonctionnelle. Enfin, nous détaillerons les différentes solutions que nous avons trouvées et la solution finale et son insertion dans le processus de production des pistons.

**Premier Chapitre :**

# **Présentation de la Société Marocaine des Fonderies du**

## Introduction

La Société Marocaine des Fonderies du Nord est le lieu où nous avons effectué notre stage et étudié notre Projet de Fin d'Etudes. Cette société a pour activité principale la production des pistons. Tout au long de cette première partie, nous allons présenter l'organigramme de cette société, les services qu'on y retrouve et enfin le processus de fabrication des pistons.

## 1. Généralités

La **Société Marocaine des Fonderies du Nord** est une société Anonyme créée en 1981 avec un capital de 21.8 millions de Dirhams. Elle se situe dans le quartier industriel Sidi Brahim de Fès, 59 Lot, rue 813.

Cette société a pour activité principale la **production des pistons en alliage d'aluminium**. Toutefois, elle produit aussi des chemises en fonte grise et des axes en acier.

La SMFN est sous licence d'exploitation Floquet Monopole, filiale Française de DANA Corporation USA, spécialiste de l'industrie automobile ; d'où son intégration à l'échelle mondiale. Elle produit en effet, pour des clients tels que PerfectCircle, Distribution Europe, FAURECIA, Renault.

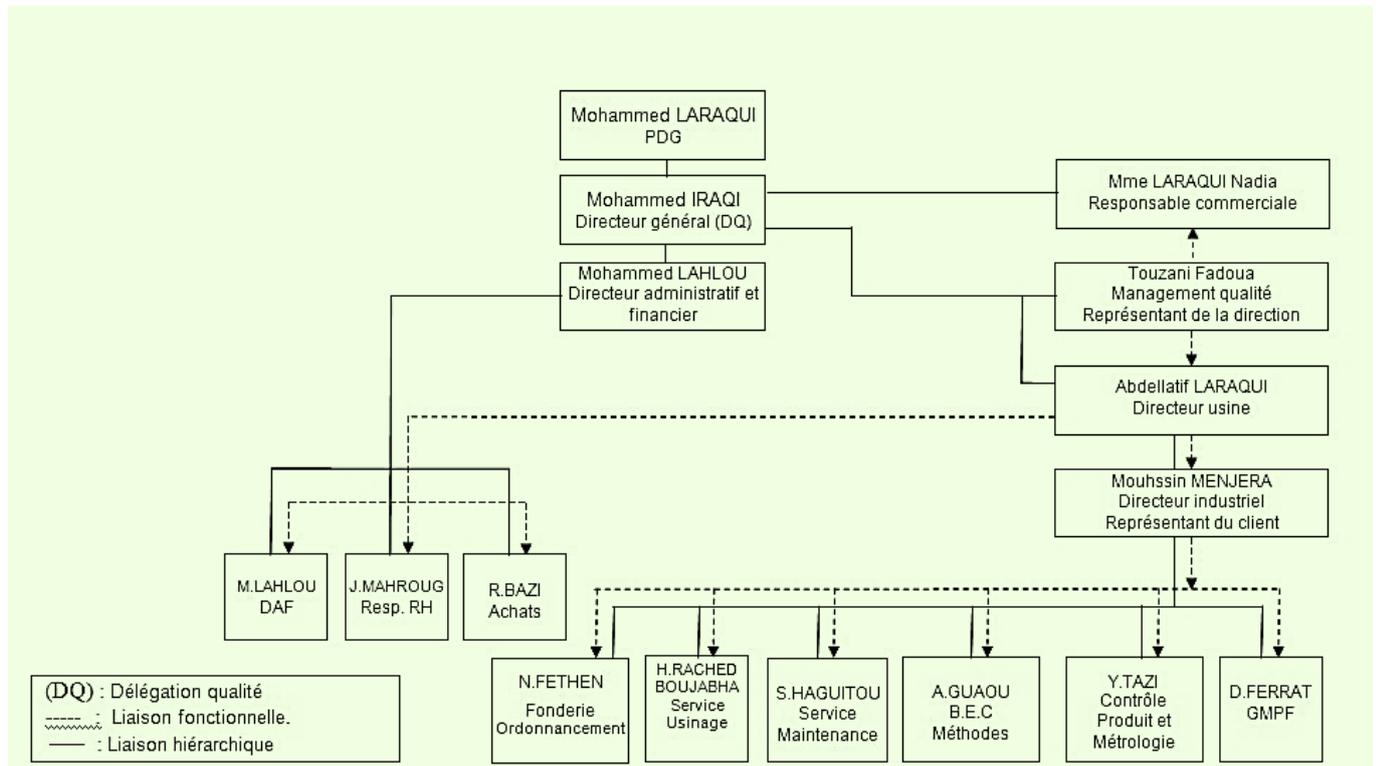
Certifiée ISO 9000/ 2000 et ISO TS/16949, c'est l'une des plus grandes fonderies d'Aluminium d'Afrique et du Moyen Orient avec un chiffre d'affaire de plus de 80 000 millions de Dirhams par An.

Sa production est variable en fonction des années. L'année 2002-2003 par exemple, elle atteint une valeur de plus de 500 000 pistons.



## 2. Organigramme de la société

La Société Marocaine des Fonderies du Nord est composée de plusieurs services dont chacun d'eux remplis des tâches bien précises, et ensemble contribuent à optimiser la production des pistons et fortifient la qualité.



## 3. Organisation technique de la SMFN

Le département technique de La SMFN se structure comme suit :

### a. La Direction technique

Dont les tâches principales sont la **coordination** et **l'ordonnancement** des travaux des différents services.

### b. Le Bureau d'Etudes

Il a pour missions :

La réalisation des plans (dessins d'ensemble, de définition,..) de nouveaux produits

La conception des moules et définition des formes et tolérances afin d'obtenir le brut capable de donner un produit fini conforme.

### c. **Bureau des Méthodes**

Les ingénieurs de ce bureau définissent les moules et précisent chaque étape de production en utilisant les outils de Conception Assistée par Ordinateur (CAO). Ce bureau a pour objectifs :

L'établissement des gammes d'usinage et contrats de phase nécessaires pour l'obtention du produit fini.

L'établissement des fiches techniques ;

L'établissement des plans des outillages de fabrication de contrôle ;

La définition des montages d'usinage et des paramètres du processus.

### d. **Service Fonderie**

Ce service assure le coulage dans les moules

### e. **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

### f. **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.

### g. **Service contrôle**

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

### Mahr mesure

Qui permet le contrôle de la planéité de la pièce



### Comparateurs

Pour vérifier que certaines limites définies pour la conception de la pièce ne sont pas dépassées.



### Spectromètre

qui permet de déterminer les différents éléments qui entrent dans la composition des pièces.



### Duromètre

pour contrôler la dureté de la pièce.



## Rugosimètre

pour contrôler la rugosité de l'état de surface.



Afin de veiller autant à la qualité des produits qu'à la qualité des outils de contrôle, le service contrôle intervient en cas de problèmes concernant la qualité et assure la conformité des moyens de contrôle.

## h. Service emballage

Il se charge de l'emballage des pistons et des chemises après avoir effectué un dernier contrôle visuel.

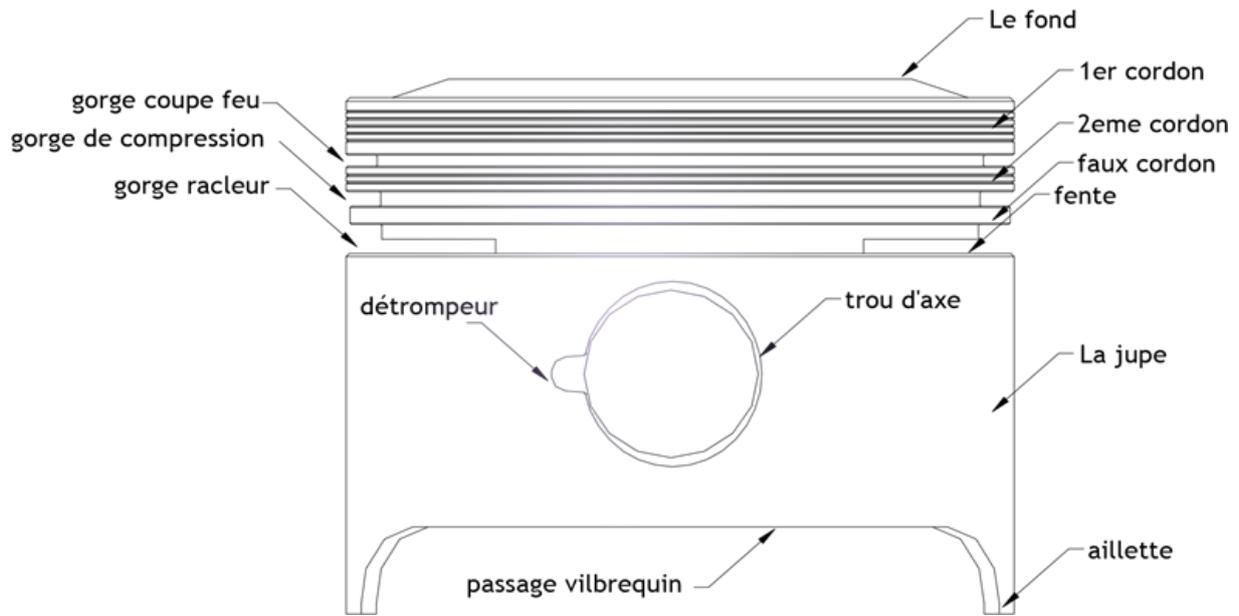


## i. Service ressources humaines

Chargé de toutes les fonctions administratives et professionnelles de l'ensemble du personnel et des stagiaires de la société.

## 4. Piston et processus de fabrication

Pièce cylindrique mobile, qui sert à comprimer les gaz en vue d'une explosion, et qui après l'explosion transforme une énergie thermique en énergie mécanique.



Durant le stage, nous avons bénéficié à la fabrication des pistons des voitures Renault R5 Essence.

Les Bureaux d'études et de Méthodes se sont chargés du dessin, de la définition et confection du contrat de phase.

La fabrication du piston se déroulait comme suit :

## 1<sup>ère</sup> phase : Coulage de précision

On introduit dans un four de fusion, des lingots qui sont soit en alliage d'Aluminium avec 12% de Silicium (AS12), soit en alliage d'aluminium avec 18% de Silicium (AS18) ; afin de les fondre.



Au point de fusion, qui correspond à une température de 730°C pour l'AS12 et 780°C pour l'AS18, L'opérateur retire l'aluminium liquide à l'aide d'une louche et le verse dans des moules spécifiques au Bureau d'Etudes.



Après solidification, on obtient des pistons à l'état brut.

## 2<sup>ème</sup> phase : Démasselotage

Les pistons moulus présentent des masselottes et du système de coulée dont il faut se débarrasser. On les introduit ainsi dans une démasseloteuse afin de les supprimer.



## 3<sup>ème</sup> phase : Stabilisation

Le piston brut passe ensuite dans un four pour un recuit de stabilisation. Au cours de cette étape qui dure 8h, la pièce gagne en dureté ; l'empêchant ainsi de se dilater dans le moteur en cas de hautes températures.



## 4<sup>ème</sup> phase : Usinage

Au cours de cette phase, se fait l'usinage des différentes surfaces fonctionnelles et de référence du piston en respectant toutes les contraintes dimensionnelles, géométriques, de forme et d'état de surface conformément aux spécifications du dessin de définition.

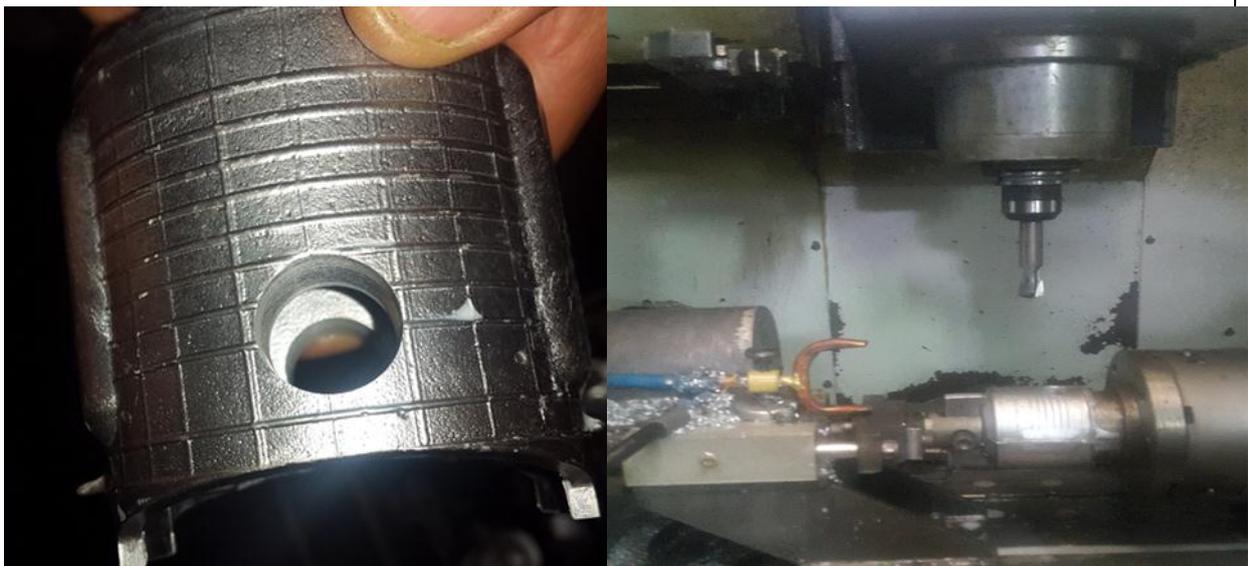
Il se fait en plusieurs étapes

a) Emboitage

Qui permet de monter la pièce dans le moteur. Cet usinage se fait sur une tour CNC



b) Ebauche trou d'axe



c) Dressage et Chariotage



d) Gorge et finition tête piston



e) Chanfrein interbossage



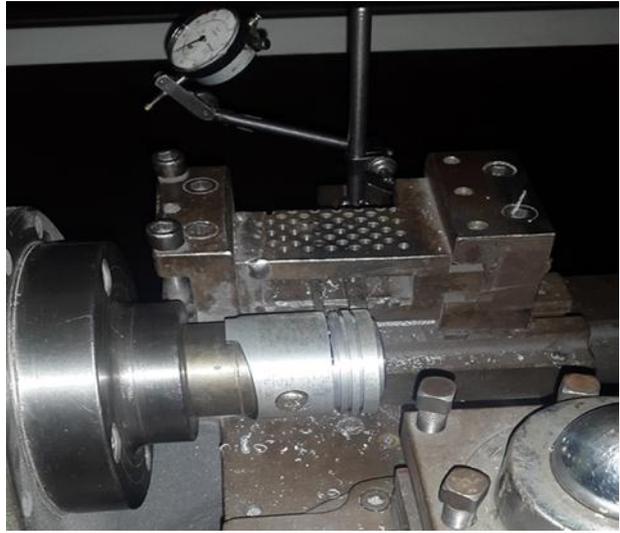
f) Lamage + Chanfrein trous  
facilite le montage de l'axe sur le piston



g) Finition jupe



h) Chanfrein des gorges



i) Finition des trous d'axes



Durant le stage il nous a été confié l'opération de gorge + finition jupe

Elle se déroulait comme suit

Après avoir enlevé le copeau sur le piston à l'aide d'une soufflette,



Monter la pièce avec un axe sur le mandrin tout en s'assurant du sens de montage puis serrer à l'aide de la pédale (figure ci-contre).

Fermer la porte et appuyer sur le bouton départ cycle. On note la présence d'un lubrificateur (eau+huile).

Le temps pour une pièce est de 35s. La vitesse d'avance est de 26mm/min pour les gorges et variable pour la jupe. A la fin du cycle, ouvrir la porte et desserrer la pièce.



Dégager le copeau du piston et le contrôler. Le contrôle s'effectue qu'après avoir monté le piston suivant sur le mandrin.

Un contrôle visuel pour identifier les pièces rebutées qui seront mises dans des paniers rouges.

Un autre contrôle qui se fait après chaque dizaine, à l'aide des comparateurs pour vérifier que tout se trouve dans les limites de contrôle.



### 5<sup>ème</sup> phase : fraisage fond



### 6<sup>ème</sup> phase : Marquage



### 7<sup>ème</sup> phase : Lavage de la pièce

A l'aide de l'eau et du savon à une température de 40°C afin de dégraisser la pièce



**Deuxième Chapitre :**

# **Présentation du sujet d'étude**

## Introduction

Ce chapitre contient les généralités sur les perceuses retrouvées au sein de la société raisons pour lesquelles il nous a été demandé d'améliorer le système de perçage des trous d'huile des segments racleurs des pistons ; détaille la problématique du dit sujet et développe tous les outils permettant de répondre aux attentes exigées, à savoir l'analyse fonctionnelle, le cahier de charge.

### 1. Généralités sur les perceuses

Au sein de la Société Marocaine des Fonderies du Nord, on retrouve deux grandes catégories de perceuse : les perceuses manuelles et celles à commande numérique.

En particulier, parmi les manuelles nous avons rencontré :

Les perceuses horizontales à une broche : Ces dernières permettent respectivement au lamage et chanfrein des trous d'axe, et à l'ébauche des trous d'axe.



Les perceuses horizontales à deux broches en regard destinées à l'élaboration des trous d'huile des gorges racleurs des pistons



Les perceuses à commande numérique sont diverses au sein de la société. Mais permettent toutes à la finition des trous d'axe des pistons.



Notre étude se consacrera juste sur une perceuse horizontale à deux broches en regard.

## 2. Présentation de la problématique

Pour une performance du service production, nous avons été chargés d'améliorer le système de perçage de quatre trous du segment racleur des pistons.

En effet, au cours de cette opération qui s'effectue sur une perceuse horizontale à deux broches en regard, l'opérateur monte le piston pour le perçage des deux premiers trous. Après usinage, il démonte le piston, le tourne de 180° et le remonte pour un second perçage.

Cette procédure de montage et de démontage du piston, qui prend beaucoup de temps, peut provoquer un mauvais perçage et est un désavantage pour l'entreprise.



PERCEUSE HORIZONTALE

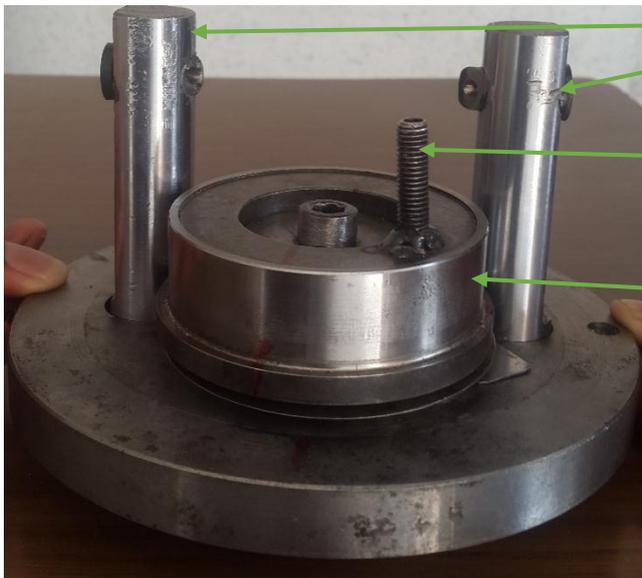


PISTON

C'est dans cette optique qu'il nous a été chargé de mettre sur pied un système qui sera plus économique en temps, en coût, et surtout précis dans le perçage.

Toutefois, une importante condition nous a été imposée pour la réalisation de ce projet. Ne pas apporter une solution qui pourrait modifier la machine.

Pour rester dans les limites imposées, nous avons trouvé adéquat de consacrer notre travail au porte piston (voir ci-dessous).



Guides de perçage

Cales de précision

Cimblot

**Guides de perçage** : permettent d'orienter les forêts lors du perçage des pistons. Et évitent la flexion de ces forêts au contact de la jupe du piston.

**Cale de précision** : elle permet de positionner avec précision le piston à un angle correspondant à la position des trous à usiner.

### 3. L'analyse fonctionnelle

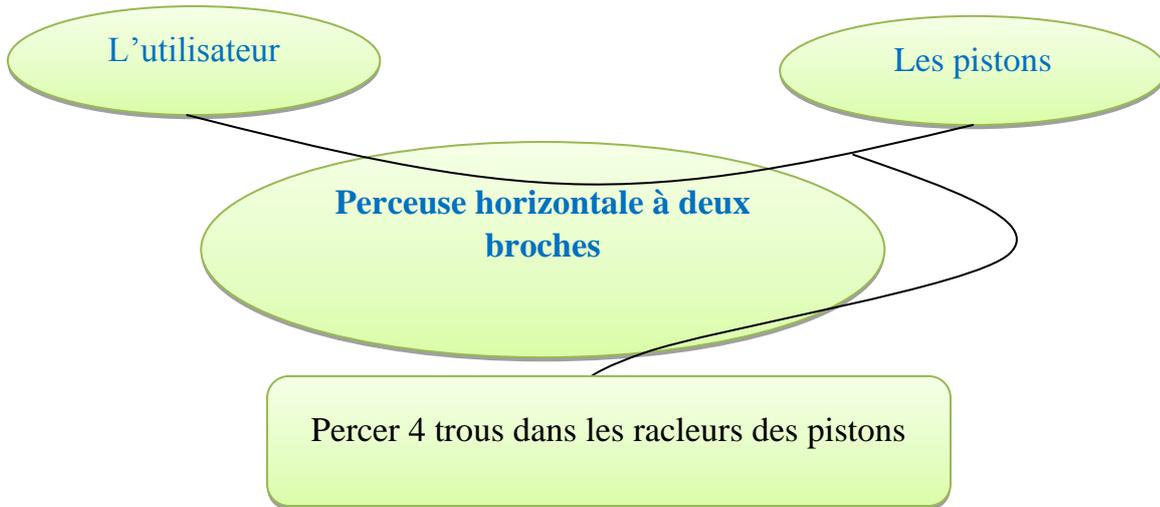
L'analyse fonctionnelle externe consiste à analyser le besoin auquel devra répondre le produit, les fonctions de service qu'il devra remplir, les contraintes auxquelles il sera soumis. C'est la base de l'élaboration du Cahier des Charges Fonctionnel.

#### a. Analyse du besoin

##### Enoncé du besoin

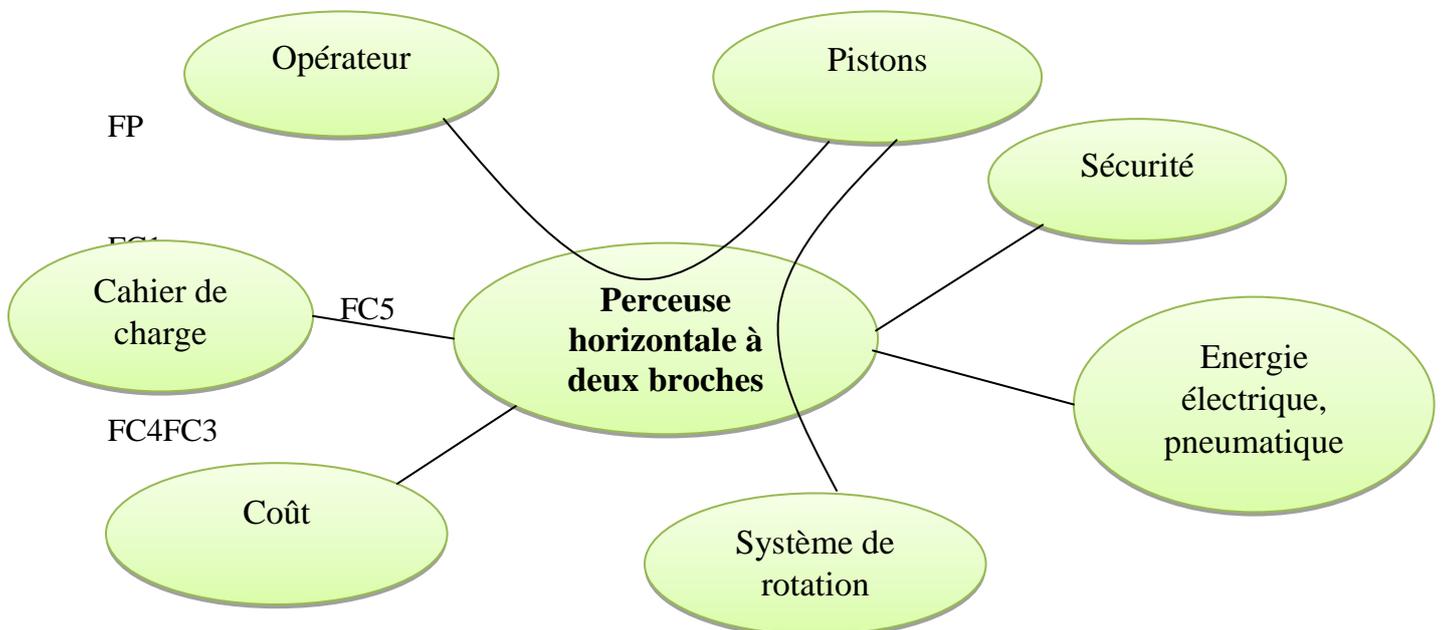
**BESOIN** : percer 4 trous sur les segments racleurs des pistons

**PRODUIT** : Perceuse horizontale à deux broches



## Analyse du besoin

Utilisation d'un diagramme des interactions : "pieuvre"



Fonctions	EXPRESSION DE LA FONCTION
FP	Permettre à l'opérateur de percer les pistons
FC1	Etre adopté aux normes de sécurité en vigueur.
FC2	Etre alimenté en énergie électrique et pneumatique
FC3	Etre doté d'un système qui permettra la rotation des pistons
FC4	Avoir un cout global minimal.
FC5	Etre en mesure de respecter le cahier de charge

## b. Cahier de charge

A la fin de cette étude, la machine doit :

- Etre capable d'effectuer 4 perçages dans les gorges des segments racleurs des pistons ;
- Permettre à l'entreprise d'être plus performante en ce sens où l'ancien système prend beaucoup de temps.

**Troisième Chapitre :**

# **Présentation de la solution finale**

## Introduction

Les lignes à venir contiennent les différentes tendances menées pour venir à bien de la problématique énoncée plus haut. En effet, celles-ci se différencient de leurs côtés techniques de leur rentabilité et de leur coût.

## I. Proposition des différentes solutions

### 1. Plateau Diviseur



Plateau de fixation

Disque de détermination

#### 1.1 Définition

Le plateau diviseur est un appareil monté sur une machine-outil qui permet de varier les positions des pièces suivant un angle et un axe bien précis. Sur le plateau, la pièce est bridée ou maintenue par un mandrin. Le déplacement angulaire est fait par l'opérateur soit :

- Par tambour gradué sur le diviseur conventionnel
- Par l'intermédiaire d'un boîtier à lecture digitale sur le diviseur à commande numérique.

## 1.2 Projection au montage

Le piston (figure ci-contre) est monté sur le mandrin du plateau diviseur, et l'ensemble est fixé à la table d'usinage. De ce fait, une rotation du disque de détermination permettra la rotation voulue (de 180°) du piston.



## 1.3 Avantages et inconvénients

### a. Avantages

Le plateau diviseur permet la rotation de la pièce sans la démonter et fournit une bonne fixation de la pièce soit par un mandrin ou directement sur le plateau à travers des brides.

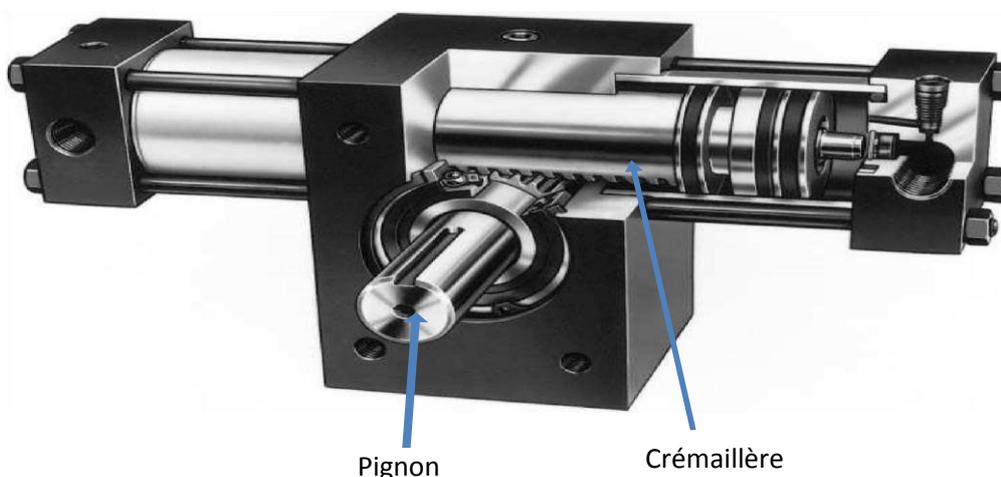
### b. Inconvénients

Bien qu'on obtienne facilement une rotation du piston avec le plateau diviseur, cette méthode nous amène obligatoirement à modifier la machine pour pouvoir la monter: ce qui ne nous est pas permis.

D'autre part cette méthode peut s'avérer très lente et la variation de l'angle n'est pas précise pour des pièces de cette importance.

De plus, le diviseur est un appareil lourd et sa maintenance est fastidieuse.

## 2. Système poulie courroie crantée avec vérin rotatif

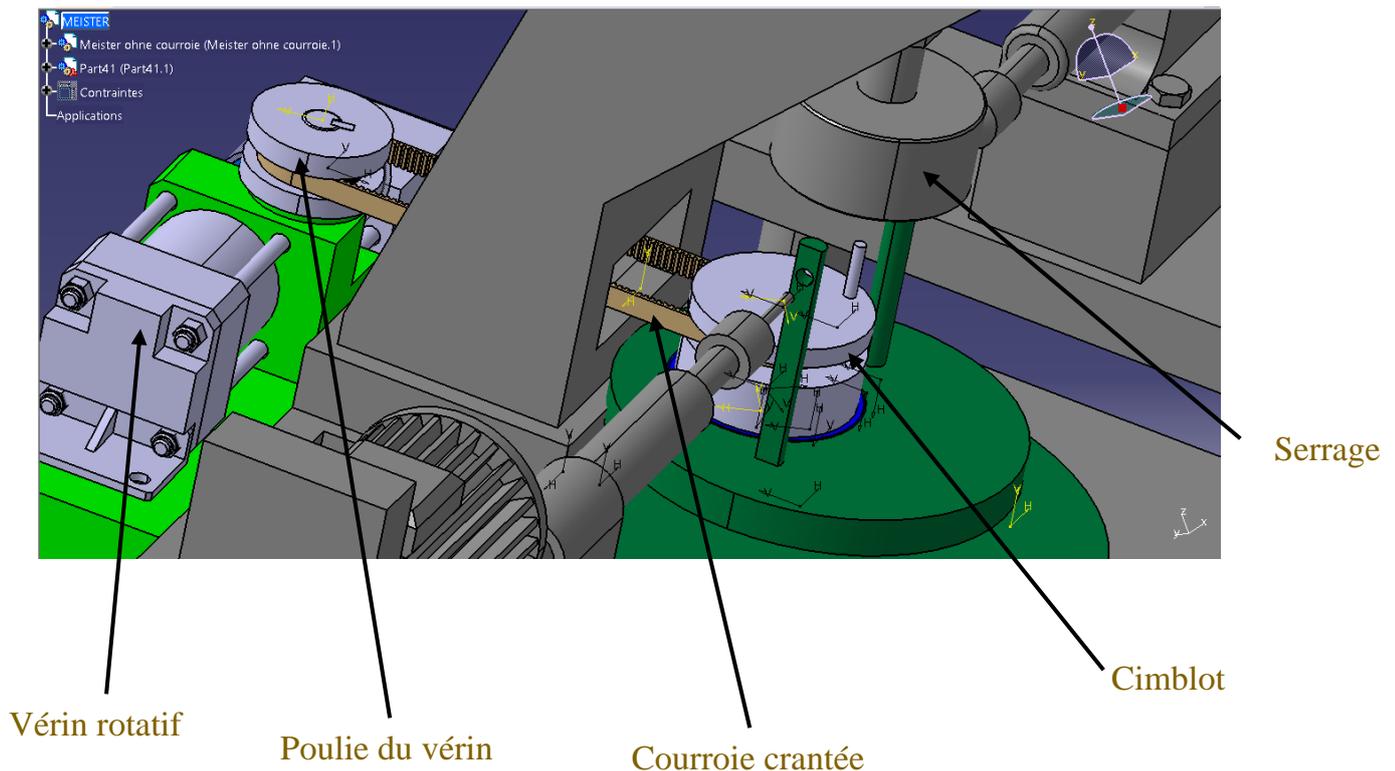


## 2.1 Définition

Un vérin rotatif est un système qui permet de convertir un mouvement linéaire en un mouvement de rotation afin de créer un couple. Il est composé d'un corps cylindrique comprenant un piston relié par un axe crémaillère qui engraine avec un pignon qui est mis en rotation par le mouvement de cet axe. L'angle de rotation de l'arbre de sortie varie en fonction de la longueur de la crémaillère.

## 2.2 Principe

La courroie crantée utilisée est d'une part engrenée au cimblot et d'autre part au pignon appartenant au vérin rotatif. L'usinage est fait de telle sorte que les deux gorges par lesquelles passe la courroie aient le même diamètre ; ainsi le rapport de transmission du mouvement du vérin au cimblot est égal à 1. Pour une rotation de  $180^\circ$  du vérin, le cimblot rote aussi de  $180^\circ$ .



## 2.3 Avantages et inconvénients

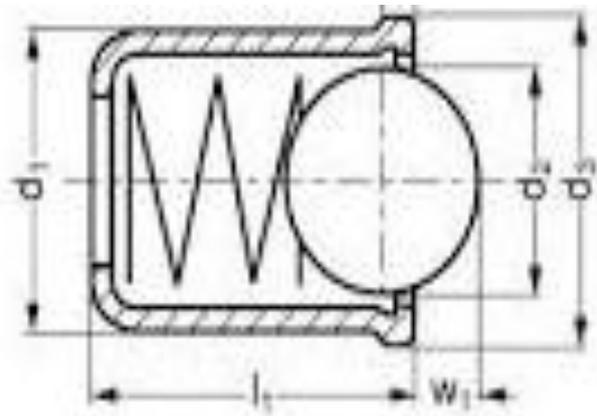
### a. Avantages

Cette méthode a pour principal avantage son côté automatique et en plus un trait de rapidité.

## b. Inconvénients

En général, le montage est très exigeant financièrement et en maintenance. De plus, l'usinage du cimblot (gorge dentée) est complexe. D'autre part, le système est encombrant et à la longue perd en précision (glissement de la courroie crantée).

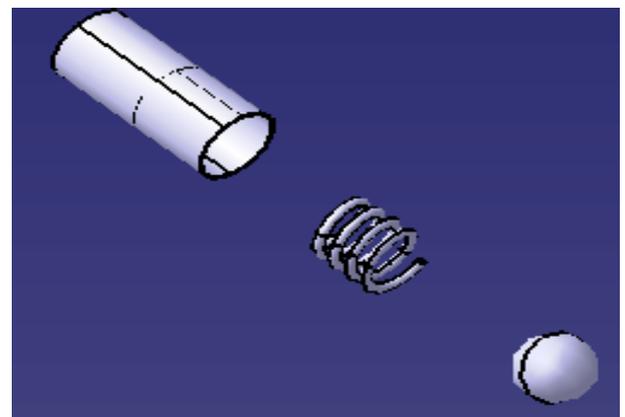
## II. Solution finale : Ressorts à bille



### 1. Définition du ressort à bille

Le ressort à bille est une pièce mécanique constituée de l'intérieur d'un ressort de raideur adéquate liée de façon commode à bille. L'ensemble est contenu dans un tube permettant à son tour (par la liaison pivot) une rotation libre de la bille. Les poussoirs à ressorts à bille sont principalement utilisés pour arrêter et positionner précisément, sans serrage un dispositif mécanique mobile.

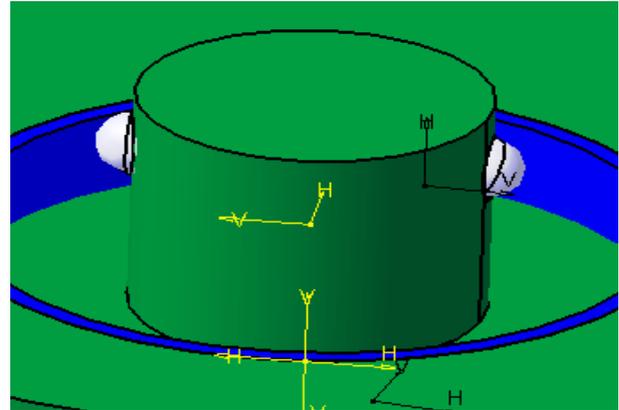
Du fait de ses dimensions convenables et de sa capacité d'orientation, nous allons dans la suite l'insérer au cimblot pour obtenir la rotation.



## 2. Définition du système

### a. Position des ressorts à bille

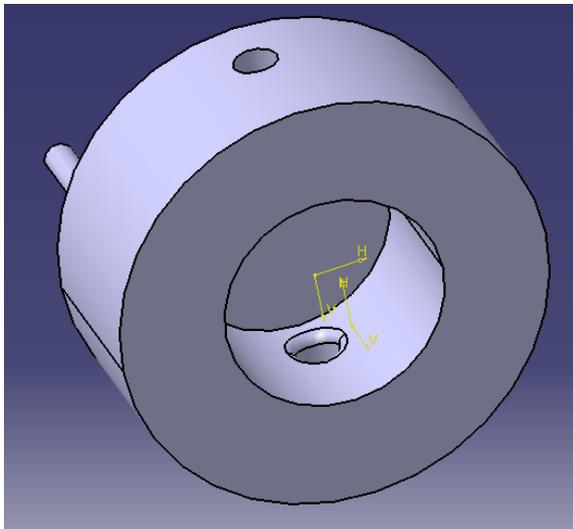
Deux ressorts à bille ont été insérés symétriquement à l'intérieur d'un alésage fait sur l'axe lié à la base du porte piston. Ces ressorts à bille sont maintenus en équilibre grâce au jeu négatif existant entre leurs diamètres et l'alésage. Toutefois, nous avons favorisé ce système mécanique car il impose naturellement une immobilité au cimblot après rotation de ce dernier.



**Figure** : Ressort à bille monté sur l'axe

### b. Le Cimblot

Deux trous chanfreinés de l'intérieur du cimblot ont été usinés diamétralement opposés et à la même hauteur que les ressorts à bille, afin de permettre la fin de course de la rotation (par insertion des billes dans les trous et ensuite immobilisation).



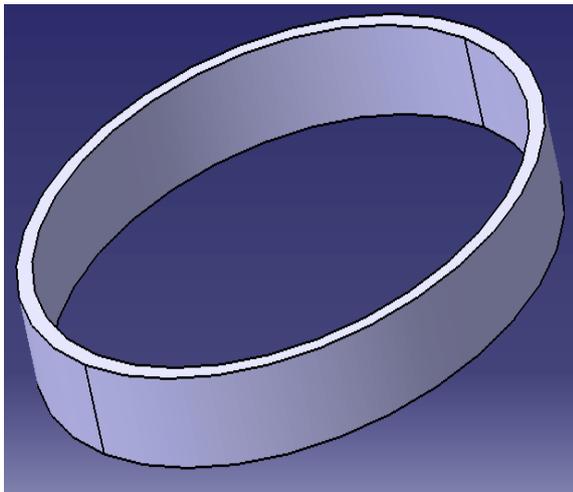
**Figure** : Trous chanfreinés du cimblot

Les axes des trous forment entre eux un angle de  $180^\circ$  permettant ainsi au cimblot de faire exactement un demi-tour. Il est surtout à noter que l'utilisation de deux ressorts à bille limite les efforts et augmente la précision de rotation à contrario d'un.

### c. Le Coussinet et levier

Les coussinets sont de bagues cylindriques de forme tubulaire avec ou sans collerette. Ils sont en général entre un arbre et son logement et ont un pour rôle la facilitation du mouvement de rotation de l'arbre.

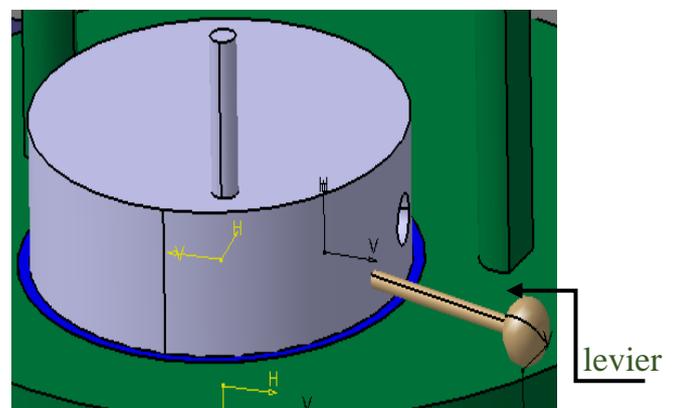
Dans notre étude, un coussinet de dimensions convenables est inséré entre les parois du cimblot et l'alésage du porte piston, afin de guider la rotation, limiter les frottements et parer d'autres obstacles (copeaux, liquide de lubrification...).



**Figure** : Coussinet

Le choix de son matériau peut être divers ; mais il doit toutefois posséder de bonne qualité au frottement (bronze, plomb, étain, graphite, téflon, Polytétrafluoroéthylène PTFE, polyamide). D'autre part, plus besoin d'apporter une lubrification, car le lubrifiant utilisé pour faciliter le perçage enduit aussi le coussinet.

Le levier quant à lui est un élément important du montage car facilite le mouvement de rotation du cimblot par l'opérateur. Toutefois sa liaison avec le cimblot est démontable (levier fileté et trou taraudé) dans la mesure de prévoir d'éventuelles cassures ou dans le cadre d'une maintenance meilleure.

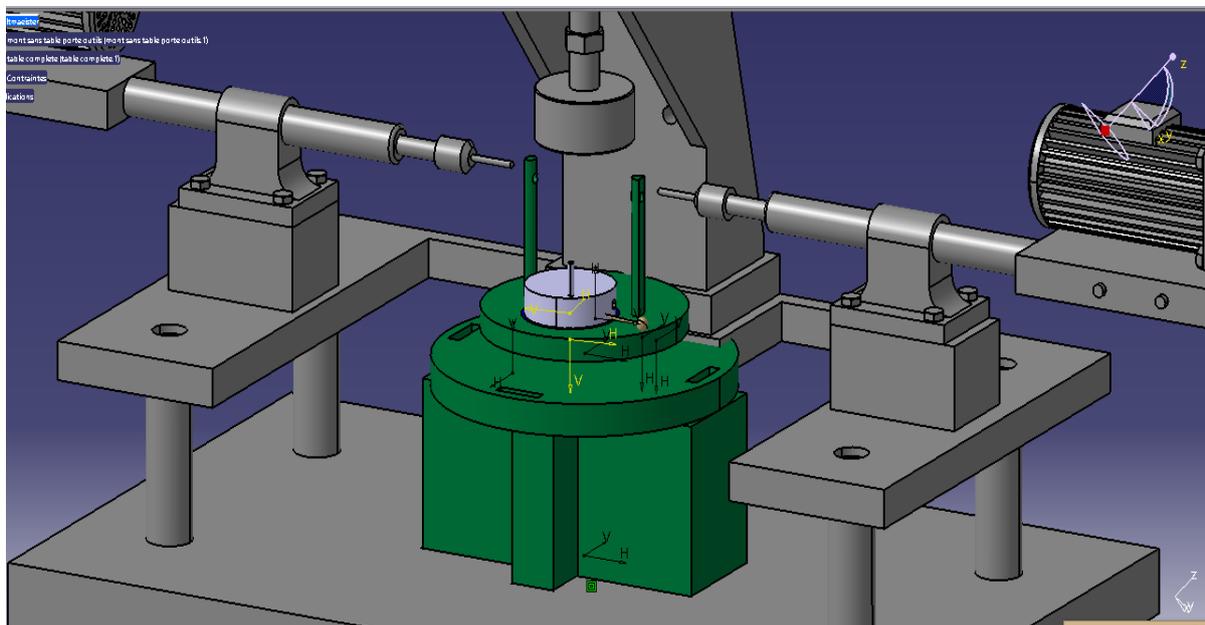


### 3. Mode opératoire

Tout comme précédemment, l'opérateur réalise la mise en position en montant le piston sur le cimblot, l'orientant au point de perçage (grâce à la cale de précision) et en appliquant le serrage vertical. Après usinage des deux premiers trous, l'opérateur lève le serrage, tourne le piston de  $180^\circ$  à l'aide du levier et remet le serrage pour le second perçage.

Notons qu'à  $180^\circ$ , les fins de course de rotation sont marquées par l'insertion des ressorts à bille dans les trous. De plus, ces derniers apportent une certaine immobilité au cimblot. D'autre part, avant usinage, l'opérateur est amené à vérifier la juste position du piston par le biais de la cale de précision.

Cependant, cette solution est en phase avec toutes problématiques de mise en position du cimblot car du fait du double perçage, tout efforts tangentiels sont compensés.



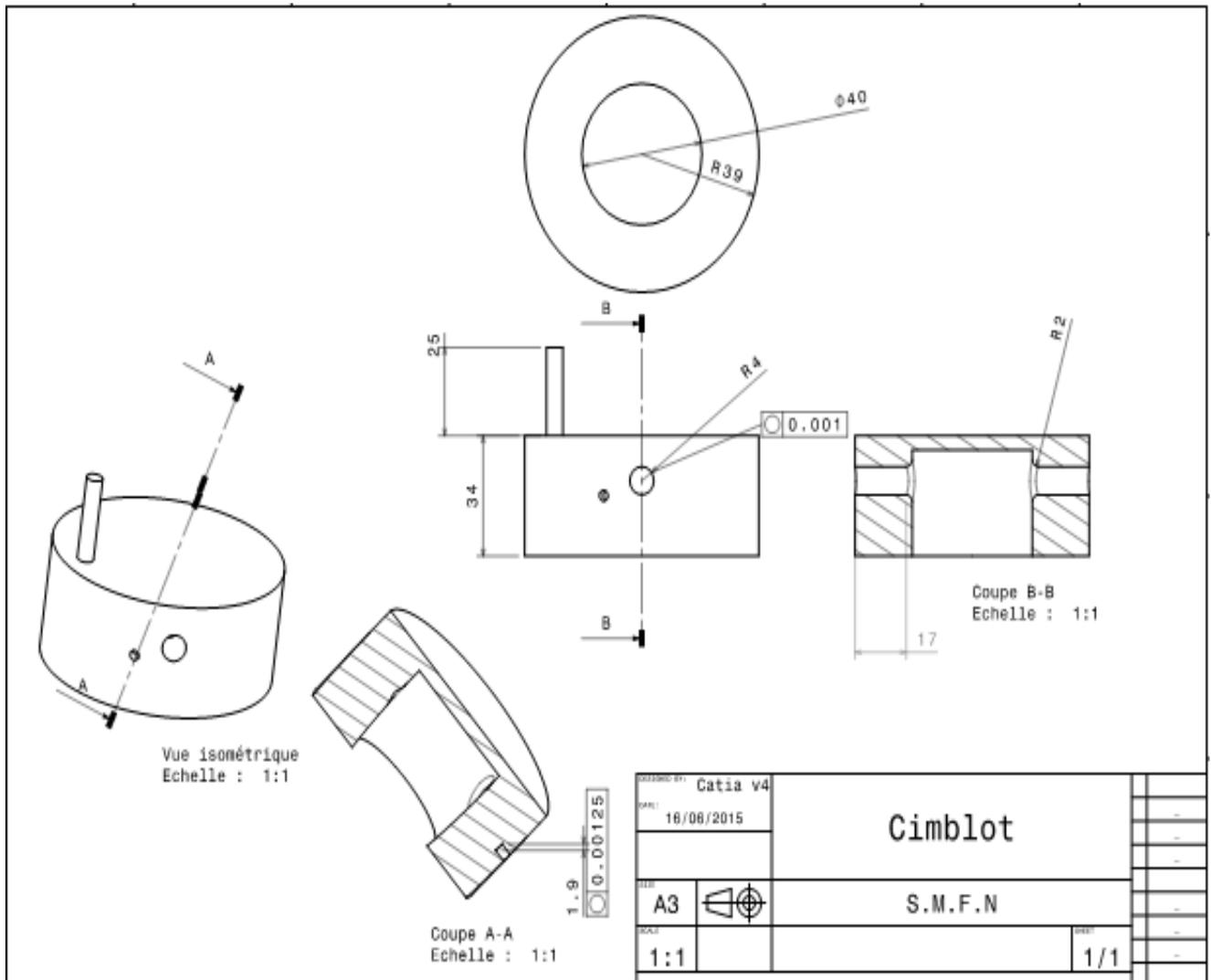
**Figure :** vue d'ensemble du montage

# Conclusion générale

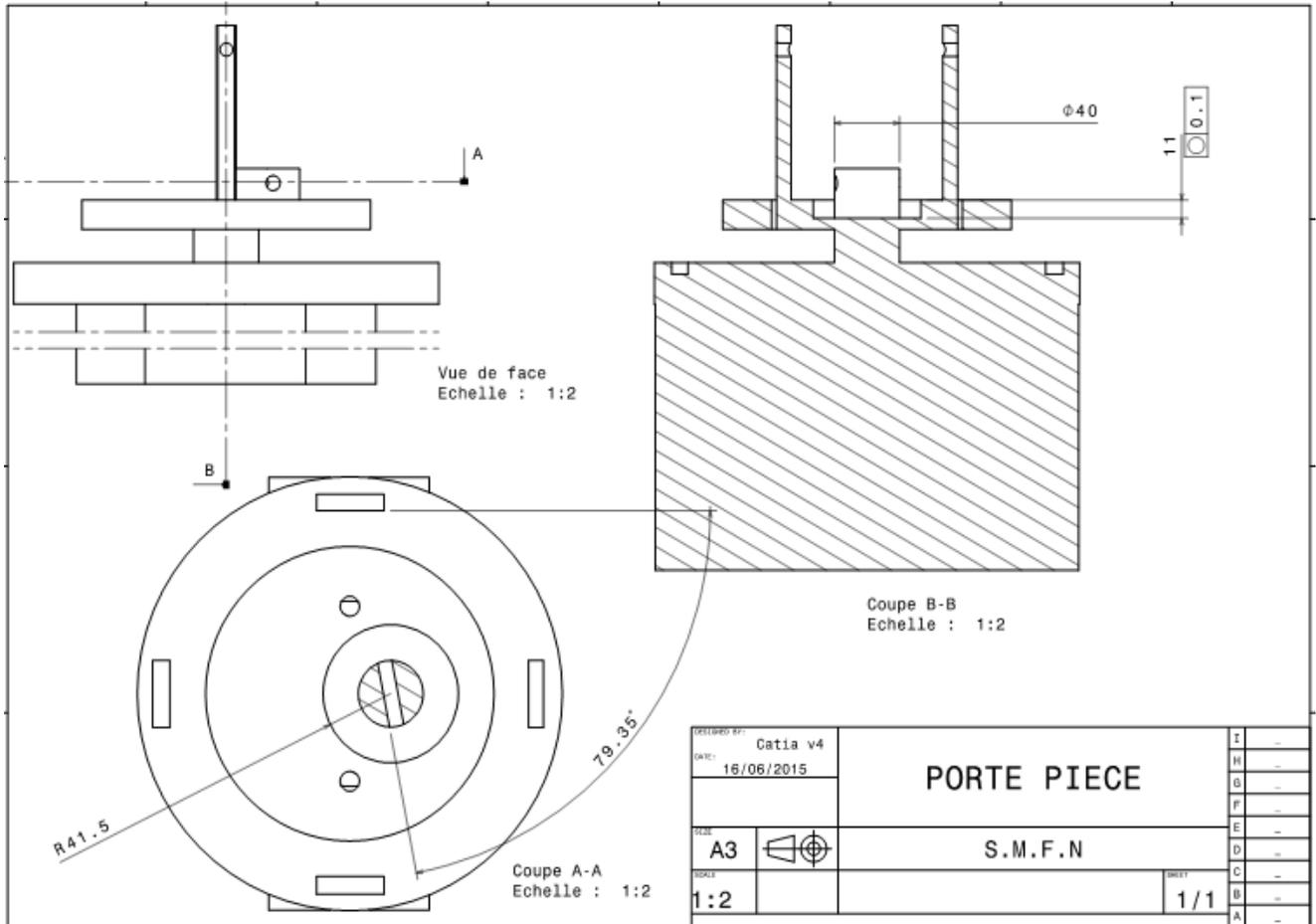
En définitif, il nous a été confié au cours de ces deux mois de stage, l'amélioration d'un système de perçage des trous d'huile des segments racleurs des pistons, tout en respectant des conditions précises en particulier la non modification de la machine. Pour ce faire, nous avons opté pour une solution permettant la rotation du cimblot : un système ressort à bille et levier. D'un point de vue spécifique, les dits ressorts à bille facilitent la rotation du cimblot et marquent les fins de course du cimblot par insertion dans les trous chanfreinés.

Dans la même lancée, l'opérateur déplace l'ensemble à l'aide d'un levier et le tout guidé par un coussinet inséré entre le cimblot et l'axe de rotation. Solution avantageuse, car pas très coûteuse, facile à mettre sur pied, facilite la tâche de l'opérateur, beaucoup plus précis dans le perçage plus rapide que la précédente. La société gagne en effet 10 secondes par piston lors de cette opération. Toutefois, il faut noter que cette solution serait meilleure si elle est automatisée.

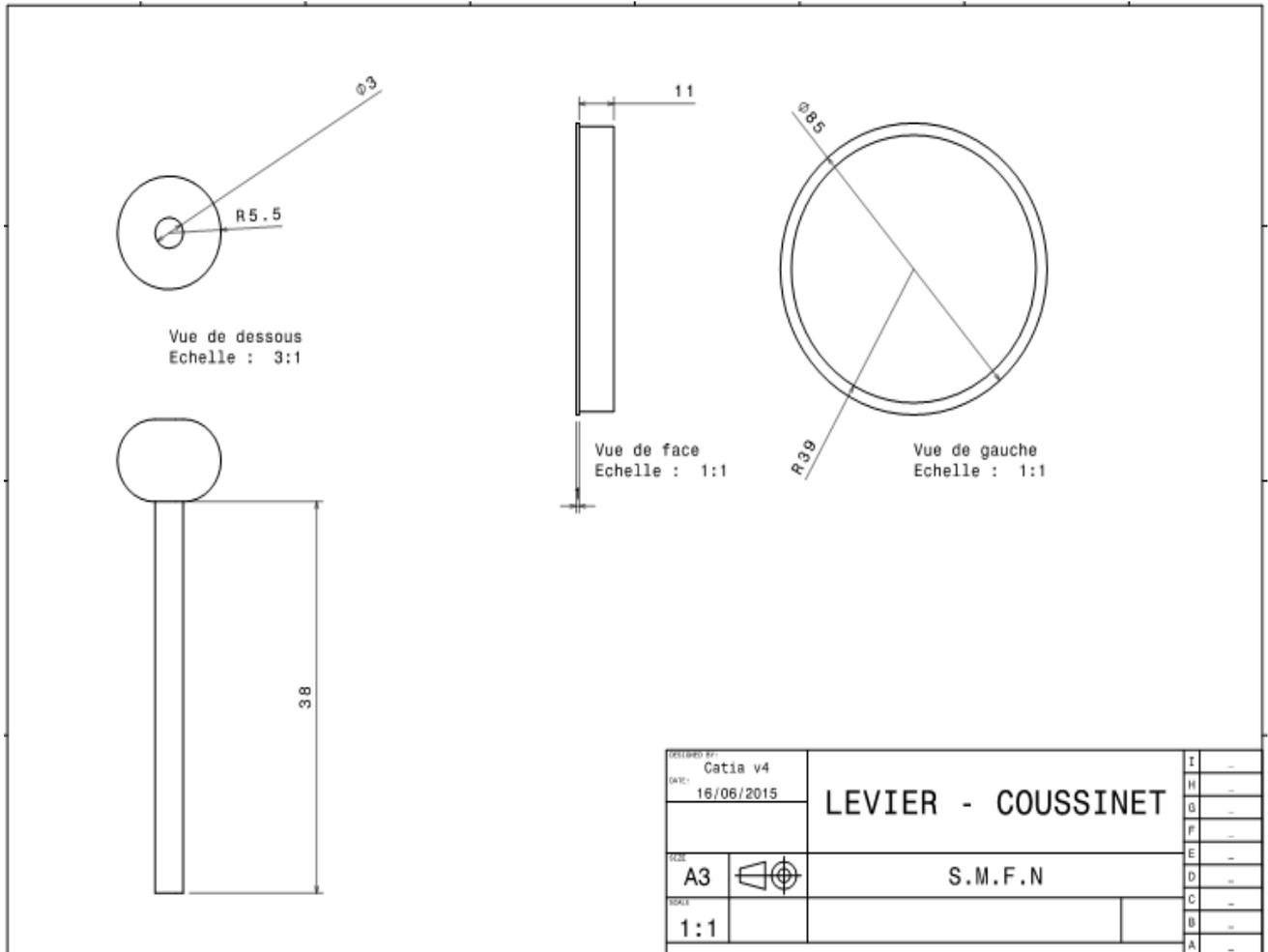
# Annexes



**Figure :** Dessin de définition du cimblot



**Figure** : Dessin de définition du porte pièce



**Figure :** Dessins de définitions levier et coussinet