



**UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA 1**  
**FACULTE DE TECHNOLOGIE**  
**DEPARTEMENT DE MECANIQUE**

Projet de Fin d'Etudes  
Pour l'obtention du Diplôme de Master en  
Fabrication mécanique et productique.  
Laboratoire de structure.

Titre : Conception et réalisation d'un moule d'injection plastique.

Proposé et encadré par :  
Dr.MERZOUG Djamel

Réalisé par :  
M.AKKACHE Ibrahim Oussama  
M.SIARI Abd Ellah

Année universitaire 2019/2020

## Remerciements

*En préambule à ce mémoire on remercie ALLAH qui nous a aidé et donné la patience et le courage durant ces longues années d'étude.*

*On remercie nos parents, pour leurs soutiens et aide depuis le début.*

*Ces remerciements vont tout d'abord à notre encadreur Dr.MERZOUG Djamel, pour l'orientation, la confiance, la patience qui ont constitué un mémoire considérable sans lui ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port. Qu'il trouve dans ce travail un hommage vivant à sa haute personnalité.*

*En tient à remercier vivement les membres du jury d'avoir consacré de leur temps à la lecture de ce manuscrit, d'accepter de juger et d'évaluer ce travail.*

*Il est comme même très agréable de remercier notre chef de département Mr TEMMAR Mustapha pour les efforts, les conseils et ses directives précieuses durant quatre ans*

*On remercie tous ceux ayant participés de proche ou de loin dans l'élaboration de notre travail .*

## Dédicace

*Je dédie ce travail à :*

*Mon père et ma mère pour leur soutien moral et matériel.*

*mes chers frères et sœurs.*

*A mes très chers Amis.*

*M.IBRAHIM*

*Je dédie ce travail à :*

*Mon père et ma mère pour leur soutien.*

*mes chers frères.*

*A mes très chers Amis.*

*M.Abd Ellah*

## نبذة مختصرة

العمل المقدم في هذه المذكرة هو إنتاج وتصميم قالب حقن البلاستيك يعتمد هذا العمل الذي قمنا به على استخدام برنامج الرسم والتصميم **SolidWorks** وآلة التفريغ الكهربائي. هذا يسمح لنا بتصميم وإنتاج قالب حقن البلاستيك. بصرف النظر على التصميم، سمح لنا هذا المشروع باكتساب الكفاءة والخبرة في التصنيع من خلال الآلات التقليدية وغير التقليدية.

**الكلمات المفتاحية :** الرسم بمساعدة الكمبيوتر، SolidWorks،

## Résumé

Le travail présenté dans ce mémoire c'est la réalisation et la conception du moule d'injection thermoplastique.

Le travail que nous avons réalisé est basé sur l'utilisation de logiciel de dessin assisté par ordinateur SolidWorks, et l'usinage par électroérosion. Ce qui nous permet de dessiner et de réalise le moule d'injection plastique.

Outre la conception, ce projet que nous avons mené, nous a permis d'acquérir la compétence et de l'expérience en fabrication par usinage conventionnel et non conventionnel.

**Mots clés :** DAO, SolidWorks,

**Abstract :**

The work presented in this thesis is the production and design of the thermoplastic injection mold.

The work we have done is based on the use of SolidWorks computer-aided drafting software, and electrical discharge machining. This allows us to design and produce the plastic injection mold.

In addition to the design, this project that we carried out allowed us to acquire the competence and experience in manufacturing by conventional and unconventional machining.

**Keywords:** CAD, SolidWorks

## Liste des abréviations

**EDM** : Electrical Discharge Machining

**UEE** : Usinage par Electroérosion

**CAO** : Conception assistée par ordinateur.

**FAO** : Fabrication assistée par ordinateur.

**DAO** : Le dessin assisté par ordinateur

**CFAO**: la conception et la fabrication assistées par ordinateur

**BTP** : Le bâtiment et travaux publics

**MOCN** : Machine-outil à commande numérique

**XML** : langage de balisage extensible

## Table des matières

Introduction générale .....	01
<b>Chapitre I : Usinage par électroérosion.</b>	
I.1.Introduction .....	03
I.2.Historique de l'étincelage.....	03
I.3. Définition du procédé .....	03
I.4. Principe physique de l'usinage par étincelage.....	04
I.5. Types d'usinage par électroérosion.....	05
I.5.1. Possibilités.....	06
I.5.2. Abolition de certaines contraintes.....	07
I.5.3. Applications.....	08
I.6.Description de machine .....	10
I.6.1. Succession d'opération dans l'U.E.E.....	11
I.7.Principe physique de l'usinage par électroérosion .....	11
I.7.1.Aspect Technologique.....	14
I.8.Caractéristiques électriques des étincelles.....	15
I.9.Opération d'électroérosion.....	15
I.10.Propriétés fondamentales de l'électroérosion .....	15
I.11.Conditions d'usinage.....	15
I.12. Résultats obtenus.....	16
I.12.1 Débit de matière enlevée .....	16
I.12.2 Etat de surface et précision .....	16
I.13.Les matériaux les plus couramment utilisés sont .....	16
I.14.Les diélectriques .....	17
I.15.Avantages et inconvénients de l'électroérosion .....	17
I.16.Conclusion .....	17

## Table des matières

### **Chapitre II : Conception du moule par CAO.**

II.1. Introduction .....	19
II.1.2. Outils analytiques .....	19
II.1.3. Information .....	19
II.1.4. Communication .....	19
II.2. Définition de la CAO .....	19
II.3. Avantages .....	20
II.3.1 Création du modèle .....	20
II.3.2 Analyse .....	20
II.3.3 Modifications .....	20
II.4. Exemples d'applications .....	20
II.5. Matériels et logiciels .....	20
II.6. Principes de la CAO .....	21
II.6.1 Visualisation & Simulation .....	21
II.6.2 Traitement des données .....	21
II.7. Processus industriel .....	21
II.8. Précautions .....	23
II.9.Generalite sur logiciel Solidworks .....	23
II.9.1.Definition .....	23
II.9.2. Fonctionnement .....	23
II.9.3. Concepts de base .....	24
II.9.3.1 Pièce .....	24
II.9.3.2 Assemblage .....	24
II.9.3.3 Mise en plan .....	25
II.9.4. Produits associes & Extensions des fichiers .....	25
II.10.La Conception des pièces réalisées .....	26
II.10.1Gamme d'usinage et modélisation des pièces .....	26
II.11.Conclusion .....	58



## Table des matières

### **Chapitre III : Procédé de production par injection thermoplastique.**

III.1.Introduction.....	60
III.A. Généralité sur Les matières plastiques .....	60
III.1. Définitions .....	60
III.1.1. Monomères .....	60
III.1.2. Polymères .....	60
III.2. Différents types de matières plastiques .....	60
III.2.1. Les thermoplastiques (TP) .....	60
III.2.2. Les thermodurcissables (TD) .....	61
III.2.3. Les élastomères .....	61
III.3. Quelques matériaux plastiques .....	61
III.B. Présentation du procédé d'injection plastique .....	62
III.1. Définition du procédé .....	62
III.2. Principe du procède .....	62
III.2.1. Phase de plastification .....	62
III.2.2. La phase d'injection .....	63
III.2.3. Phase de maintien .....	63
III.2.4. Phase de refroidissement .....	64
III.2.5. Phase d'éjection .....	64
III.3. La presse d'injection .....	64
III.3.1. Description d'une presse .....	64
III.3.2. Unité d'Injection : Groupe de plastification .....	66
III.3.3. Unité d'Ouverture – Fermeture .....	68
III.3.3.1. Différents mécanismes de fermeture.....	69
III.4.Cycle de moulage.....	70
III.5. Temps de cycle .....	72
III.6.Le temps de remplissage .....	72
III.7.Le temps de refroidissement .....	72
III.7.1. Méthode thermodynamique .....	72
III.C. La Pièce (bouton de commande) .....	73
III.1. Définition .....	73
III.2. Définition la matière .....	74
III.2.1.Polypropylène (PP) .....	74
III.2.2.Propriétés physiques .....	74
III.2.3. Les usages du polypropylène .....	74
III.3. La presse utilisée .....	74
III.3.1. les problèmes rencontrés et la solution .....	75
III.2. Conclusion .....	76

Conclusion générale.....	77
Bibliographie .....	78
Annexe .....	79

## Liste des figures

### **Chapitre I :**

Fig.I.01 : Usinage par enfonçage .....	05
Fig.I.02 : Usinage par fil .....	05
Fig.I.03 : Usinage par fraisage .....	06
Fig.I.04 : Pas d'angles vifs possibles .....	07
Fig.I.05 : Aucune difficulté pour les angles vifs .....	07
Fig.I.06 : Principe de l'étincelage .....	08
Fig.I.07 : Schéma du Principe de L'UEE.....	09
Fig.I.08 : Machine d'électroérosion .....	10
Fig.I.09 : Succession d'opération dans l'U.E.E .....	11

### **Chapitre II :**

Fig.II.01: Bloc de cassette (coté mal) .....	28
Fig.II.02: Bloc de cassette coté mal (Vue de coupe sur plan de surface) .....	28
Fig.II.03 : Bloc de cassette (coté femelle) .....	31
Fig.II.04 : Bloc de cassette (coté femelle) .....	31
Fig.II.05 : Bloc de cassette coté femelle (Vue de coupe sur plan de surface).....	32
Fig.II.06: Cassette coté (mal) .....	35
Fig.II.07 : Cassette coté (mal) .....	35
Fig.II.08 : Cassette coté mal (Vue de coupe sur plan de surface) .....	36
Fig.II.09 : Cassette coté (femelle) .....	39
Fig.II.10: Cassette coté (femelle) .....	40
Fig.II.11 : Cassette coté femelle de coupe sur plan de surface) .....	40
Fig.II.12 : Les Tasseaux.....	43
Fig.II.13 : Les Tasseaux .....	43
Fig.II.14 : La Plaques (A) .....	46
Fig.II.15 : La Plaque (B) .....	48
Fig.II.16 : La Semelle .....	51
Fig.II.17 : Les Bagues de guidage .....	53
Fig.II.18 : Les Bagues de guidage .....	53

Fig.II.19 : Les cales .....	55
Fig.II.20 : Bague de centrage .....	57

### **Chapitre III :**

Fig.III.01 : Les différentes étapes d'injection .....	62
Fig.III.02 : Phase de plastification.....	63
Fig.III.03 : Pression hydraulique au cours du cycle de moulage en fonction du temps.....	63
Fig.III.04 : Presse à injection.....	64
Fig.III.05 : Unité d'injection.....	65
Fig.III.06 : Unité de fermeture.....	65
Fig.III.07 : Unité d'injection principale .....	66
Fig.III.08 : Composition de l'unité d'injection .....	66
Fig.III.09 : Vis d'injection.....	67
Fig.III.10 : Clapet anti-retour .....	68
Fig.III.11 : Fermeture mécanique .....	69
Fig.III.12 : Fermeture hydraulique.....	70
Fig.III.13 : Fermeture mixte.....	70
Fig.III.14 : Cycle d'injection.....	71
Fig.III.15 : Résumé du cycle d'injection .....	71
Fig.III.16 : bouton de commande.....	73
Fig.III.17 : La presse utilisée.....	74
Fig.III.18 : La Bavure.....	75

### **Liste des tableaux**

#### **Chapitre II :**

Tableau.II.01 : Gamme d'usinage du Bloque cassette coté (male) .....	26
Tableau.II.02 : Gamme d'usinage du Bloque caste coté (femelle) .....	29
Tableau.II.03 : Gamme d'usinage du Cassette coté (male) .....	33
Tableau.II.04 : Gamme d'usinage du Cassette coté (femelle) .....	37
Tableau.II.05 : Gamme d'usinage des tasseaux.....	41
Tableau.II.06(A) : Gamme d'usinage du Plaque (A).....	44

Tableau.II.06(B) : Gamme d'usinage du Plaque (B).....	47
Tableau.II.07 : Gamme d'usinage de La Semelle.....	49
Tableau.II.08 : Gamme d'usinage d'un Bagues de de guidage.....	51
Tableau.II.09 : Gamme d'usinage des cales.....	54
Tableau.II.10 : Gamme d'usinage d'un Bague de centrage.....	55

### **Chapitre III :**

Tableau .III.01 : Les matières le plus souvent employées .....	61
--	----

## **Introduction générale**

La révolution industrielle fut l'avènement de la fonte et de l'acier, nous vivons aujourd'hui dans un monde où les matières plastiques dominent. L'électrotechnique, l'électrique, la médecine, le bâtiment, le transport, l'agriculture, et fait un usage de plus en plus courant.

Le moulage par injection thermoplastique est aujourd'hui l'un des procédés les plus utilisés pour la mise en forme des polymères. Il est généralement utilisé pour la production de très grandes séries pour l'automobile, l'électroménager, articles de sport, santé...etc., ou pour des séries plus réduites en aéronautique. Il permet de produire à grande cadence avec un faible coût, et avec une grande régularité, et de façon automatique des pièces massives et des formes complexes.

L'objectif de notre projet est la réalisation et la conception du moule d'injection plastique, pour effectuer ce travail nous devons passer par la conception des pièces à partir de logiciel CAO après on passe à la réalisation de ces pièces par l'usinage conventionnel (le tournage, le perçage, fraisage,.....etc.) et l'usinage non conventionnel on utilise seulement le procédé de électroérosion.

# **Chapitre I :**

# **Usinage Par**

# **électroérosion.**

## **I.1.Introduction**

L'usinage par électroérosion est une technique procédant par fusion, vaporisation et éjection de la matière, L'énergie est apportée par des décharges électriques passant entre deux électrodes, la pièce et l'outil.

Ce sont les étincelles générées entre une électrode et la pièce qui arrachant des particules de matière, servent en quelque sorte d'outil de découpe.

L'électroérosion est un procédé d'usinage essentiellement utilisé pour produire des matrices, des moules et certaines pièces métalliques.

## **I.2.Historique De L'étincelage**

C'est en 1770 que le savant anglais Priestley a constaté l'effet érosif des décharges électriques. C'est en faisant des recherches pour éliminer cet effet érosif sur des contacts électriques que les savants soviétiques B.R. et N.I. Lazarenko eurent l'idée d'exploiter l'effet destructeur d'une décharge électrique et de développer un procédé contrôlé d'usinage des métaux.

En 1943, ils mirent au point un procédé contrôlé d'usinage, appelé ainsi en raison du fait qu'une succession d'étincelles (décharges électriques) s'opère entre deux conducteurs de courant immergés dans un liquide diélectrique. Le principe du générateur de décharges utilisé alors, appelé Circuit Lazarenko, a été utilisé pendant longtemps dans la construction des générateurs pour machines d'étincelage.

L'évolution spectaculaire de l'étincelage est due, également, à l'assiduité de beaucoup d'autres chercheurs qui ont contribué à mettre en lumière les caractéristiques fondamentales de cette méthode d'usinage et d'en tirer aujourd'hui les meilleurs profits.

## **I.3. Définition du procédé :**

Il est caractérisé par le fait que l'enlèvement de matière est obtenu par une succession de décharges électriques non stationnaires les unes des autres dans le temps, c'est-à-dire qu'il ne se crée qu'une seule étincelle à la fois.

Le phénomène est donc unitaire et périodique. Les décharges sont produites par des sources de tension (tension à vide) de plus de 20 volts, et ont toujours lieu dans un fluide d'usinage diélectrique.

Le procédé d'usinage par étincelage est appelé aussi usinage par **électro-érosion** ou EDM de l'anglais : Electrical Discharge Machining.



## **I.4. Principe physique de l'usinage par étincelage**

### **La décharge électrique**

La nature physique de l'enlèvement de matière au moyen de décharges électriques est un phénomène très complexe. L'usinage par étincelage se produit toujours lorsque deux électrodes sont immergées dans un fluide d'usinage. Ce dernier est toujours un diélectrique, c'est-à-dire un liquide de haute résistivité. Pour générer une étincelle entre les deux électrodes, une tension supérieure à la tension de claquage du gap (espace électrode-pièce) doit être appliquée.

Cette tension de claquage dépend :

- De la distance entre les deux électrodes,
- Du pouvoir isolant de diélectrique,
- De l'état de pollution du gap.

A l'endroit du plus fort champ électrique, une décharge va s'amorcer qui sera l'aboutissement d'un certain processus.

A) Sous l'action de ce champ, des ions libres positifs et des électrons vont se trouver accélérés, acquérir de grandes vitesses et, très rapidement, constituer un canal ionisé, donc conducteur.

B) A ce stade, le courant peut circuler et l'étincelle s'établit entre les électrodes, provoquant une infinité de collisions entre les particules. Une zone de plasma se forme. Elle atteint rapidement de très hautes températures, de l'ordre de 8000° à 12000°C, et se développe sous l'effet de chocs toujours plus nombreux qui entraînent la fusion locale et instantanée d'une certaine quantité de matière à la surface des deux conducteurs. Dans le même temps, une bulle de gaz due à la vaporisation des électrodes et du diélectrique se développe et sa pression s'accroît régulièrement jusqu'à devenir très importante.

Au moment de l'interruption du courant, le brusque abaissement de température provoque l'implosion de la bulle, engendrant des forces dynamiques qui ont pour effet de projeter la matière fondue à l'extérieur du cratère. La matière érodée se resolidifie alors dans le diélectrique sous la forme de petites sphères et elle est évacuée par ce dernier. L'érosion sur les électrodes est dissymétrique et dépend, notamment, de la polarité, de la conductibilité thermique, de la température de fusion des matériaux, de la durée et de l'intensité des décharges.

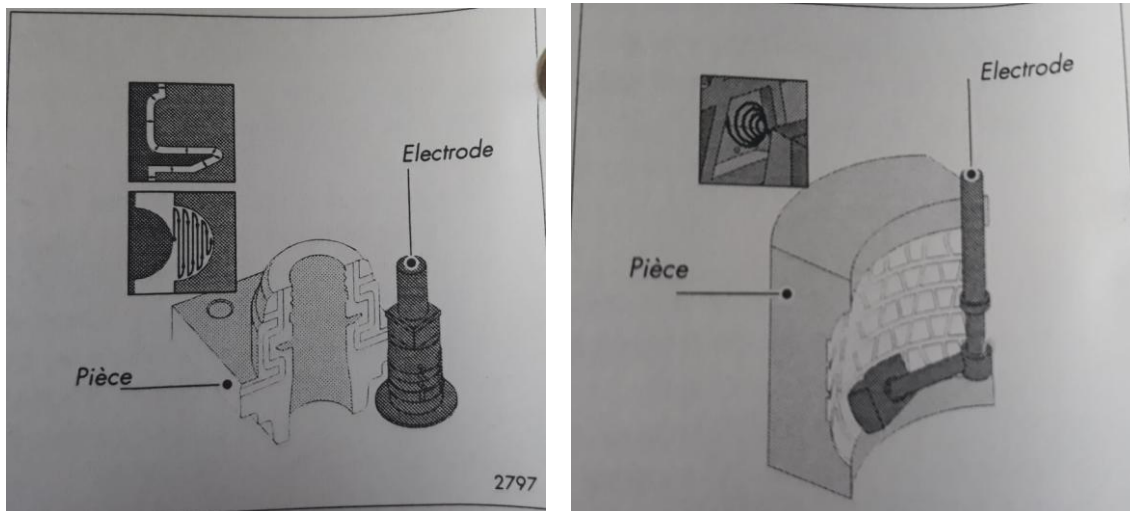
Elle est appelée usure lorsqu'elle a lieu sur l'électrode et enlèvement de matière quand elle a lieu sur la pièce.

## I.5. Types d'usinage par électroérosion

### 1. Usinage par enfonçage :

Utilisé pour la fabrication de moule d'injection, moules des formes et toutes cavités ou volumes à forme complexes.

L'empreinte est réalisée à l'aide d'une électrode ayant la forme inverse au résultat des désiré.

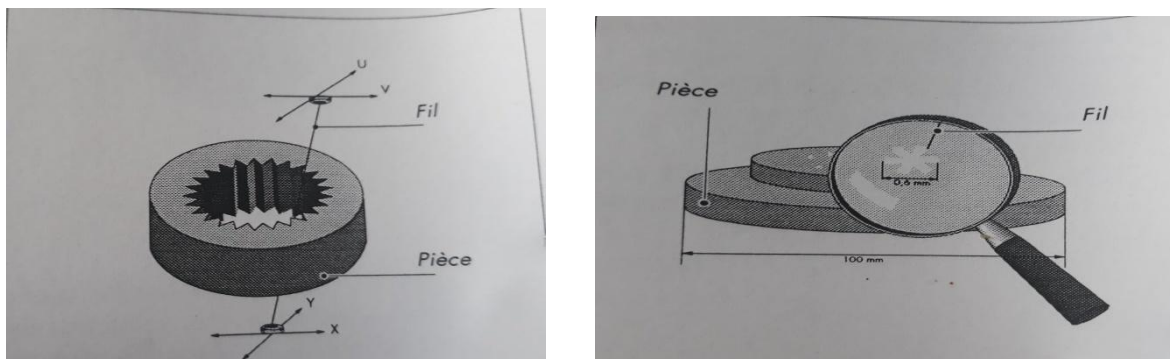


**Fig.I.01 : Usinage par enfonçage**

### 2. Usinage par fil :

Utiliser pour la fabrication de matrices et poinçon de découpage, filières d'extrusion, et toutes autres profils traversants complexes.

Les profils sont réalisés à l'aide d'un fil-électrode faible diamètre pouvant se déplacer simultanément en X, Y et U, V.



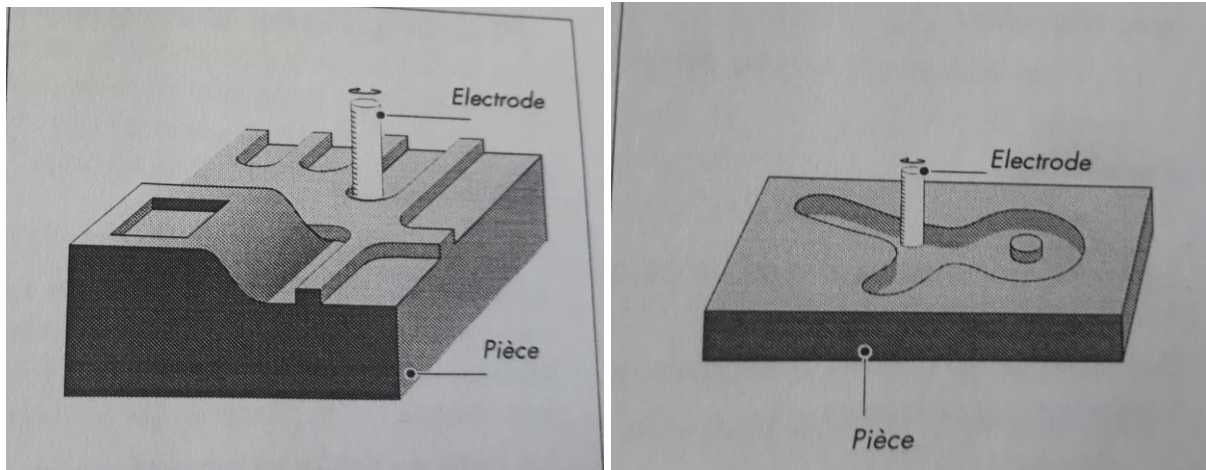
**Fig.I.02 : Usinage par fil**

### **3. Usinage par fraisage :**

Utilisé pour la fabrication de petites moules pour la connectique, usinage de grandes surfaces avec état de surface homogène et tous les usinages de formes gauches.

L'usinage est réalisé par enlèvement de fines couches de matière à l'aide d'électrodes cylindriques.

Ce procédé permet de réaliser des formes de moules complexes sans avoir à réaliser des électrodes coûteuses.



**Fig.I.03 : Usinage par fraisage**

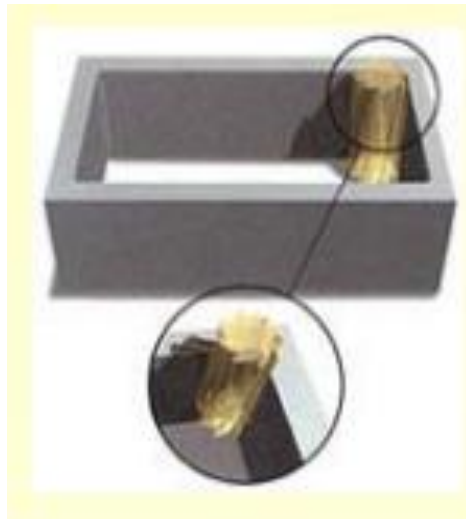
#### **I.5.1. Possibilités**

L'électroérosion est particulièrement adaptée à la réalisation des empreintes des moules pour l'injection. Elle est également utilisée pour obtenir un état de surface granité (dû à l'étincelage). Des états de surface proches du poli-miroir sont possibles, en abaissant l'intensité du courant à quelques dixièmes d'ampères.

### **I.5.2. Abolition de certaines contraintes :**

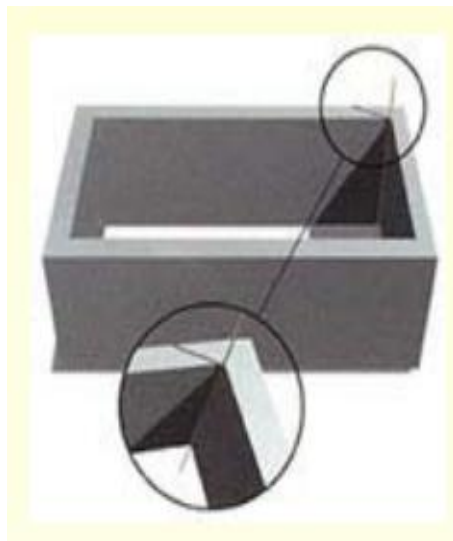
Le fraisage d'un trou carré ou d'une gorge profonde est limité par le rayon d'angle de la fraise alors, que ce type de forme est tout à fait envisageable par électro-érosion.

En usinage traditionnel, pas d'angles vifs possibles :



**Fig.I.04 : Pas d'angles vifs possibles**

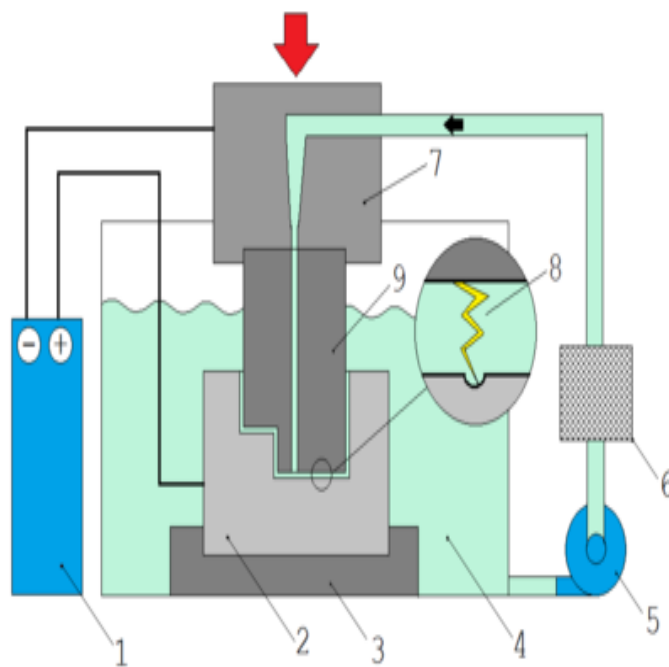
En électro-érosion, aucune difficulté pour les angles vifs :



**Fig.I.05 : Aucune difficulté pour les angles vifs**

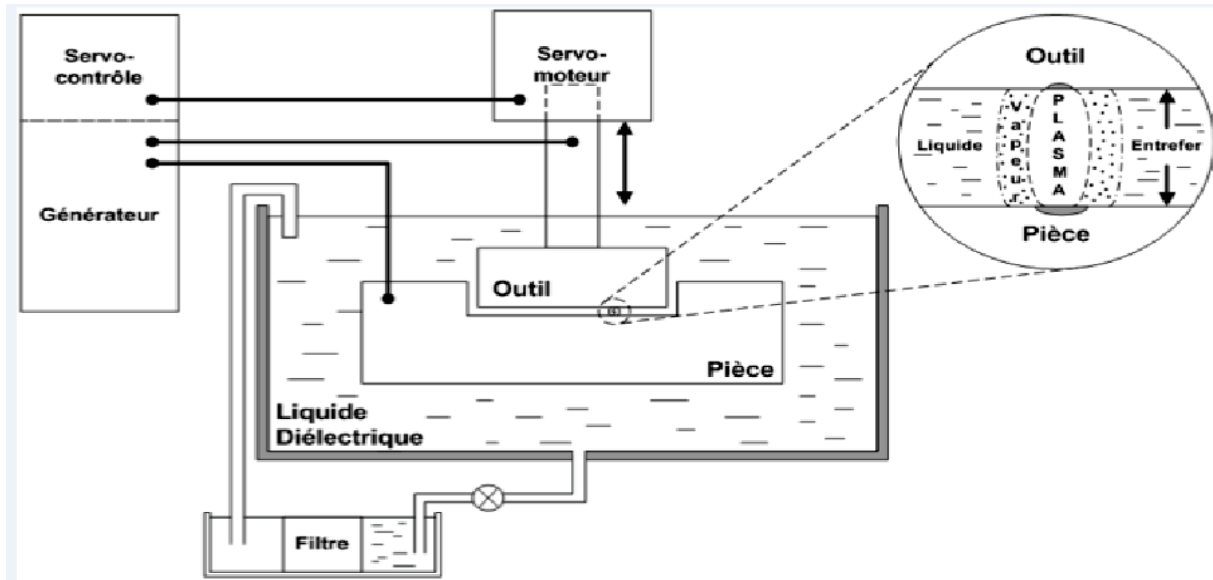
### I.5.3. Applications

- Usinage des métaux durs ou trempés: carbures
- Usinage de pièces délicates préalablement traitées, évite les déformations, suppression des efforts de bridage (la pièce n'étant jamais en contact avec l'outil)
- Obtention de formes quelconques
- Extraction d'outils cassés (forets, tarauds)
- Usinage de formes spéciales (trous de section carrée, triangulaire, en hélice, gravures complexes).



**Fig.I.06 : Principe de l'étincelage.**

- 1-Générateur de décharge
2. Pièce (+)
3. Porte-outil
4. Fluide diélectrique
5. Pompe
6. Filtre
7. Porte-outil (-)
8. Décharge
9. Outil



**Fig.I.07 : Schéma du Principe de L'UEE.**

Si on applique une différence de potentiel (D.D.P) entre les électrodes, pour les faibles valeurs de tension « U » on remarque qu'il n'y a aucun phénomène d'enlèvement de matière et si la valeur de tension appliquée au borne des deux électrodes dépasse la tension de claquage « U<sub>0</sub> » du diélectrique qui de l'ordre de 15/25 V; on observe l'amorçage d'un arc électrique à l'endroit du plus fort champ électrique, il se forme un canal ionisé qui est conducteur de courant électrique alternative, à la formation de ce canal succède un passage massif du courant électrique qui provoque à l'enlèvement de la matière.

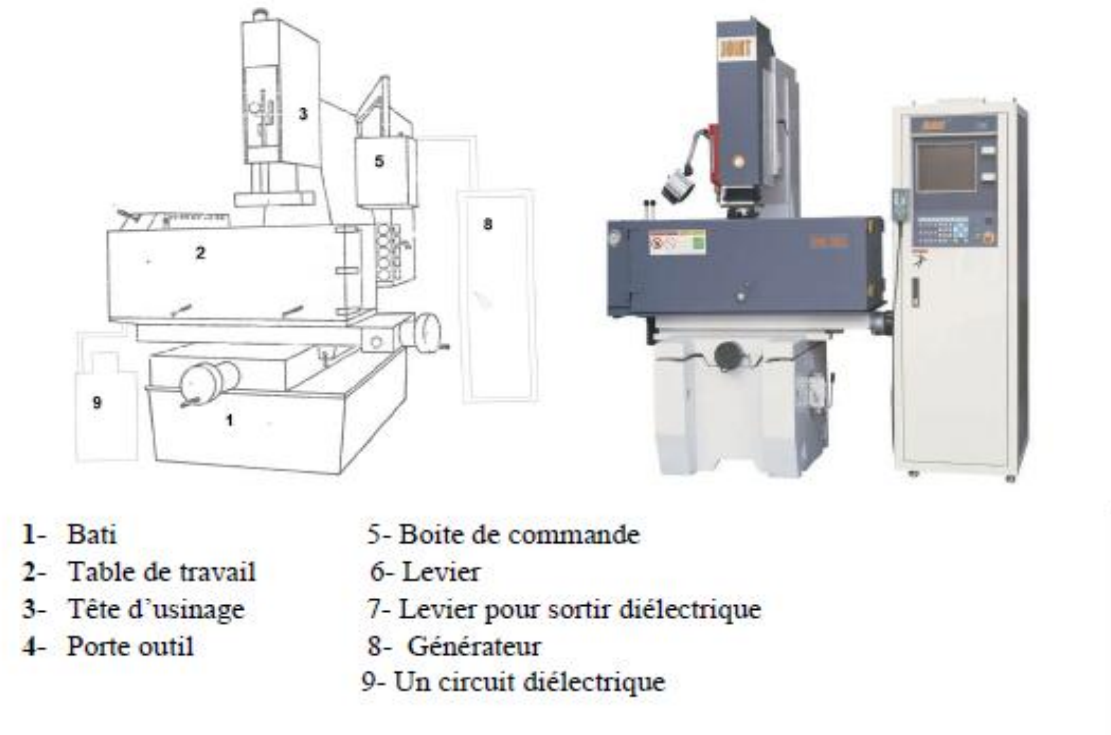
La valeur de tension dépend seulement de la nature des électrodes et des diélectriques qui les sépare.

U : Tension.

U<sub>0</sub> : Tension de claquage.

U < U<sub>0</sub> : Aucun phénomène d'usinage.

U > U<sub>0</sub> : Amorçage d'un arc électrique.



**Fig.I.08 : Machine d'électroérosion.**

## **I.6.Description de machine**

La machine d'électroérosion comporte trois ensembles principaux :

- 1) Un châssis.
- 2) Une table de travail.
- 3) Un circuit diélectrique.

La machine est constituée d'un basse surmontée d'une colonne sur laquelle est montée une tête de travail comportant un servomécanisme agissant sur un piston porte électrode assurant un déplacement dans un axe unique au cours d'une opération d'usinage. La précision du piston porte outil garantit le déplacement de quelques micromètres sur l'ensemble de sa course.

La table donne la précision de déplacement de l'ordre de 0,01 mm sur environ 300-400 mm de course.

Sur la table de travail des machines sont monté un bac permettant de contenir le liquide d'usinage qui doit émerger la zone d'usinage.

Il y a un servomécanisme chargé de maintenir l'électrode-outil à une distance telle de la pièce que l'usinage soit possible et s'effectue dans les meilleures conditions. Cet organe joue donc un rôle capital et les qualités d'une machine d'électroérosion dépendent en grand partie de la qualité de ce servomécanisme.

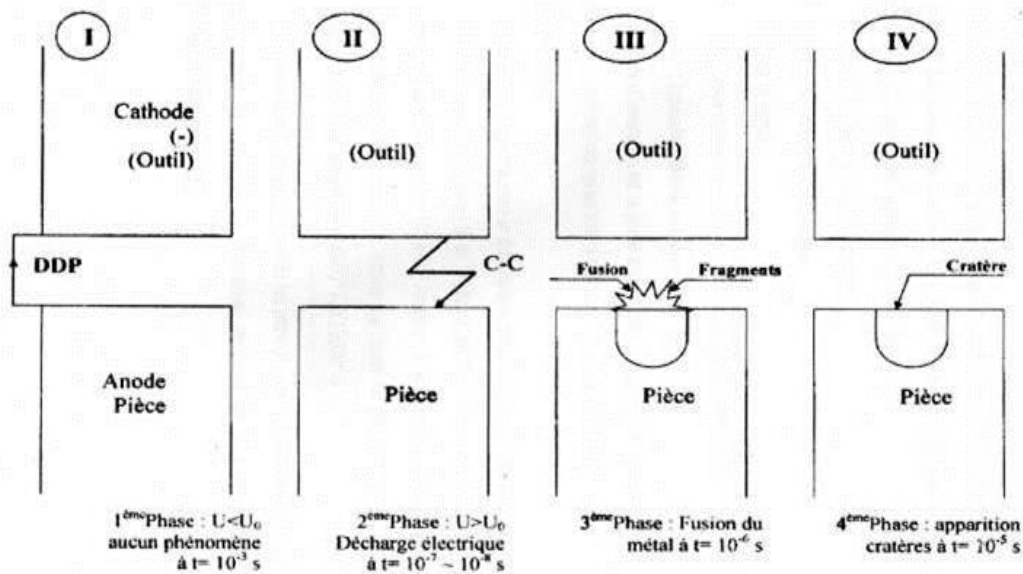
Il y a deux méthodes d'électroérosions avec des charges spontanées (condensateur) et avec des décharges dosées (générateur d'impulsion).

On utilise les cathodes en cuivre, en aluminium, en carbone ... etc.

Les décharges électriques provoquent la température de 4000 à 5000 °C.

On peut usiner la surface de la pièce jusqu'à 180 mm<sup>2</sup> productivité

### I.6.1. Succession d'opération dans l'U.E.E



**Fig.I.09 : Succession d'opération dans l'U.E.E**

### I.7.Principe physique de l'usinage par électroérosion

La base de l'usinage par électroérosion est l'enlèvement de matière généré par une décharge électrique entre l'électrode pièce et l'électrode outil, immergées dans un liquide isolant (le diélectrique). La pièce doit donc nécessairement être conductrice.

Le diélectrique est en général de l'eau dé-ionisée pour les machines de découpage EDM à fil, du pétrole ou de l'huile pour les machines EDM d'enfonçage.

Le diélectrique a comme tâche de réduire la température dans la zone d'usinage, d'enlever les particules métalliques résiduelles et de permettre la création de l'étincelle.

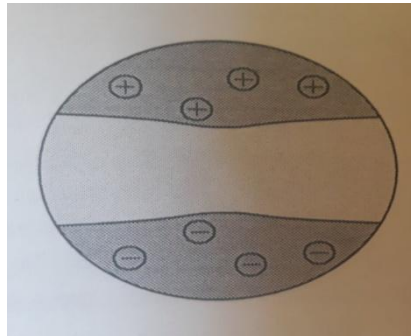
L'application d'une tension génère un champ électrique entre l'électrode et la pièce (espace appelé Gap). La tension de claquage dépend : de la distance pièce/électrode (le Gap) du pouvoir isolant du diélectrique de l'état de pollution du Gap.

Le processus de décharge électrique commence là où le champ électrique est le plus intense, c'est à dire là où la distance pièce/électrode est la plus petite.

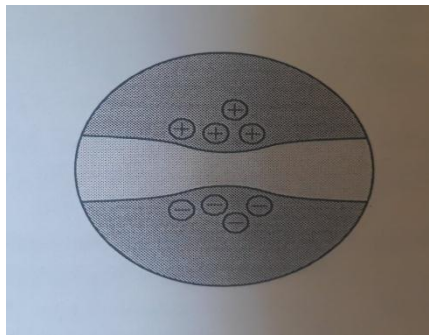


Le processus d'étincelage comprend 6 phases :

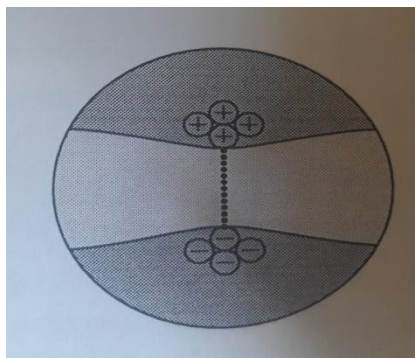
- 1) Approche de l'électrode vers la pièce. Les deux éléments sont sous tension.



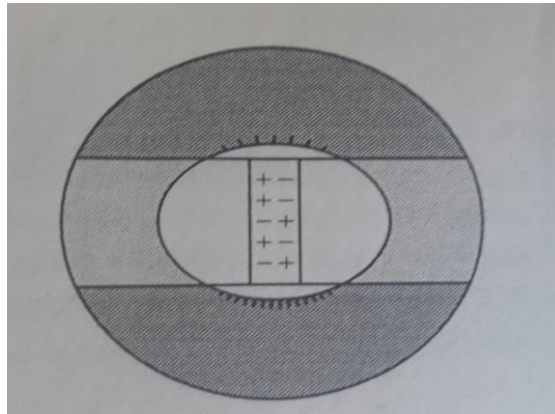
- 2) Concentration du champ électrique vers le point où l'espace électrode-pièce est le plus faible.



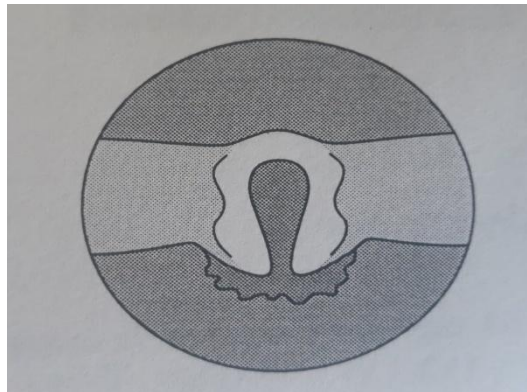
- 3) Création d'un canal ionisé entre l'électrode et la pièce



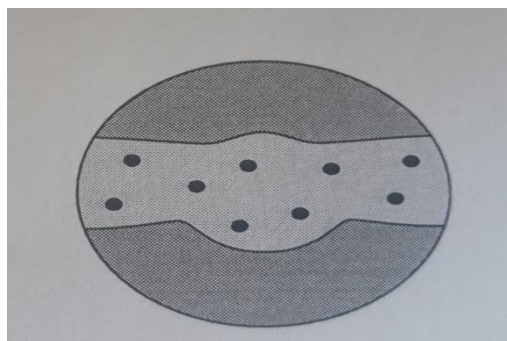
- 4) Claquage de l'étincelle. La matière de la pièce fusionne localement, se consume. L'électrode subit une faible usure :



- 5) Coupure du courant. Implosion de l'étincelle :



- 6) Evacuation des particules métalliques par un arrosage de diélectrique.



L'érosion sur le couple électrode/pièce n'est pas symétrique : elle dépend de nombreux facteurs :

- La polarité
- La conductivité thermique de l'électrode et de la pièce.
- Le diélectrique

## **I.7.1.Aspect Technologique**

### **a) Le diélectrique critère de choix :**

Le diélectrique joue un grand rôle dans l'usinage par électroérosion. Pour choisir un diélectrique il faut qu'il remplisse les conditions suivantes :

1. Etre assez fluide pour faciliter l'évacuation des résidus.
2. Avoir une vitesse d'ionisation assez grande, afin de restaurer rapidement son pouvoir isolant.
3. Avoir un point éclair élevé pour éviter tout risque d'accident.
4. Avoir une très faible viscosité et être assez fluide pour pouvoir pénétrer dans l'espace réduit entre les électrodes pièce-outil, qui ne sont distantes que de quelques centimètres de millimètres.
5. Etre chimiquement neutre ; il n'attaque ni la pièce ni l'électrode, ni les éléments de la machine.
6. Ne pas dégager d'odeur désagréable et vapeurs toxiques.
7. L'eau ionisée : pour l'usinage de précision des micro-usinages en raison de sa grande fluidité (utilisée pour le découpage par fil)
8. Les hydrocarbures : cette famille est de loin la plus utilisée. La gamme des huiles minérales a permis d'en sélectionner quelques une qui ont de bons résultats. Selon le type d'usinage et les matériaux, on choisit de préférence telle ou telle huile, en particulier, on utilise le pétrole pour les opérations de finition à cause de sa faible viscosité, la température de son point éclair relativement faible n'est pas un obstacle, vu les faibles énergies utilisées en finition peu de risque d'exploitation peu de gaz dégagés (huiles minérales, ou pétrole).

Les fonctions de diélectrique :

- Amorcer les décharges.
- Evacuer le micro-copeau.
- Refroidir la zone de travail.

### **b) Arrosage :**

L'arrosage c'est-à-dire la circulation du diélectrique entre l'électrode et la pièce est très importante en usinage par électroérosion.

Un arrosage bien approprié donne un bon rendement, plusieurs types d'arrosage sont possible suivant les travaux à réaliser...

## **I.8.Caractéristiques électriques des étincelles**

Typiquement, la tension d'amorçage des étincelles est de 80 à 200 V, l'intensité moyenne des décharges de 1 à 20 A et leurs fréquences varient entre 1 000 Hz et 1 000 000 Hz. Ces paramètres ainsi que la gestion de l'évolution, au cours du temps, de la tension et de l'intensité d'une étincelle type définissent ce que l'on nomme des régimes. De chaque régime résulte un enlèvement de matière par unité de temps, une usure de l'électrode-outil, et un état de surface (taille moyenne des cratères). Ces paramètres dépendent aussi du type de diélectrique utilisé et du type de machine EDM fil ou EDM forme.

## **I.9.Opération d'électroérosion**

L'usinage par électroérosion peut être subdivisé en trois grandes catégories qui sont :

L'enfonçage (perçage, usinage d'empreintes de forme)

Découpage (tronçonnage avec lame, ou fil, ou ruban ou disque rotatif)

Rectification (intérieure, extérieure et plane)

## **I.10.Propriétés fondamentales de l'électroérosion**

L'usinage par électroérosion se caractérise par deux propriétés fondamentales qui sont :

Usinage des métaux très durs ou réfractaires.

Cette propriété permet de matières et autres outillages en acier trempé même à cœur, en carbure métallique, ...

Reproduction automatique des formes irréalisables par les moyens classiques à condition que l'électrode outil puisse être retirée de la pièce après usinage.

## **I.11.Conditions d'usinage**

Les conditions d'usinage par électroérosion sont définies par de nombreux paramètres concernant :

L'étincelle : durée, nombre par unité de temps (200 à 5 étincelles), différence de potentielle (20 à 300v), énergie dissipé par étincelle (0.1 à 20J), gap (0.02 à 0.35mm).

L'électrode-outil : température de vaporisation (1500°C pour laiton, 4830°C pour graphite), résistivité électrique ( $1.7\mu\Omega\text{cm cm}^2$  / pour cuivre,  $1000\mu\Omega\text{cm cm}^2$  / pour graphite), facilité de mise en forme.

L'électrode-pièce : température de vaporisation (jusqu'à 2400°C dans le cas de carbure de tungstène) résistivité électrique ( $1.7\mu\Omega\text{cm cm}^2$  / pour cuivre,  $70\mu\Omega\text{cm cm}^2$  / pour carbures), et dureté.

Le liquide diélectrique : stabilité chimique, viscosité, inflammabilité, température (ambiante).

Ces paramètres interviennent d'une façon complexe sur les résultats obtenus.

## **I.12. Résultats obtenus**

### **I.12.1 Débit de matière enlevée :**

Le débit de matière enlevée dépend de nombreux facteurs et en particulier le régime d'étincelage. Les étincelles puissantes et à grande fréquence de récurrence permettent d'obtenir des débits importants. Toutefois ces débits sont limités par :

- L'état de surface recherché.
- La précision de l'usinage.

### **I.12.2 Etat de surface et précision :**

L'enlèvement de débit de matière élevée nécessite des distances (gap) élevées entre électrode-outil et pièce pour permettre l'évacuation des particules érodées. Par conséquent, ces gaps ne pourront être traversés que par des étincelles puissantes. Les cratères seront alors profonds et par suite une rugosité moyenne élevée. On est conduit, en finition, à l'utilisation d'un régime d'étincelage différent qu'en ébauche : on augmente la fréquence des étincelles pour avoir un recouvrement des cratères et on diminue la distance du gap, ce qui revient à utiliser des étincelles de faible puissance. Une finition poussée a permis d'obtenir une rugosité moyenne de 0.1µm.

La surface usinée ne comporte pas de stries aux rayures, mais a subi des altérations structurales : on a pu mettre en évidence l'existence d'une couche de métal resolidifié appelée « couche blanche » présentant une dureté enlevée du fait de la combinaison d'un phénomène de sur-carburation et d'un effet de trempe. Une deuxième couche sous-jacente présente une structure différente et une dureté plane faible du fait d'un effet de revenu.

La précision d'usinage dépend de la précision du gap, de celle des électrodes-outils (puisque celles-ci reproduisent la pièce), des conditions d'étincelage limitant l'usure de ces électrodes et de la constance de la température du liquide diélectrique. Lors de la finition, on a pu obtenir une précision de 0.01mm.

Les électrodes-outils Pratiquement tous les matériaux conducteurs de l'électricité peuvent être employés, avec plus ou moins d'avantages. Les matériaux qui ont le plus haut point de fusion et la plus faible résistivité électrique sont, en principe, les meilleurs : une température de fusion élevée confère à l'électrode une résistance aux étincelles qui agissent à plusieurs milliers de degré Celsius, et une faible résistivité électrique (bonne conductibilité thermique) permet une meilleure évacuation de la chaleur.

### **I.13. Les matériaux les plus couramment utilisés sont**

- Le cuivre
- Le graphite
- Les cupro-tungstènes
- Les cupro-graphites
- Alliage léger (alliage d'aluminium : Silicium)

- Laiton
- Tungstène pur (principalement sous forme de fil)

Comme pour le choix des outils coupants, il y a lieu de choisir avec beaucoup de soin les matériaux des électrodes satisfaisant les critères d'usinage et les considérations d'ordre économique. A signaler aussi que la mise en forme d'électrodes et leur indéformabilité sont également des critères de choix.

### **I.14. Les diélectriques**

Le liquide dans lequel s'effectue l'usinage d'une pièce par électroérosion a un triple but :

D'abord, comme son nom l'indique il joue le rôle de diélectrique, c'est-à-dire qu'il ne laisse passer le courant qu'à partir d'une certaine valeur (courant de claquage  $U_0$ ) correspondant à l'étincelle recherchée.

Il refroidit les électrodes (outils et pièce) par évacuation de la chaleur.

Il assure également l'évacuation des particules de métal en fusion (copeaux).

### **I.15. Avantages et inconvénients de l'électroérosion**

#### **• Avantages**

- Possibilité d'usiner des formes complexes dans des matériaux à caractéristiques mécaniques élevées, sans engendrer des bavures.
- L'usinage s'effectue sans efforts.
- La précision obtenue est bien meilleur (0.01 mm).
- Usinage des matériaux très durs.

#### **• Inconvénients**

- Il ne permet que l'usinage de matériaux conducteurs d'électricité.
- L'outil s'use cela mène à remplacer fréquemment l'électrode-outil dans le cas de l'usinage en série.
- La surface obtenue sur la pièce est enlevée par fusion et vaporisation, donc la structure superficielle est altérée sur le plan métallique.

### **I.16. Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons présenté le procédé d'usinage par électroérosion et expliqué et détaillé le principe et le processus d'étincelage, ensuite nous avons décrit la machine d'électroérosion et expliqué leur fonctionnement et ses avantages dans notre projet.

**Chapitre II :**  
**Conception du moule par**  
**CAO**

## **II.1. Introduction**

On peut décrire la conception ou le design comme un processus itératif au cours duquel un objet est conçu et modifié afin qu'il puisse remplir des fonctions bien définies et se conformer à un ensemble de contraintes.

On identifie plusieurs étapes dans cette démarche :

- a) Création d'un modèle de l'objet,
- b) Analyses, essais et simulation,
- c) Construction de prototypes,
- d) Modifications,
- e) Réalisation de l'objet.

À quelques variantes près dans l'enchaînement de ces étapes, la méthodologie est la même que l'objet, soit un barrage, un circuit électrique, une pièce mécanique, ...etc.

L'ensemble des activités de conception sont les moyens ou média utilisés par le concepteur. Ayant des caractéristiques communes, ces derniers se divisent généralement comme suit.

**II.1.2. Outils analytiques** : Formules empiriques et équations issues de modèles mathématiques. Ceux-ci sont utilisés aussi bien lors de la création d'un modèle, lors de son analyse, ou des modifications ;

**II.1.3. Information** : Propriétés et caractéristiques de toutes sortes, design antérieurs, etc. Ces informations auxquelles l'ingénieur fait appel sont contenues dans des manuels, dans sa propre mémoire, dans des plans, etc. Leurs formes sont variées : chiffrées, graphiques, textuelles. On a recours aux informations également à toutes les phases du processus de conception ;

**II.1.4. Communication** : L'ingénieur doit communiquer ou consacrer les résultats de son travail à l'une ou l'autre des phases. Par exemple, il lui faut communiquer la forme du modèle pour la réalisation d'un prototype, ou bien les résultats d'un calcul de contraintes pour réaliser certaines modifications. Les modes de communication sont graphiques, chiffrés ou bien textuels.

## **II.2. Définition de la CAO**

La CAO comprend l'ensemble des programmes et des techniques de modélisation qui permettent la conception de modèles et de produits. La CAO permet aussi de simuler et donc de tester virtuellement les produits avant de les fabriquer. Il est ensuite aisé de transmettre les informations à la Fabrication Assistée par Ordinateur (FAO).

On trouve parfois le programme DAO (Dessin Assisté par Ordinateur), mais ces outils ne permettent que la création de plans.



## **II.3. Avantages**

Sous l'effet de fortes pressions provenant de la compétitivité économique, pour de meilleurs produits (et à meilleur prix), l'industrie est forcée de hausser la productivité du personnel technique. Il est vite apparu qu'à l'aide de l'informatique, des économies appréciables sont possibles pour chacune des différentes phases du processus de design.

**II.3.1 Création du modèle.** À l'aide des systèmes CAO disponibles sur le marché, la création et la présentation d'un objet (pièce, circuit, etc.) est grandement facilitée.

On peut également étudier l'objet sous divers angles et en tirer des copies à volonté à différents niveaux de réalisme (Vue 3D, rendu réaliste, dessin technique assisté, bibliothèque de modèle, import/export sous plusieurs formats).

**II.3.2 Analyse.** Les caractéristiques de l'objet, une fois créé, sont immédiatement disponibles pour des programmes d'analyse ou de simulation (éléments finis, vibrations, réponses en fréquence..) et, en retour, l'utilisateur reçoit les résultats de ces calculs sous forme graphique ou tableau pour évaluer si l'objet est conforme aux contraintes.

**II.3.3 Modifications.** Suite à l'analyse ou à la simulation, des modifications sont faciles et rapides à incorporer, au modèle informatique. Avec un tel outil, il est possible d'envisager plusieurs solutions et de choisir la plus adéquate.

A titre d'exemple, on cite dans l'industrie de l'automobile pour la mise au point d'un nouveau modèle.

L'utilisation d'un outil tel que la Conception Assistée par Ordinateur ne signifie pas forcément de disposer de tous les autres outils numériques. La CAO peut être un premier pas vers les outils numériques pour une petite structure qui commence à s'équiper. Elle ne nécessite que l'acquisition d'ordinateurs et d'un logiciel de CAO.

## **II.4. Exemples d'applications**

L'utilisation de la CAO s'applique à tous les secteurs, indépendamment des outils de production. Quelle que soit la discipline, les logiciels de CAO sont orientés métier avec des fonctionnalités intégrées. On trouvera donc des logiciels de CAO dans des domaines tels que : La mécanique ; L'électronique ; L'architecture ; L'ameublement ; La confection ; L'orthopédie et la prothèse...etc.

## **II.5. Matériels et logiciels**

Il existe d'innombrables outils CAO, l'idéal étant de disposer d'un outil de CFAO qui intègre la conception et la fabrication assistées par ordinateur.

La mise en place de tels outils au sein d'une entreprise nécessite une étude approfondie afin de déterminer la solution optimale pour couvrir l'ensemble de la chaîne numérique. Il est à noter que de nombreux utilitaires (ou modules) orientés métiers (tôlerie, BTP...) complètent ces logiciels.

## II.6. Principes de la CAO

La CAO permet de concevoir et donc de dessiner en 3 dimensions des éléments de bases simples, puis de les assembler afin de réaliser des ensembles plus ou moins complexes. Tous ces éléments de base sont stockés dans des bases de données et peuvent donc être réutilisés dans chaque nouvelle étude par l'ensemble des utilisateurs du système. Elle permet ainsi une standardisation des produits. Elle nécessite par contre de bien organiser et hiérarchiser le référencement des ensembles et sous-ensembles ainsi créés.

### II.6.1 Visualisation & Simulation

Au cours de la conception, la visualisation des produits se fait en 3D. Le contrôle visuel des assemblages est ainsi facilité, d'autant plus qu'il existe des modules de simulation qui permettent de valider les solutions choisies.

### II.6.2 Traitement des données

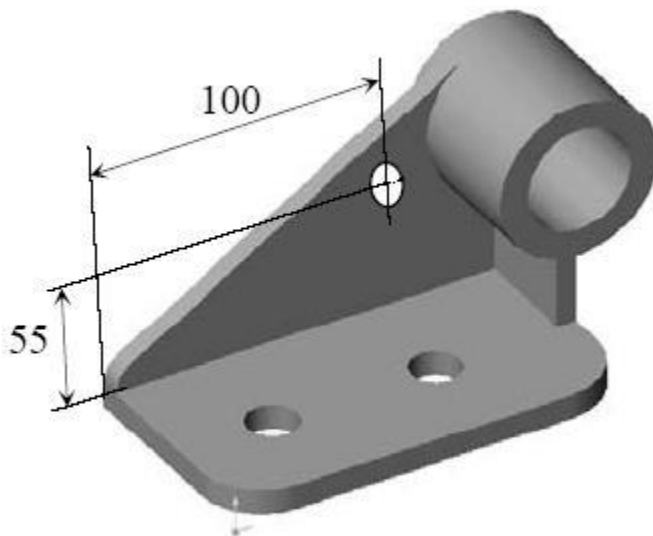
Tous les éléments constituant le produit étant contenus dans les fichiers générés par le logiciel de CAO, il est ensuite possible de créer de façon automatique les documents nécessaires à la fabrication, à savoir les plans et les nomenclatures des sous-ensembles et des ensembles.

Les fichiers CAO pourront ensuite être exportés vers des logiciels de FAO afin de créer les programmes de pilotage des MOCN (Machines-outils à commande numérique).

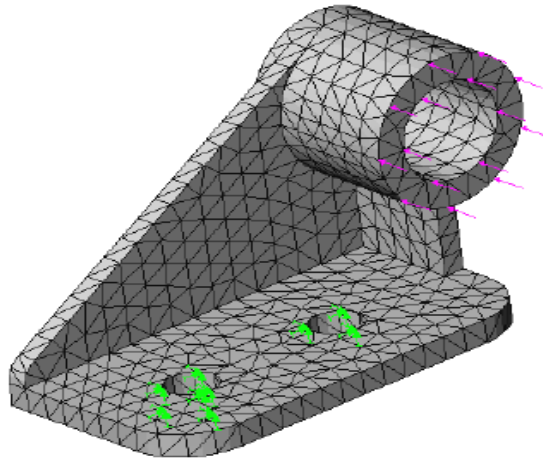
## II.7. Processus industriel

Le processus industriel regroupe les trois activités suivantes :

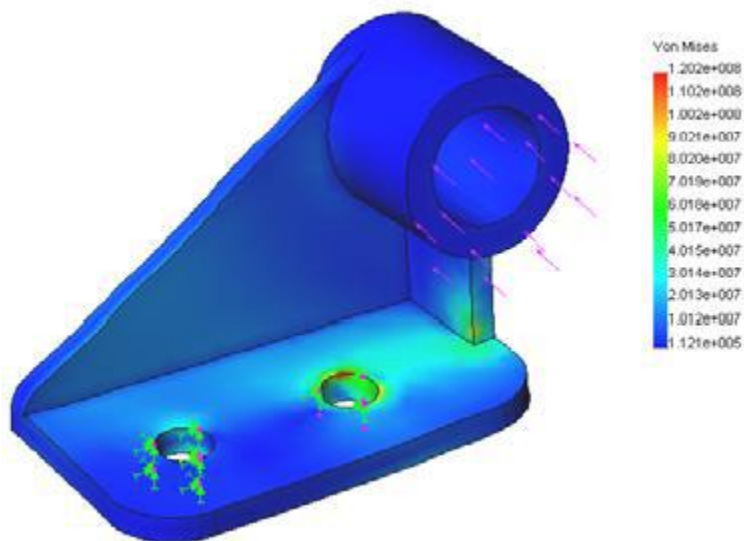
**A. Mise en forme.** Modélisation géométrique des courbes et surfaces.



**B. Discrétisation.** Procéder à une simplification d'un système par un modèle représentant ce système et, éventuellement, son environnement (le milieu).



**C. Simulation.** Pour étudier les résultats d'une action sur un élément sans réaliser l'expérience sur l'élément réel.



## **II.8. Précautions**

La CAO est connue pour être encore une des applications les plus gourmandes en ressources informatiques. Il aura fallu le développement d'ordinateurs individuels suffisamment puissants pour assurer des fonctions très lourdes en calcul numérique :

- Modélisation numérique
- Simulation mécanique et calcul des matériaux
- Représentation graphique, Dessin de plan
- Manipulation d'objets 3D
- Gestion de grands assemblages.

Il est donc nécessaire de prévoir pour les postes de CAO, des ordinateurs (ou stations de travail) puissants (processeur, mémoire, carte graphique) équipés d'écrans conséquents et de souris filaires, voire de souris 3D (ou space pilot). Il faut prévoir également la création d'un réseau informatique avec serveur permettant la communication entre les différents utilisateurs ainsi que le stockage des fichiers et des bibliothèques de composants (avec système de sauvegarde).

## **II.9.Generalite sur logiciel Solidworks**

**II.9.1.Definition** Solidworks est un logiciel de CAO, appartenant à la société Dassault Systèmes, fonctionnant sous Windows.

Le logiciel SolidWorks permet de :

- Concevoir des objets en 3D de manière très précise.
- Développer des produits
- Vérifier la conception des fichiers créés
- Détenir une bibliothèque des fichiers 3D
- Mettre en place des mises en plan 2D
- Créer des images et animations des objets 3D
- Estimer le coût de la fabrication des objets 3D

## **II.9.2. Fonctionnement**

Le logiciel est un modéleur 3D utilisant la conception paramétrique, basé sur des fonctions dont les deux principales catégories sont : les fonctions esquissées et les fonctions appliquées.

**Fonctions esquissées.** Fonction basée sur une esquisse 2D. Elle est généralement transformée en volume par extrusion, révolution, balayage, coulissage.

**Fonctions appliquées.** Fonction créée directement sur le modèle volumique. Les congés et les chanfreins sont des exemples de ce type de fonction.

### **II.9.3. Concepts de base**

Le logiciel génère 3 types de fichiers relatifs à trois concepts de base : la pièce, l'assemblage et la mise en plan. Ces fichiers sont en relation, c.-à-d. que toute modification à n'importe quel niveau, se répercute vers tous les fichiers concernés.

#### **II.9.3.1 Pièce**

Une pièce est la réunion d'un ensemble de fonctions volumiques avec des relations géométriques et autres (ajout retrait)... Cette organisation est rappelée sur l'arbre de construction.

Parmi les fonctions génératrices, on trouve :

**Extrusion.** Déplacement d'une section droite dans une direction perpendiculaire à la section. La section est définie dans une esquisse.

**Révolution.** Déplacement d'une section droite autour d'un axe.

**Balayage.** Déplacement d'une section droite le long d'une trajectoire.

D'autres fonctions, plutôt orientées métier intègrent des notions :

- Congés et chanfreins.
- Nervures.
- Dépouilles.
- Coque.
- Trous normalisés (perçages, mortaises...).
- Plis de tôle...

Des fonctions d'ordre logiciel comme la répétition linéaire, circulaire, curviligne ou par symétrie...

Les possibilités d'éditations sont complétées par un ensemble d'outils de mesures géométriques par lesquels il est possible de connaître le volume de la pièce, son poids, la position de centre de masse, sa matrice d'inertie, la surface...

#### **II.9.3.2 Assemblage**

Les assemblages sont obtenus par le rapprochement de pièces. La mise en position de pièces est définie par un ensemble de contraintes d'assemblage associant, deux entités respectives par une relation géométrique (coïncidence, tangence,...). Le mécanisme monté possédant des mobilités, peut être manipulé virtuellement. On peut alors aisément procéder à des réglages à l'aide des différents outils disponibles (déplacement composants, détection de collision ou d'interférence, mesure des jeux, etc.)

### **II.9.3.3 Mise en plan**

Les mises en plan concernent à la fois les pièces (dessin de définition) ou les assemblages (dessin d'ensemble). Son principe est créer une projection de l'objet. Pour aboutir à un plan fini d'une pièce on peut estimer mettre 2 fois moins de temps qu'avec un outil DAO (temps de conception et exécution du dessin).

### **II.9.4. Produits associés & Extensions des fichiers**

Un certain nombre de modules complémentaires qui s'interfacent avec Solidworks

- SolidWorks Simulation.
- SolidWorks Flow Simulation.
- SolidWorks Motion.
- SolidWorks Routing.
- SolidWorks Toolbox.

Le logiciel SolidWorks supporte plusieurs formats de fichier 3D notamment :

- 3D XML, ACIS, Adobe Photoshop, JPEG, TIFF, PDF.....

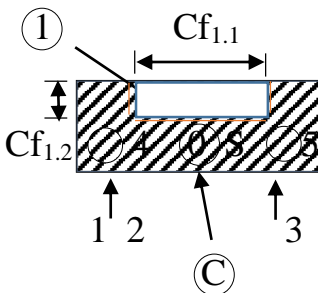
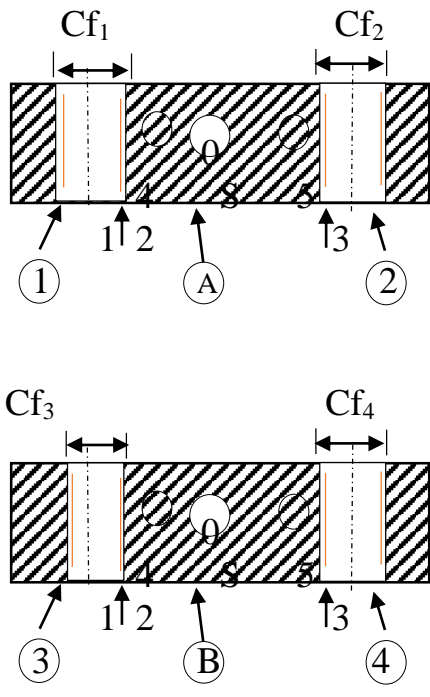
## II.10.La Conception des pièces réalisées

### II.10.1 Gamme d'usinage et modélisation des pièces

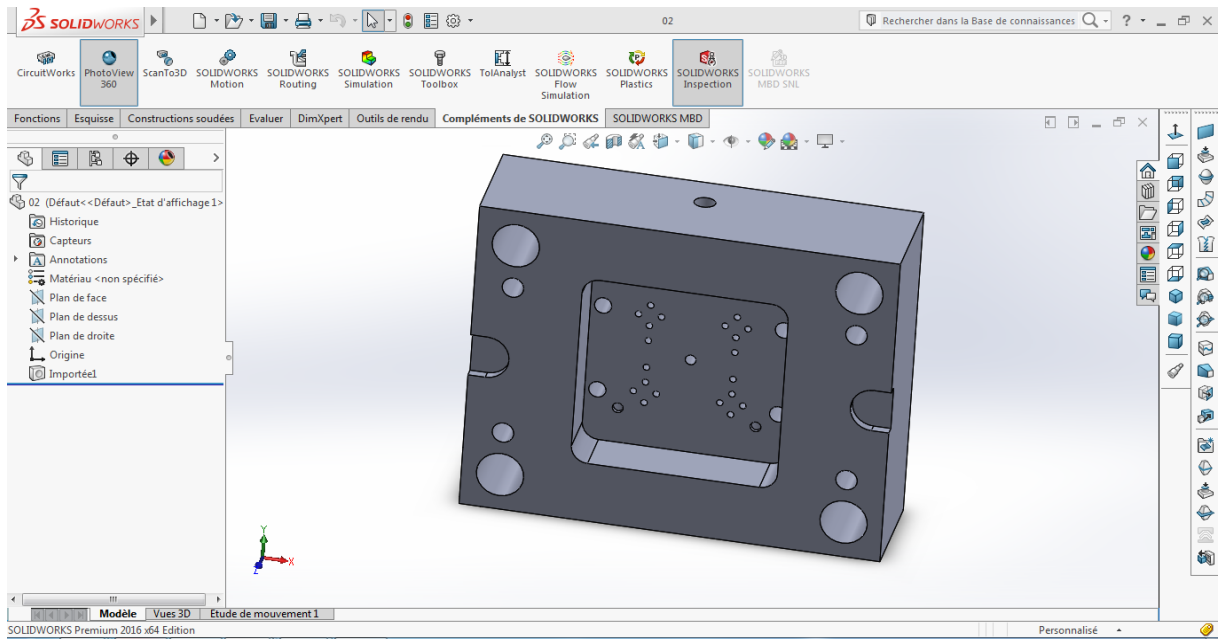
#### PIECE 01 : Bloc de cassette (coté mal)

**Tableau.II.01 : Gamme d'usinage du Blocue cassette coté (male)**

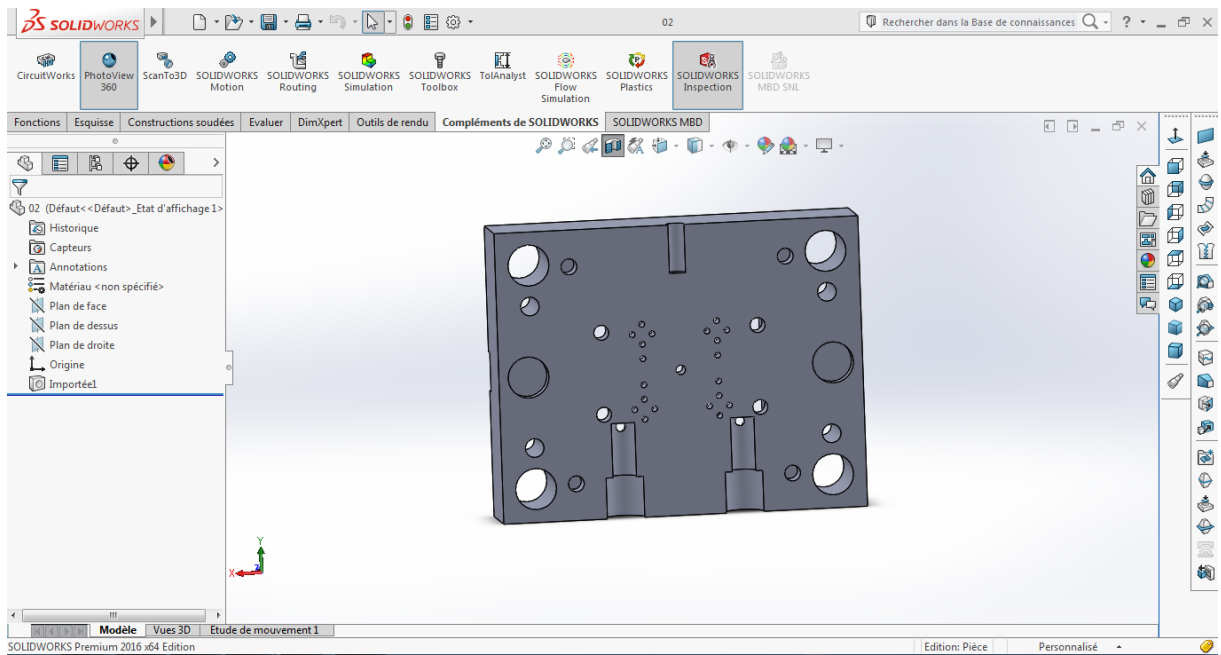
Gamme d'usinage	Pièces : Blocue cassette coté (male)		Bureau de méthode
	Matière : 42 CD 4		
	Nombre : 1		
N° de phase	Les désignations des phases, sous phases et opérations	Poste de travail. Appareillage. Outils coupants Vérification	Croquis de la pièce
10	<p><b>-Traçage</b></p> <p><b>-Balançage</b></p>	<p>-Poste de traçage</p> <p>-Outillage classique du traceur</p>	
20	<p><b>-Fraisage :</b> Référentiel défini par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>.Appui plan 1, 2, 3</li> <li>.Centrage court 4, 5</li> <li>.Serrage S</li> <li>• <b>Surface (A) :</b> <b>Fraisage (1)</b> <math>Cf_1 = 156 \pm 0.05</math></li> </ul>	<p>-Fraiseuse verticale</p> <p>-Pied à coulisse</p> <p>- Etau</p> <p>-Fraise 30 Ø 2 dents</p>	
30	<p><b>-Fraisage :</b> Référentiel défini par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>.Appui plan 1, 2, 3</li> <li>.Centrage court 4, 5</li> <li>.Serrage S</li> <li>• <b>Surface (B) :</b> <b>Fraisage (1) et (2)</b> <math>Cf_1 = 56 \pm 0.05</math> <math>Cf_2 = 196 \pm 0.05</math></li> </ul>	<p>-Fraiseuse verticale</p> <p>-Pied à coulisse</p> <p>-Etau</p> <p>-Fraise 40 Ø 2 dents</p> <p>-Fraise 20 Ø 4 dents</p>	

<p>40</p>	<p><b>-Fraisage</b> Référentiel défini par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>.Appui plan 1, 2, 3</li> <li>.Centrage court 4, 5</li> <li>.Serrage S</li> <li>• <b>Surface (B) :</b></li> </ul> <p><b>-Fraisage (1)</b>  <math>Cf_{1.1} = 96 \pm 0.05</math>  <math>Cf_{1.2} = 26 \pm 0.1</math></p>	<p>-Fraiseuse verticale -Pied à coulisse -Etau -Fraise 8Ø 2 dents</p>	
<p>50</p>	<p><b>-Perçage</b> Référentiel défini par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>.Appui plan 1, 2, 3</li> <li>.Centrage court 4, 5</li> <li>.Serrage S</li> <li>• <b>Surface (A) :</b> Centrage (1) et (2)</li> <li><b>-Perçage (1) et (2)</b> (2 fois)  <math>Cf_1 = 22 \text{ Ø}</math>  <math>Cf_2 = 22 \text{ Ø}</math></li> <li>• <b>Surface (B) :</b> Centrage (3) et (4) (2 fois)</li> <li><b>-Perçage (3) et (4)</b> (2 fois)  <math>Cf_3 = 10 \text{ Ø}</math>  <math>Cf_4 = 10 \text{ Ø}</math></li> </ul>	<p>-Perceuse verticale -Etau -Mèche 22 Ø -Mèche 10 Ø</p>	





**Fig.II.01 : Bloc de cassette (coté mal)**



**Fig.II.02 : Bloc de cassette coté mal (Vue de coupe sur plan de surface)**

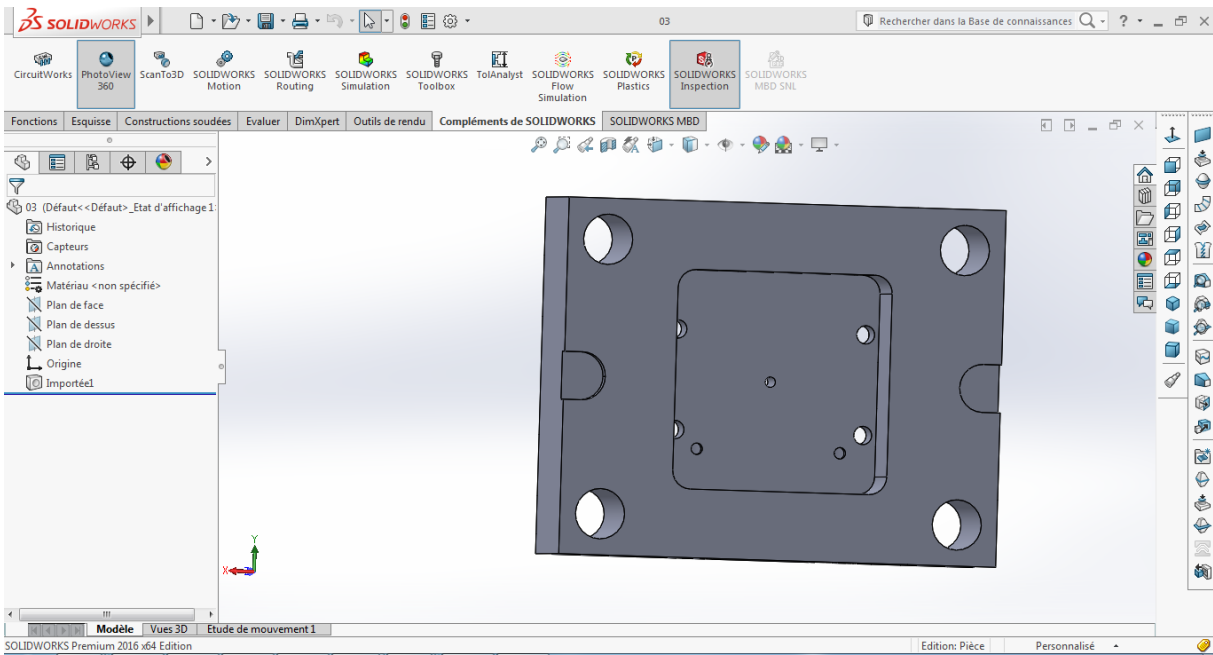
**PIECE 02 : Bloc de cassette (coté femelle)**

**Tableau.II.02 : Gamme d'usinage du Blocaste coté (femelle)**

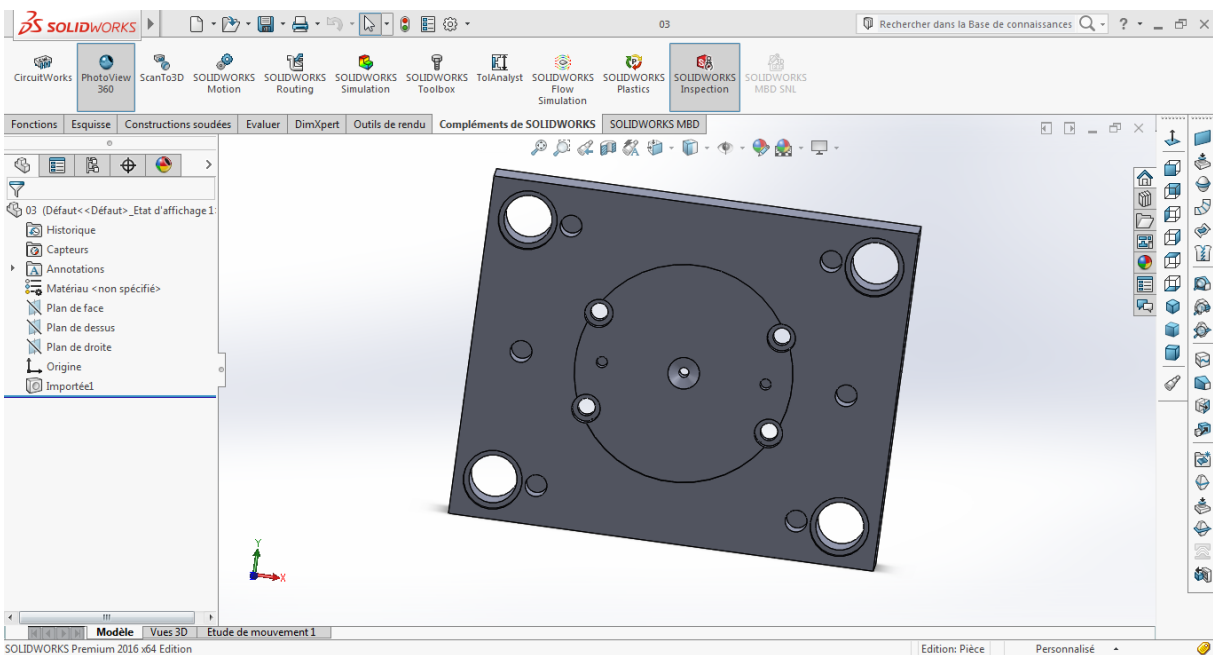
Gamme d'usinage	Pièces : Blocaste coté (femelle)		Bureau de méthode
	Matière : 42 CD 4		
	Nombre : 1		
N° de phase	Les désignations des phases, sous phases et opérations	Poste de travail. Appareillage. Outils coupants Vérification	Croquis de la pièce
10	-Traçage -Balantage	-Poste de traçage -Outillage classique du traceur	
20	-Fraisage : Référentiel défini par : .Appui plan 1, 2, 3 .Centrage court 4, 5 .Serrage S • Surface (A) : -Fraisage (1) $Cf_1 = 156 \pm 0.05$	-Fraiseuse verticale Pied à coulisse -Etau Fraise 40 Ø 2 dents	
30	-Fraisage : Référentiel défini par : .Appui plan 1, 2, 3 .Centrage court 4, 5 .Serrage S • Surface (B) : -Fraisage (1) et (2) $Cf_1 = 46 \pm 0.05$ $Cf_2 = 196 \pm 0.05$	-Fraiseuse verticale -Pied à coulisse -Etau -Fraise 20 Ø -Fraise 40 Ø 2 dents	

<p>40</p>	<p>-Perçage : Référentiel défini par : .Appui plan 1, 2, 3 .Centrage court 4, 5 .Serrage S</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Surface (C)</li> </ul> <p>-Fraisage (1) <math>Cf_{1,1} = 96 \pm 0.05</math> <math>Cf_{1,2} = 24 \pm 0.1</math></p>	<p>-Fraiseuse verticale -Pied à coulisse -Etau -Mèche 8 Ø 2 dents</p>	
<p>50</p>	<p>-Fraisage : Référentiel défini par : .Appui plan 1, 2, 3 .Centrage court 4, 5 .Serrage S</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Surface (D)</li> </ul> <p>-Fraisage (3) <math>Cf_{3,1} = \text{Ø } 50</math> <math>Cf_{3,2} = 5 \pm 0.05</math></p>	<p>-Fraiseuse verticale Pied à coulisse -Etau -Fraise tête alésée</p>	
<p>60</p>	<p>-Perçage : Référentiel défini par : .Appui plan 1, 2, 3 .Centrage court 4, 5 .Serrage S</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Surface (E)</li> </ul> <p>Centrage (1) et (2) 2 fois</p> <p>-Perçage (1) et (2) 2 fois <math>Cf_1 = 22 \text{ Ø}</math> <math>Cf_2 = 22 \text{ Ø}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Surface (F)</li> </ul> <p>Centrage (3) et (4) 3 fois</p> <p>-Perçage (3) et (4) 3 fois <math>Cf_3 = 10 \text{ Ø}</math> <math>Cf_4 = 10 \text{ Ø}</math></p>	<p>-Perceuse verticale -Pied à coulisse -Etau -Mèche 22 Ø -Mèche 10 Ø</p>	 

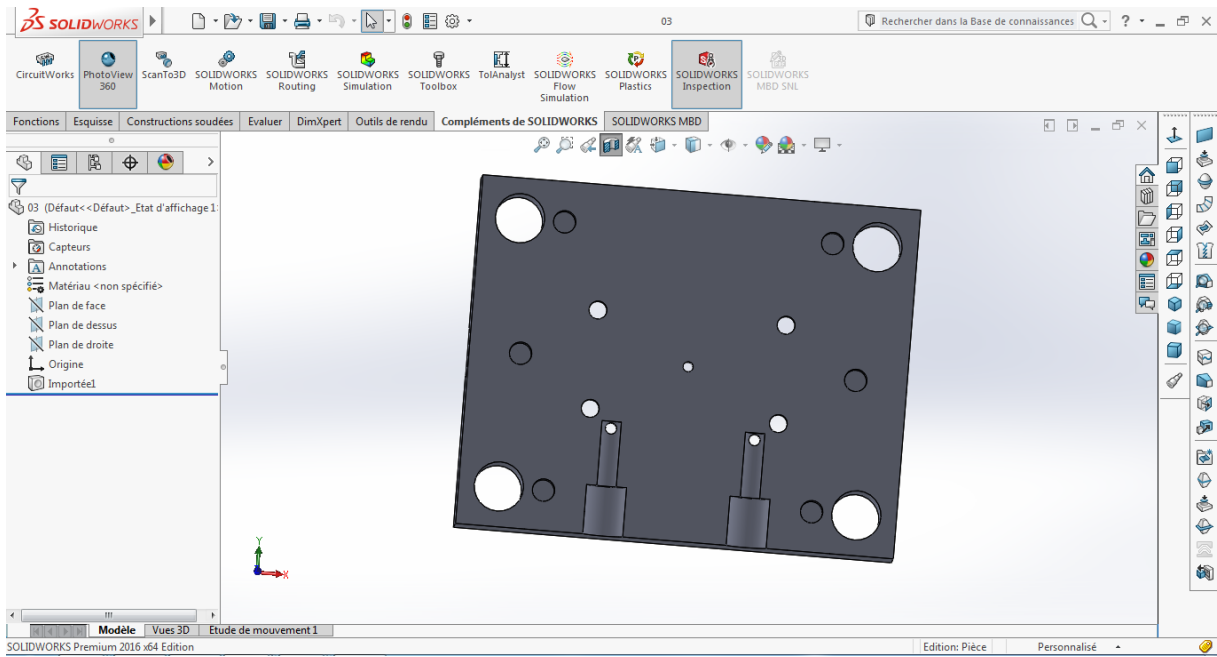
--	--	--	--



**Fig.II.03 : Bloc de cassette (coté femelle)**



**Fig.II.04 : Bloc de cassette (coté femelle)**



**Fig.II.05 : Bloc de cassette coté femelle (Vue de coupe sur plan de surface)**

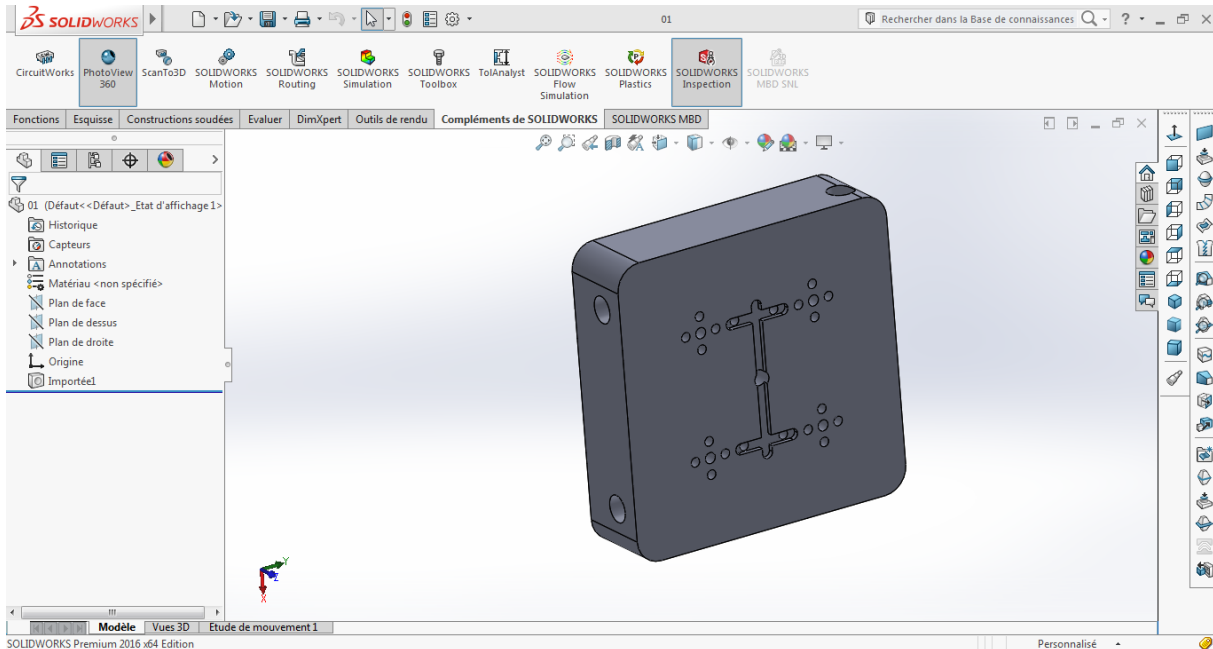
**PIECE 03 : Casette coté (mal)**

**Tableau.II.03 : Gamme d'usinage du Casette coté (male)**

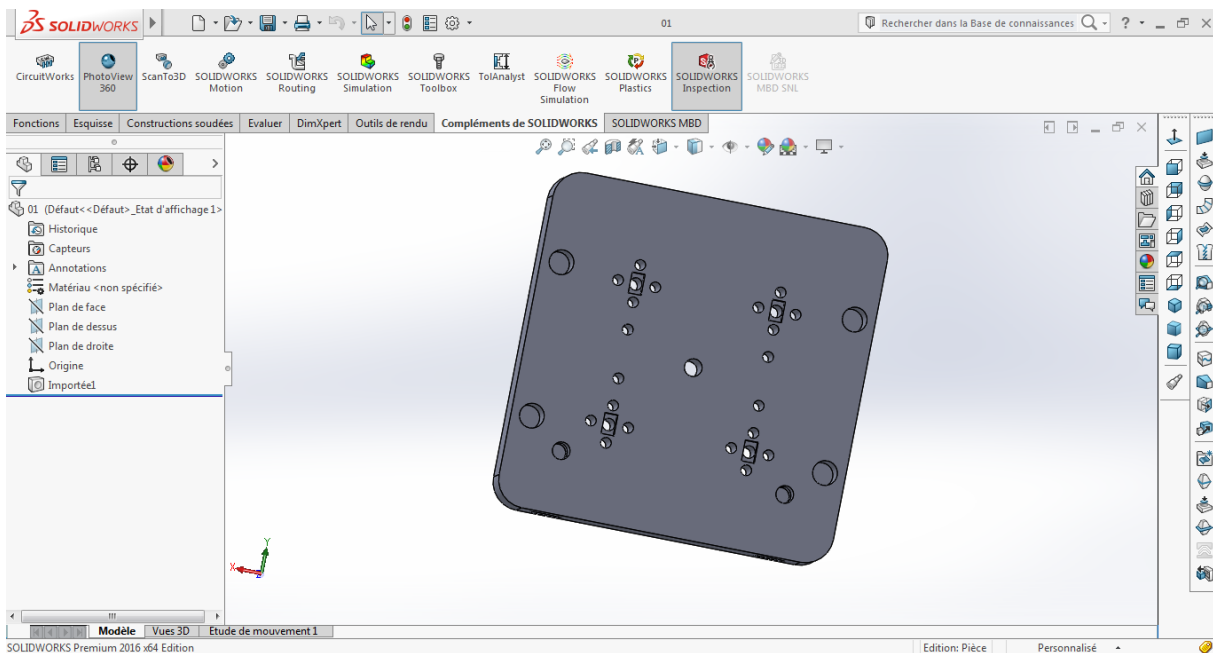
Gamme d'usinage	Pièces : Casette coté (male)		Bureau de méthode
	Matière : X C 48		
	Nombre : 1		
N° de phase	Les désignations des phases, sous phases et opérations	Poste de travail. Appareillage. Outils coupants Vérification	Croquis de la pièce
10	<p><b>-Traçage</b></p> <p><b>-Balançage</b></p>	<p>-Poste de traçage</p> <p>-Outillage classique du traceur</p>	
20	<p><b>-Fraisage :</b></p> <p>.Appui plan 1, 2, 3</p> <p>.Centrage court 4, 5</p> <p>.Serrage S</p> <p>• <b>Surface (A) :</b></p> <p><b>-Fraisage (2)</b></p> <p><math>Cf_2 = 96 \pm 0.05</math></p> <p><b>-Fraisage (1)</b></p> <p><math>Cf_1 = 26 \pm 0.2</math></p>	<p>-Fraiseuse verticale</p> <p>-Pied à coulisse</p> <p>-Fraise 2 dents Ø 40</p> <p>-Fraise 4 dents Ø 10</p> <p>-Etau</p>	
30	<p><b>-Fraisage :</b></p> <p>.Appui 1, 2, 3</p> <p>.Centrage court 4, 5</p> <p>.Serrage S</p> <p>• <b>Surface (B) :</b></p> <p><b>-Fraisage (3)</b></p> <p><math>Cf_3 = 96 \pm 0.05</math></p>	<p>-Fraiseuse verticale</p> <p>-Pied à coulisse</p> <p>-Fraise 2 dents Ø 30</p> <p>-Etau</p>	

40	<p><b>-Perçage :</b>          .Appui plan 1, 2, 3          .Centrage court 4, 5          .Serrage S</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Surface (E) :</b>          Centrage (1)</li> </ul> <p><b>-Perçage 1</b>  <math>Cf_1 = 8.8 \text{ } \emptyset</math>  <math>Cf_{1,2} = 90 \pm 0.1</math></p>	<p>-Perceuse verticale          -Etau          -Pied à coulisse          -Mèche 8.8 <math>\emptyset</math>          -Foret à centrer</p>	
50	<p><b>-Perçage :</b>          .Appui plan 1, 2, 3          .Centrage court 4, 5          .Serrage S</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Surface (C) :</b>          Centrage (1)</li> </ul> <p><b>-Perçage (1)</b>  <math>Cf_1 = 8.8 \text{ } \emptyset</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Surface (B) :</b>          Centrage (2)</li> </ul> <p><b>-Perçage(2)</b>  <math>Cf_2 = 8.8 \text{ } \emptyset</math></p>	<p>-Perceuse verticale          -Etau          -Pied à coulisse          -Mèche 8.8 <math>\emptyset</math>          -Foret à centrer</p>	
60	<p><b>-Perçage</b>          .Appui plan 1, 2, 3          .Centrage court 4, 5          .Serrage S</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Surface (D)</b>          Centrage (3)</li> </ul> <p><b>-Perçage (3)</b>  <b>-Alésage</b>  <math>Cf_1 = 3.1 \text{ } \emptyset</math>          20 fois</p>	<p>-Perceuse verticale          -Etau          -Pied à coulisse          -Foret à centrer          -Mèche 2.8 <math>\emptyset</math>          -Alésage 3 <math>\emptyset</math></p>	
70	<p><b>-Rectification</b>          .Appui plan 1, 2, 3          .Centrage court 4, 5          .Serrage S</p>	<p>-Rectifieuse verticale          -Pied à coulisse</p>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Surface (D) :</b>  <b>-Rectification (1)</b>  <math>Cf_1 = 26 \pm 0.02</math></li> </ul>	-Outil de rectification	
--	--	-------------------------	--

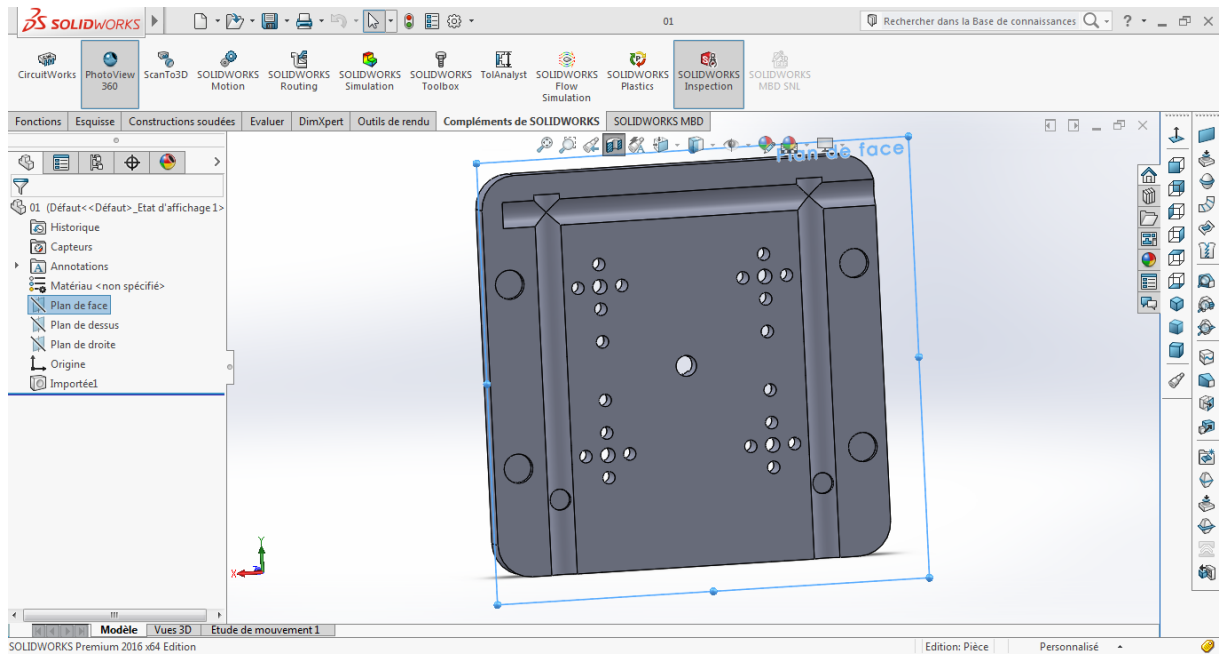


**Fig.II.06 : Cassette coté (mal)**



**Fig.II.07 : Cassette coté (mal)**





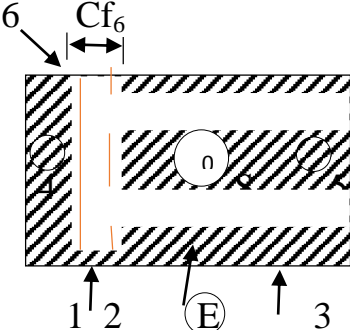
**Fig.II.08 : Cassette coté mal (Vue de coupe sur plan de surface)**

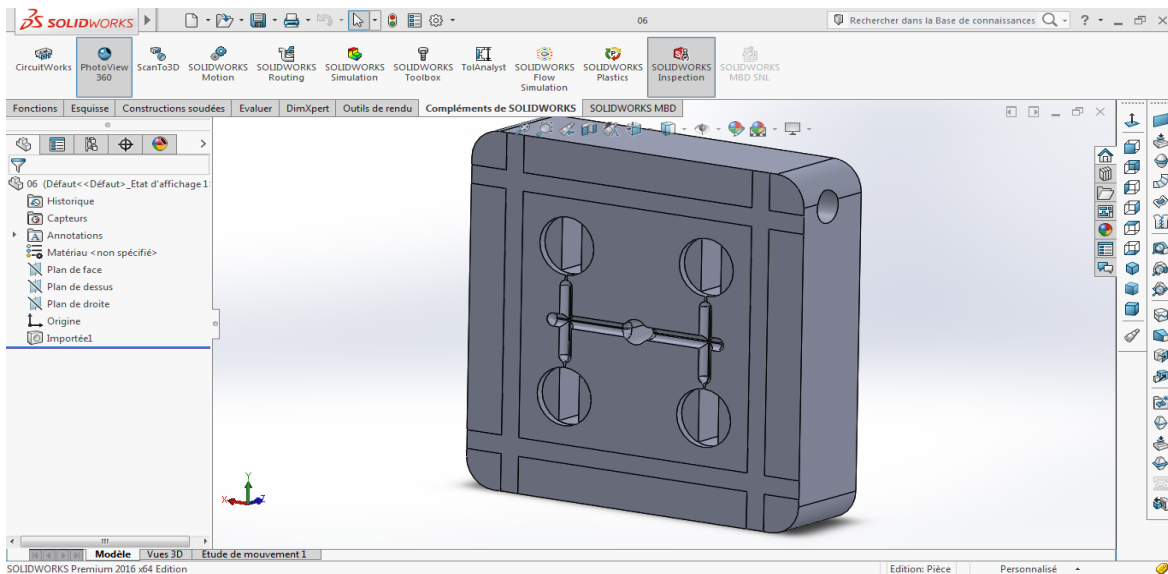
**PIECE 04 : Casette coté (femelle)**

**Tableau.II.04 : Gamme d'usinage du Casette coté (femelle)**

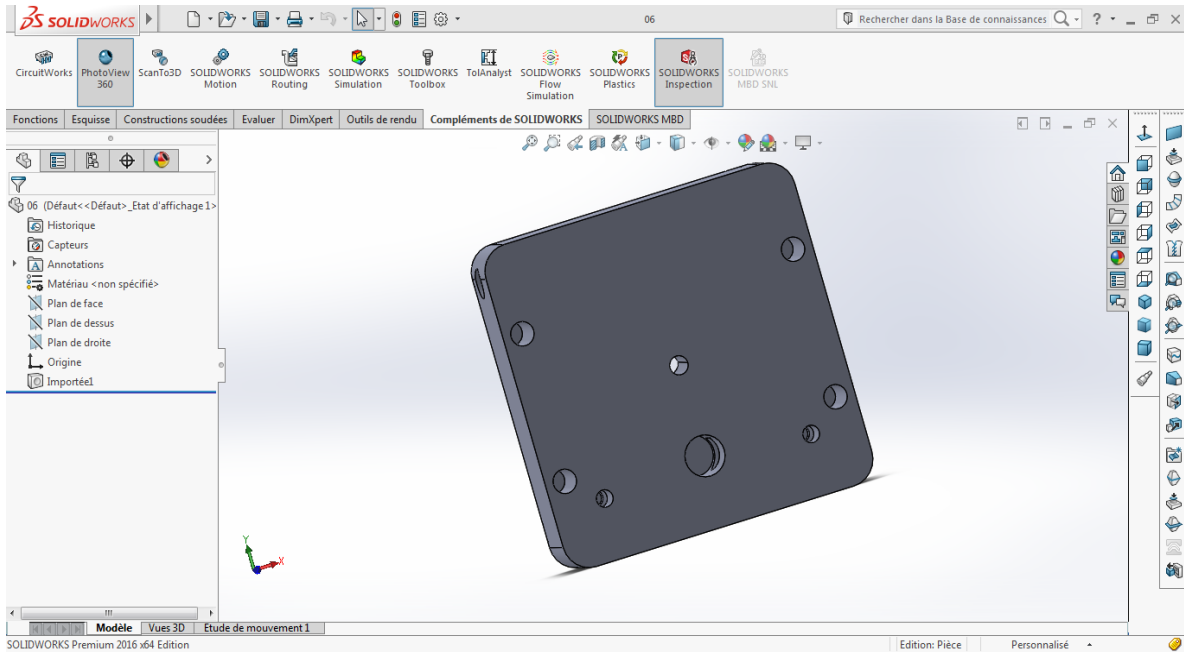
Gamme d'usinage	Pièces Casette coté (femelle)		Bureau de méthode
	Matière : X C 48		
	Nombre : 1		
N° de phase	Les désignations des phases, sous phases et opérations	Poste de travail. Appareillage. Outils coupants Vérification	Croquis de la pièce
10	<p><b>-Traçage</b></p> <p><b>-Balançage</b></p>	<p>-Poste de traçage</p> <p>-Outillage classique du traceur</p>	
20	<p><b>-Fraisage :</b> Référentiel défini par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>.Appui plan 1, 2, 3</li> <li>.Centrage court 4, 5</li> <li>.Serrage S</li> <li>• <b>Surface (A) :</b></li> </ul> <p><b>-Fraisage (1)</b> <math>Cf_1 = 96 \pm 0.05</math></p>	<p>-Fraiseuse verticale</p> <p>-Pied à coulisse</p> <p>-Etau</p> <p>-Fraise 30 Ø 2 dents</p>	
30	<p><b>-Fraisage :</b> Référentiel défini par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>.Appui plan 1, 2, 3</li> <li>.Centrage court 4, 5</li> <li>.Serrage S</li> <li>• <b>Surface (B) :</b></li> </ul> <p><b>-Fraisage (1) et (2)</b> <math>Cf_1 = 24 \pm 0.05</math> <math>Cf_2 = 96 \pm 0.05</math></p>	<p>-Fraiseuse verticale</p> <p>Pied à coulisse</p> <p>-Etau</p> <p>-Fraise 40 Ø 2 dents</p> <p>-Fraise 20 Ø 4 dents</p>	

<p>40</p>	<p><b>-Perçage :</b>  Référentiel défini par :  .Appui plan 1, 2, 3  .Centrage court 4, 5  .Serrage S</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Surface (A)</b>  <b>Centrage (1) et (2)</b>  <b>2 fois</b></li> </ul> <p><b>-Perçage (1) et (2)</b>  <b>2 fois</b>  <math>Cf_1 = 7 \varnothing</math>  <math>Cf_2 = 7 \varnothing</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Surface (B)</b>  Centrage (3)</li> </ul> <p><b>-Perçage (3)</b>  <math>Cf_3 = 2.7 \varnothing</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Surface (C)</b>  Centrage (4) et (5)</li> </ul> <p><b>Perçage (4) et (5)</b>  <math>Cf_4 = 5 \varnothing</math>  <math>Cf_5 = 5 \varnothing</math></p>	<p>-Perceuse verticale  -Pied à coulisse  -Etau  -Mèche <math>\varnothing 7</math>  -Mèche <math>\varnothing 2.7</math>  -Mèche <math>\varnothing 5</math>  -Foret à centrer <math>4 \varnothing</math></p>	
<p>50</p>	<p><b>-Perçage :</b>  Référentiel défini par :  .Appui plan 1, 2, 3  .Centrage court 4, 5  .Serrage S</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Surface (D)</b>  Centrage (1) et (2)</li> </ul> <p><b>Perçage (1) et (2)</b>  <math>Cf_1 = 8.8 \varnothing</math>  <math>Cf_2 = 8.8 \varnothing</math></p>	<p>-Perceuse verticale  -Pied à coulisse  -Foret à centrer <math>4 \varnothing</math>  -Etau  -Mèche <math>8.8 \varnothing</math></p>	

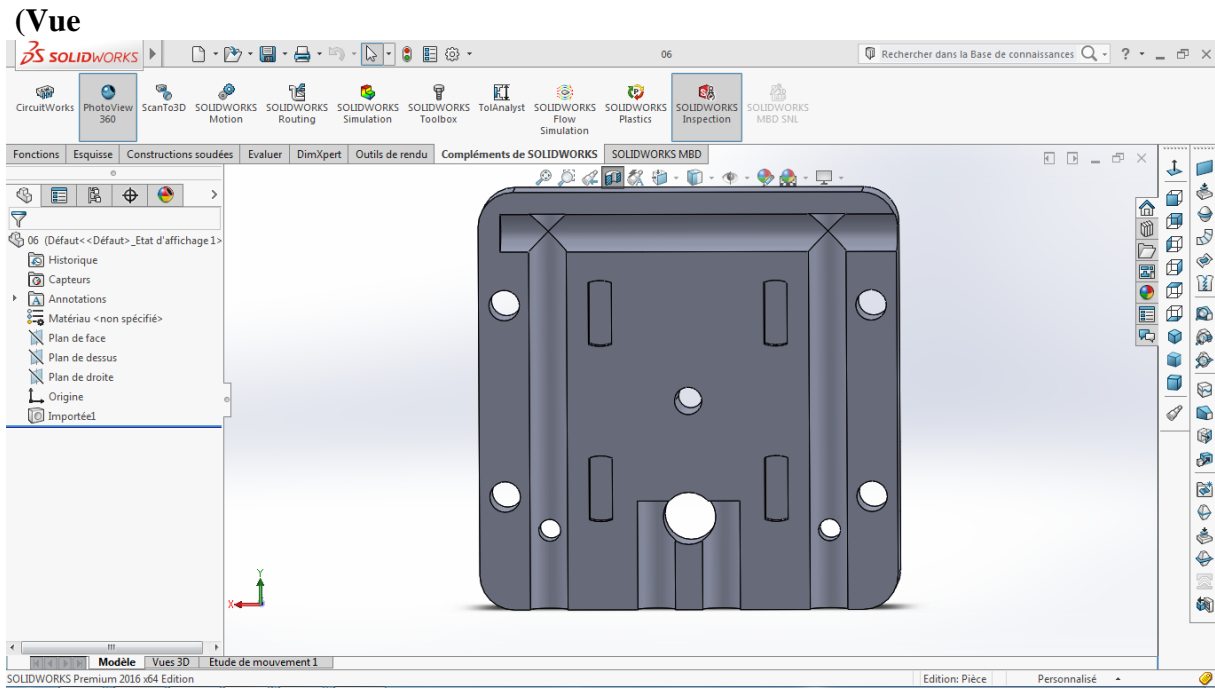
<p>60</p>	<p><b>-Perçage :</b>  Référentiel défini par :  .Appui plan 1, 2, 3  .Centrage court 4, 5  .Serrage S</p> <p>• <b>Surface (E)</b>  Centrage (6)</p> <p><b>Perçage (6)</b>  <math>Cf_6 = 8.8 \text{ } \varnothing</math></p>	<p>-Perceuse verticale  Pied à coulisse  -Etau  -Mèche 8.8 <math>\varnothing</math>  -Foret à centrer 4 <math>\varnothing</math></p>	 <p>The drawing shows a cross-section of a cassette with a central hole. Reference points 1, 2, and 3 are indicated at the bottom. A horizontal dimension line labeled '6' and 'Cf<sub>6</sub>' is shown above the hole. A vertical dimension line labeled '4' is shown to the left of the hole. A circled 'E' is located below the hole, and a circled '0' is inside the hole.</p>
-----------	---	--	---



**Fig.II.09 : Cassette coté (femelle)**



**Fig.II.10 : Cassette coté (femelle)**



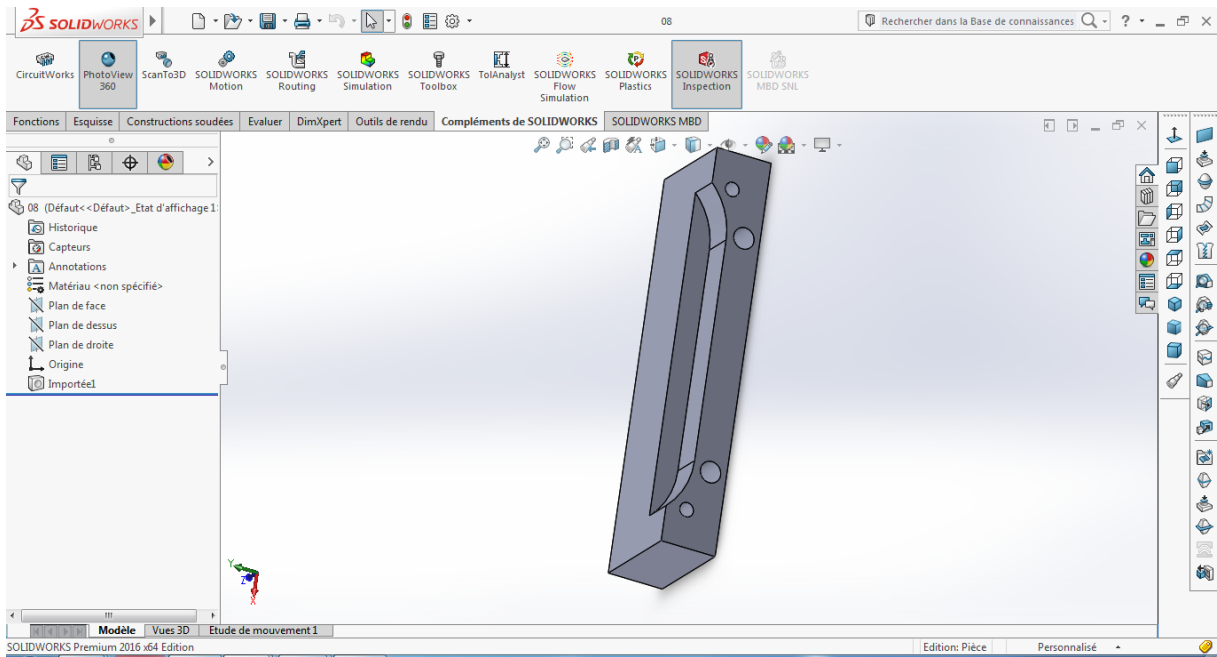
**Fig.II.11 : Cassette coté femelle de coupe sur plan de surface)**

**PIECE 05 : Les Tasseaux**

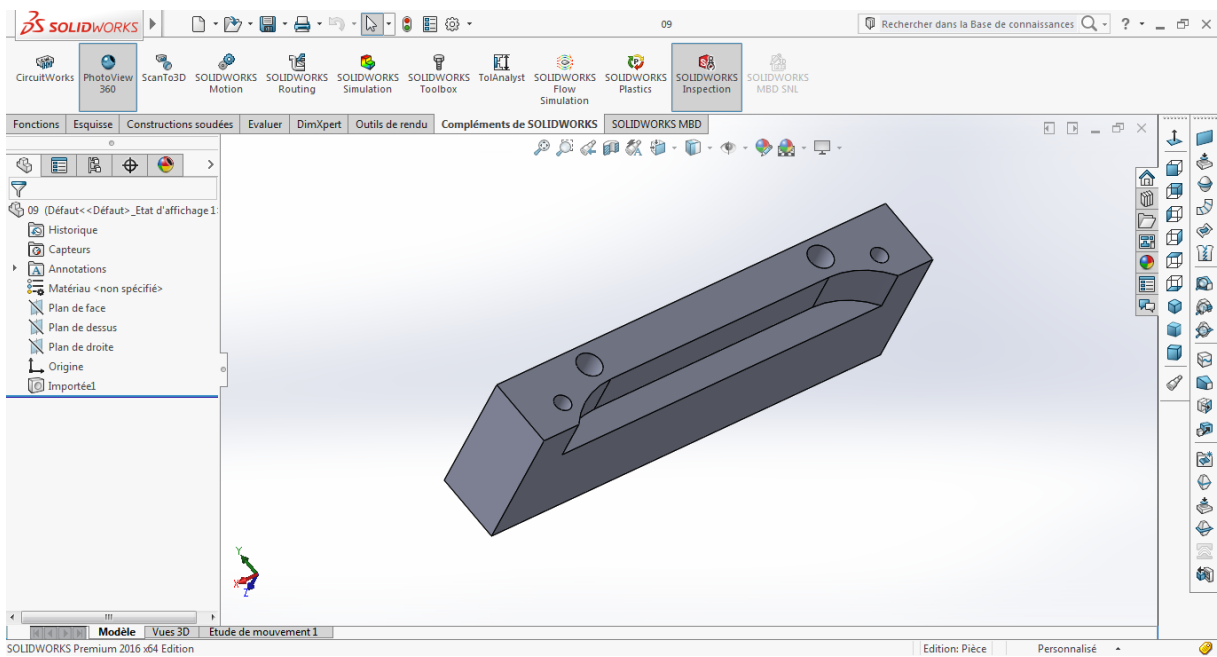
**Tableau.II.05 : Gamme d'usinage des tasseaux**

Gamme d'usinage	Pièces : Les tasseaux		Bureau de méthode
	Matière : 42 CD 4		
	Nombre : 2		
N° de phase	Les désignations des phases, sous phases et opérations	Poste de travail. Appareillage. Outils coupant Vérifications	Croquis de la pièce
10	<p><b>-Traçage</b></p> <p><b>-Balançage</b></p>	<p>-Poste de traçage</p> <p>-Outillage classique du traceur</p>	
20	<p><b>-Fraisage :</b></p> <p>.Appui plan 1, 2, 3</p> <p>.Centrage court 4, 5</p> <p>.Serrage S</p> <p>• <b>Surface (A) :</b></p> <p><b>-Fraisage (2)</b></p> <p><math>Cf_2 = 57 \pm 0.05</math></p> <p><b>-Fraisage (1)</b></p> <p><math>Cf_1 = 196 \pm 0.05</math></p>	<p>-Fraiseuse verticale</p> <p>-Pied à coulisse</p> <p>-Fraise 40 Ø dents 2</p> <p>-Fraise 10 Ø dents 4</p> <p>-Etau</p>	
30	<p><b>-Fraisage :</b></p> <p>.Appui plan 1, 2, 3</p> <p>.Centrage court 4, 5</p> <p>.Serrage S</p> <p>• <b>Surface (A) :</b></p> <p><b>-Fraisage (1)</b></p> <p><math>Cf_1 = 28 \pm 0.05</math></p>	<p>-Fraiseuse verticale</p> <p>-Pied à coulisse</p> <p>-Fraise 40 Ø 2 dents</p> <p>-Etau</p>	

<p>40</p>	<p><b>-Fraisage</b>          .Appui plan 1, 2, 3          .Centrage court 4, 5          .Serrage S</p> <p>• <b>Surface (C) :</b>  <b>-Fraisage (3)</b>  <math>Cf_3 = 170 \pm 0.05</math>  <math>Cf_{3.1} = 18 \pm 0.05</math>  <math>Cf_{3.2} = 13 \pm 0.01</math></p>	<p>-Fraiseuse verticale          -Pied à coulisse          -Fraise 4Ø          2 dents          -étau</p>	
<p>50</p>	<p><b>-Perçage</b>          .Appui plan 1, 2, 3          .Centrage court 4, 5          .Serrage S</p> <p>• <b>Surface (D)</b>          Centrage (1), (2)  <b>-Perçage (1) (2)</b>  <math>Cf_1 = 10.5 \pm 0.05</math>  <math>Cf_1 = 10.5 \pm 0.05</math></p>	<p>-Perceuse verticale          -Pied à coulisse          -Foret à centrer          -Mèche 10.5 Ø          -Etau</p>	



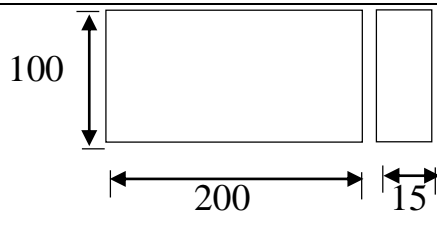
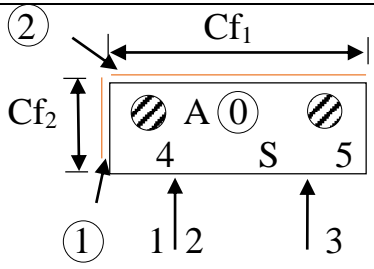
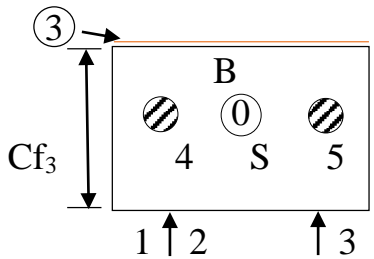
**Fig.II.12 : Les Tasseaux**



**Fig.II.13 : Les Tasseaux**



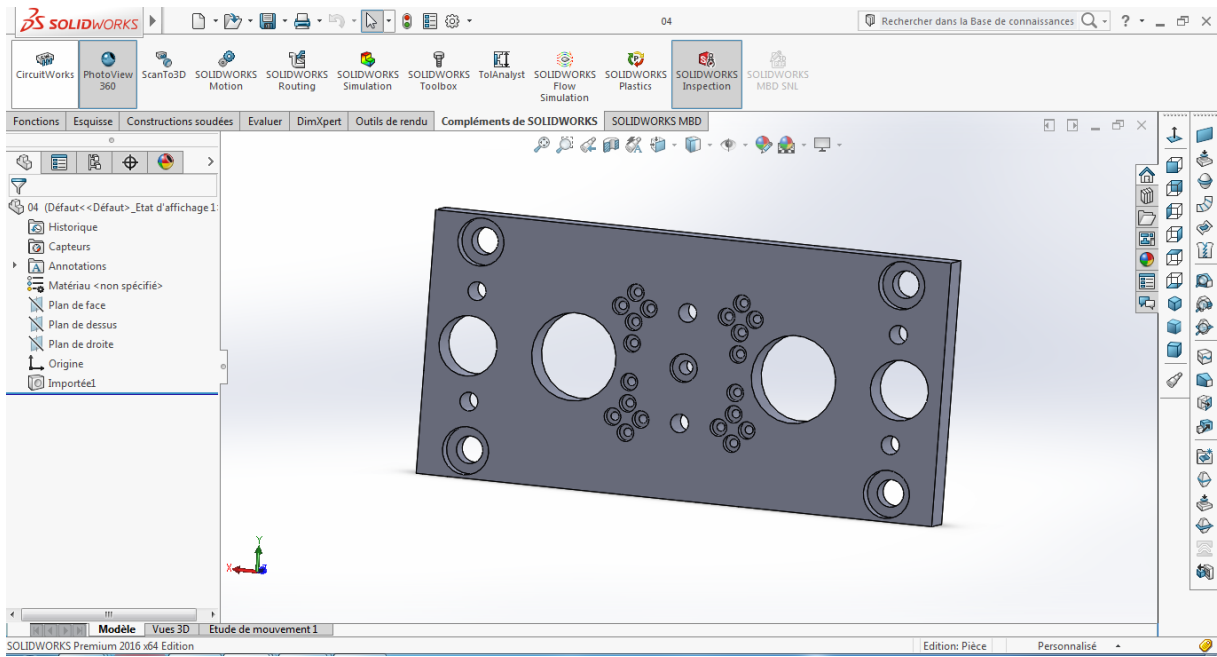
**PIECE 06 : Les Plaques éjectrices (plaque A et B)**

Gamme d'usinage	Pièces : Plaque éjectrice (Plaque A)		Bureau de méthode
	Matière : 42 CD 4		
	Nombre : 1		
N° de phase	Les désignations des phases, sous phases et opérations	Poste de travail. Appareillage. Outils coupants Vérification	Croquis de la pièce
10	<b>-Traçage</b>  <b>-Balantage</b>	-Poste de traçage -Outillage classique du traceur	
20	<b>-Fraisage :</b> Référentiel défini par : .Appui plan 1, 2, 3 .Centrage court 4, 5 .Serrage S • <b>Surface (A) :</b> <b>-Fraisage (1)</b> $Cf_1 = 196^{\pm 0.05}$ <b>-Fraisage (2)</b> $Cf_2 = 12^{\pm 0.2}$	-Fraiseuse verticale -Fraise 2 dents Ø 40 -Fraise 4 dents Ø 10 -Pied à coulisse -étau	
30	<b>-Fraisage :</b> Référentiel défini par : .Appui 1, 2, 3 .Centrage 4, 5 .Serrage S <sub>2</sub> • <b>Surface (B) :</b> <b>-Fraisage (3)</b> $Cf_3 = 96^{\pm 0.05}$	-Fraiseuse verticale -Pied à coulisse -Fraise 2 dents Ø 20 -Etau	

**Tableau.II.06(A) : Gamme d'usinage du Plaque (A)**

40	<p><b>-Rectification :</b> Référentiel défini par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>.Appui plan 1, 2, 3</li> <li>.Centrage court 4, 5</li> <li>.Serrage S</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Surface (C) :</b></li> </ul> <p><b>-Rectification (4)</b> <math>Cf_4 = 12^{\pm 0.1}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Surface (E) :</b></li> </ul> <p><b>-Rectification (5)</b> <math>Cf_5 = 12</math></p>	<p>-Rectifieuse verticale -Pied à coulisse -Outil de rectification</p>	
50	<p><b>-Perçage</b> Référentiel défini par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>.Appui plan 1, 2, 3</li> <li>.Centrage court 4, 5</li> <li>.Serrage S</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Surface (A) :</b> Centrage (1)</li> </ul> <p><b>-Perçage (1) (4 fois)</b> <math>Cf_1 = 10 \varnothing</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Surface (B) :</b> Centrage (2)</li> </ul> <p><b>-Perçage(2) (2 fois)</b> <math>Cf_2 = 22 \varnothing</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Surface (C) :</b> Centrage (3)</li> </ul> <p><b>-Perçage (6 fois)</b> <math>Cf_3 = 6.8 \varnothing</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Surface (E) :</b> Centrage (4)</li> </ul> <p><b>-Perçage (4) (2 fois)</b> <math>Cf_4 = 32 \varnothing</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Surface (D) :</b> Centrage (5)</li> </ul> <p><b>-Perçage (5) (10 fois)</b> <math>Cf_5 = 3 \varnothing</math></p>	<p>-Perceuse verticale -Foret à centrer -mèches (10-6.8-22-32-3) Ø -Etau</p>	

## Plaque(A).



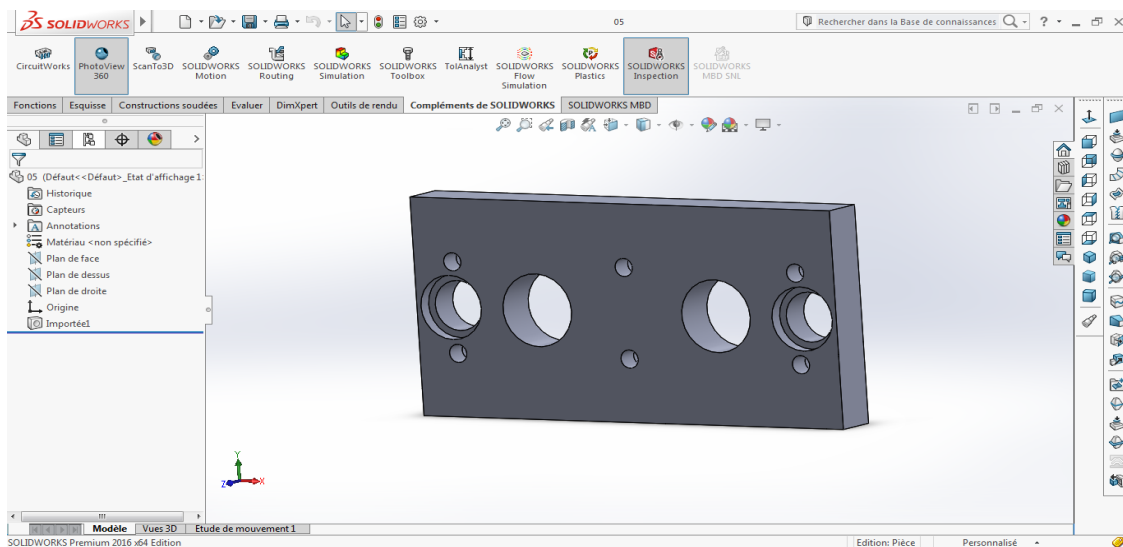
**Fig.II.14 : La Plaques (A)**

**Plaque(B)**

**Tableau.II.06(B) : Gamme d'usinage du Plaque (B)**

Gamme d'usinage	Pièces : Plaque éjectrice (Plaque B)		Bureau de méthode
	Matière : 42 CD 4		
	Nombre : 1		
N° de phase	Les désignations des phases, sous phases et opérations	Poste de travail. Appareillage. Outils coupants Vérification	Croquis de la pièce
10	<p><b>-Traçage</b></p> <p><b>-Balançage</b></p>	<p>-Poste de traçage</p> <p>-Outillage classique du traceur</p>	
20	<p><b>-Fraisage :</b> Référentiel défini par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>.Appui plan 1, 2, 3</li> <li>.Centrage court 4, 5</li> <li>.Serrage S <ul style="list-style-type: none"> <li>• Surface (A) :</li> </ul> </li> </ul> <p><b>-Fraisage (1)</b> <math>Cf_1 = 96 \pm 0.05</math></p>	<p>-Fraiseuse verticale</p> <p>-Pied à coulisse</p> <p>-Fraise 25 Ø</p> <p>2 dents</p> <p>-Etau</p>	
30	<p><b>-Fraisage :</b> Référentiel défini par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>.Appui 1, 2, 3</li> <li>.Centrage court 4, 5</li> <li>.Serrage S <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Surface (B) :</b></li> </ul> </li> </ul> <p><b>-Fraisage (1) et (2)</b> <math>Cf_1 = 18 \pm 0.05</math> <math>Cf_2 = 196 \pm 0.05</math></p>	<p>-Fraiseuse verticale</p> <p>-Pied à coulisse</p> <p>-Fraise 40 Ø</p> <p>2 dents</p> <p>-Fraise 20 Ø</p> <p>4 dents</p>	

<p>40</p>	<p><b>-Perçage :</b>  Référentiel défini par :  .Appui plan 1, 2, 3  .Centrage court 4, 5  .Serrage S</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Surface (A)</b>  Centrage (1),(2),(3),(4)</li> </ul> <p><b>-Perçage</b>  <b>(1),(2),(3),(4)</b>  <math>Cf_1 = 28 \text{ } \emptyset</math>  <math>Cf_2 = 22 \text{ } \emptyset</math>  <math>Cf_3 = 28 \text{ } \emptyset</math>  <math>Cf_4 = 22 \text{ } \emptyset</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Surface (B)</b>  Centrage (1) et (2)  -Perçage (1) et (2)  <math>Cf_1 = 32 \text{ } \emptyset</math>  <math>Cf_2 = 32 \text{ } \emptyset</math></li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Surface (C)</b>  Centrage (1),(2),(3)  3fois  <b>-Perçage (1),(2),(3)</b>  3fois  <math>Cf_1 = 8 \text{ } \emptyset</math>  <math>Cf_2 = 8 \text{ } \emptyset</math>  <math>Cf_3 = 8 \text{ } \emptyset</math></li> </ul>	<p>-Perceuse verticale  -Pied à coulisse  -Mèche 8 <math>\emptyset</math>  -Mèche 32 <math>\emptyset</math>  -Mèche 28 <math>\emptyset</math>  -Mèche 22 <math>\emptyset</math>  -Foret à centrer</p>	
-----------	--	---	--



**Fig.II.15 : La Plaque (B)**

**PIECE 07 : La Semelle**

**Tableau.II.07 : Gamme d'usinage de La Semelle**

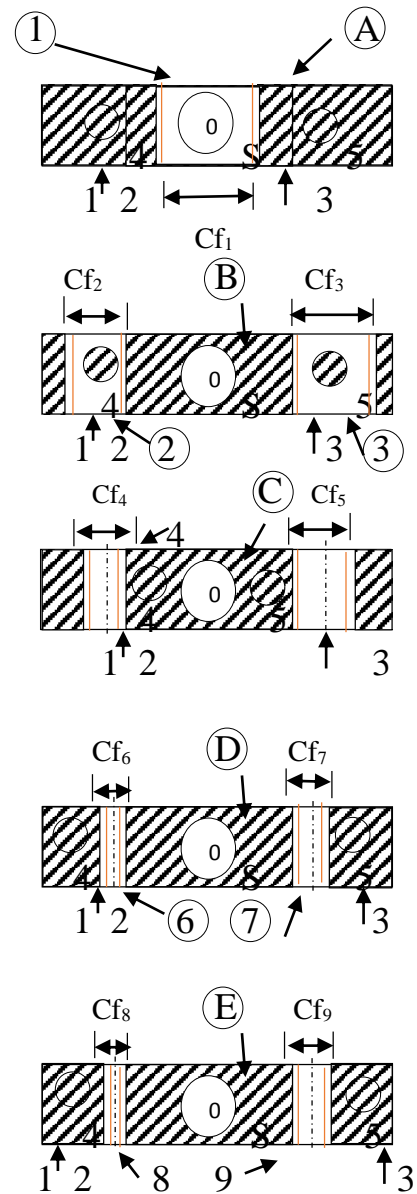
Gamme d'usinage	Pièces : La semelle		Bureau de méthode
	Matière : 42 CD 4		
	Nombre : 1		
N° de phase	Les désignations des phases, sous phases et opérations	Poste de travail. Appareillage. Outils coupants Vérification	Croquis de la pièce
10	<p><b>-Traçage</b></p> <p><b>-Balançage</b></p>	<p>-Poste de traçage</p> <p>-Outillage classique du traceur</p>	
20	<p><b>-Fraisage :</b> Référentiel défini par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>.Appui plan 1, 2, 3</li> <li>.Centrage court 4, 5</li> <li>.Serrage S</li> <li>• <b>Surface (A) :</b></li> </ul> <p><b>-Fraisage (1)</b> <math>Cf_1 = 156 \pm 0.05</math></p>	<p>-Fraiseuse verticale</p> <p>-Pied à coulisse</p> <p>-Fraise 2 dents Ø 25</p>	
30	<p><b>-Fraisage :</b> Référentiel défini par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>.Appui 1, 2, 3</li> <li>.Centrage court 4, 5</li> <li>.Serrage S</li> <li>• <b>Surface (B) :</b></li> </ul> <p><b>-Fraisage (1) et (2)</b> <math>Cf_1 = 22 \pm 0.05</math> <math>Cf_2 = 196 \pm 0.05</math></p>	<p>-Fraiseuse verticale</p> <p>-Pied à coulisse</p> <p>-Fraise 2 dents Ø 40</p> <p>-Fraise 2 dents Ø 20</p> <p>-Etau</p>	

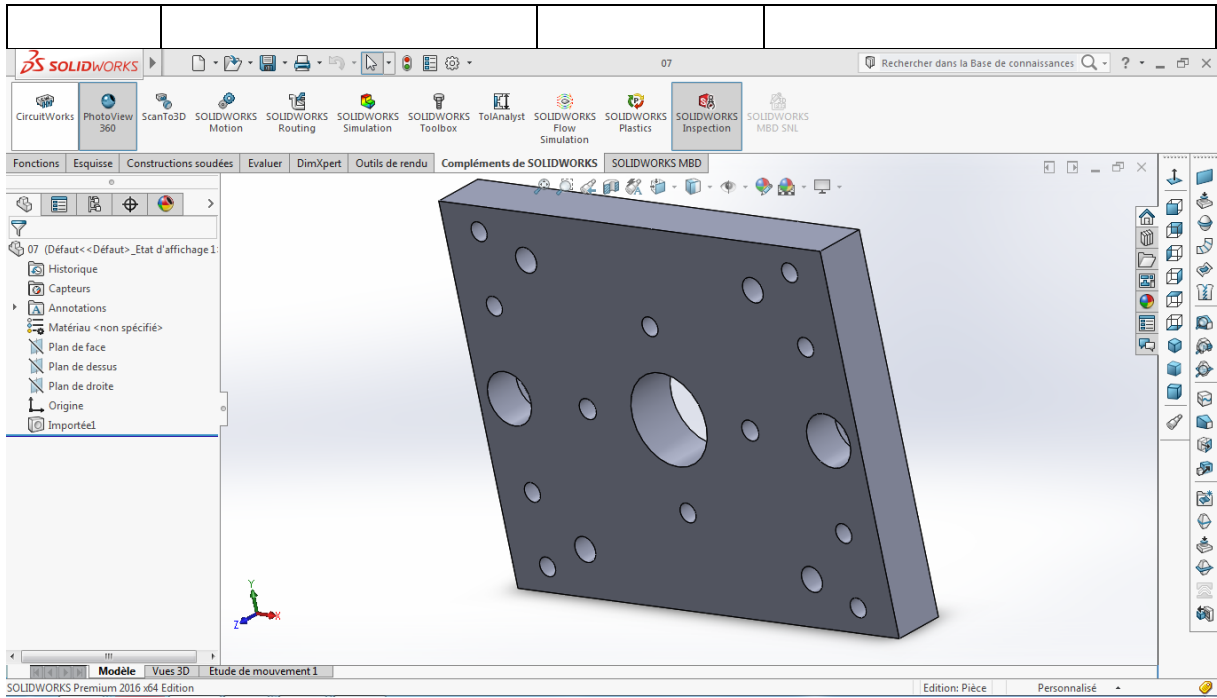
40

**-Perçage :**  
 Référentiel défini par :  
 .Appui plan 1, 2, 3  
 .Centrage court 4, 5  
 .Serrage S

- **Surface (A) :**  
 Centrage (1)
- Perçage (1)**  
 $Cf_1 = 38 \text{ } \emptyset$
- **Surface (B) :**  
 Centrage (2) et (3)
- Perçage (2) et (3)**  
 $Cf_2 = 22 \text{ } \emptyset$   
 $Cf_3 = 22 \text{ } \emptyset$
- **Surface (C) :**  
 Centrage (4) et (5) 4 fois
- Perçage (4) et (5) 4 fois**  
 $Cf_4 = 8 \text{ } \emptyset$   
 $Cf_5 = 8 \text{ } \emptyset$
- **Surface (1) :**  
 Centrage (6) et (7) 2 fois
- Perçage (6) et (7) 2 fois**  
 $Cf_6 = 10.5 \text{ } \emptyset$   
 $Cf_7 = 10.5 \text{ } \emptyset$
- **Surface (E) :**  
 Centrage (8) et (9) 2 fois
- Perçage (8) et (9) 2 fois**  
 $Cf_8 = 8 \text{ } \emptyset$   
 $Cf_9 = 8 \text{ } \emptyset$

-Perceuse verticale  
 -Pied à coulisse  
 -Foret à centrer  $\emptyset 4$   
 -Mèche  $\emptyset 38$   
 -Mèche  $\emptyset 22$   
 -Mèche  $\emptyset 8$   
 -Etau





**Fig.II.16 : La Semelle**

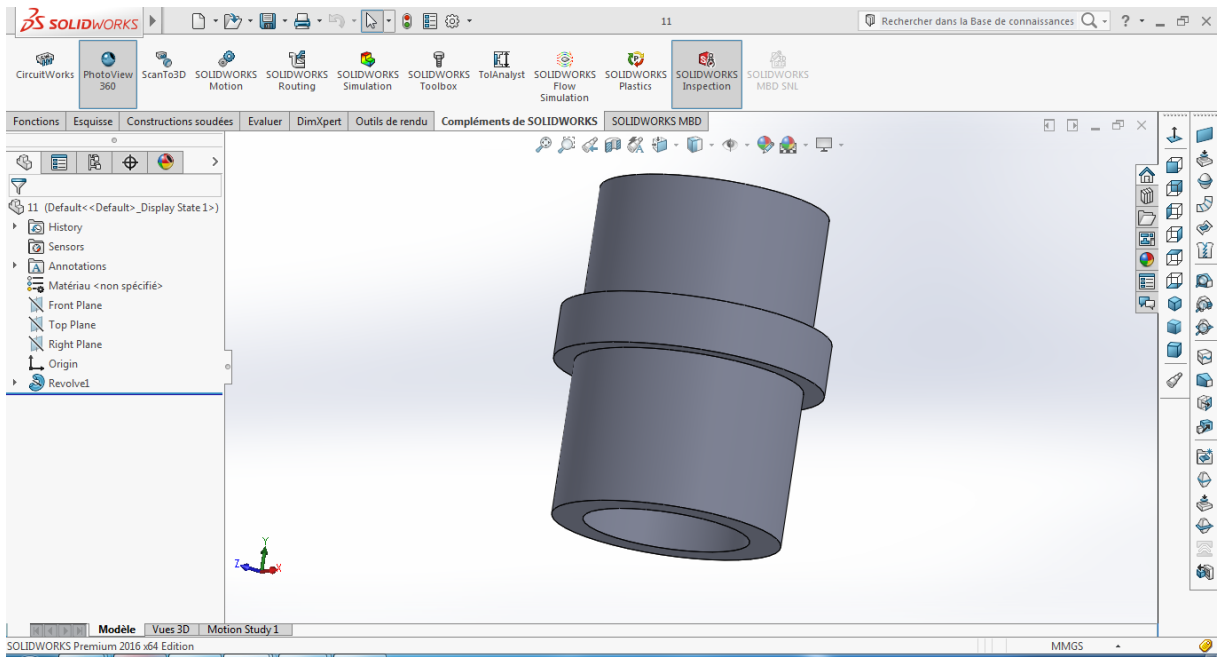
**PIECE 08 : Les Bagues de guidage**

**Tableau.II.08 : Gamme d'usinage d'un Bagues de de guidage**

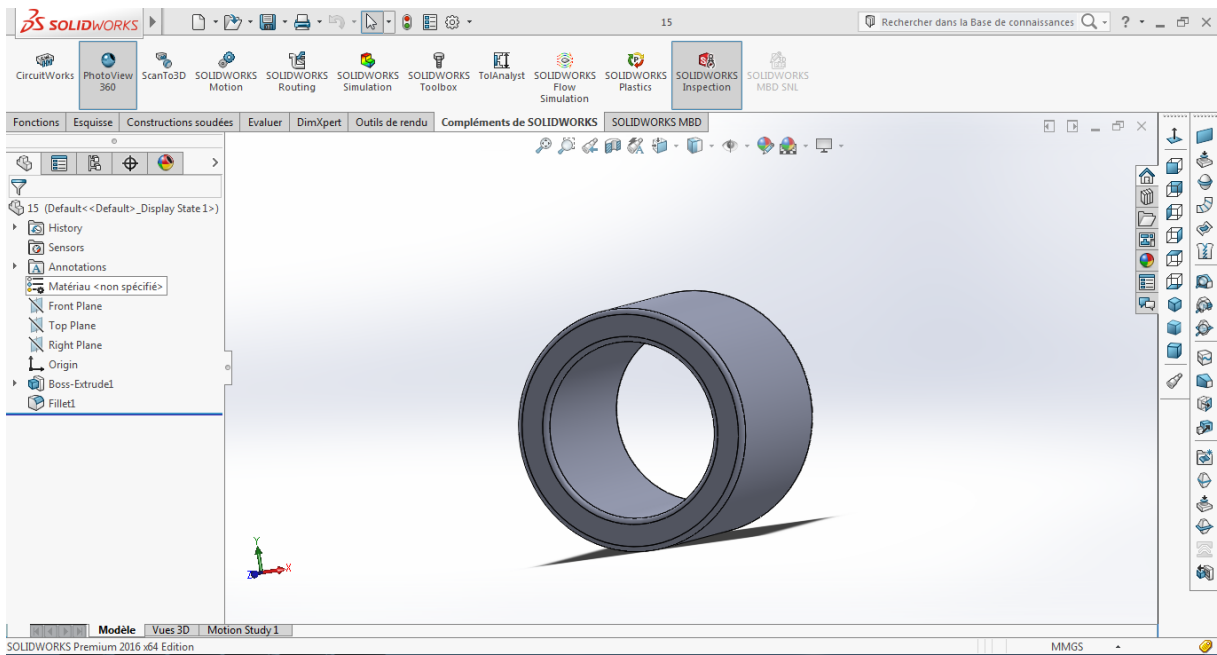
Gamme d'usinage	Pièces : Les Bagues de de guidage		Bureau de méthode
	Matière : 42 CD 4		
	Nombre : 2		
N° de phase	Les désignations des phases, sous phases et opérations	Poste de travail. Appareillage. Outils coupants Vérification	Croquis de la pièce
10	-Traçage -Balançage	-Poste de traçage  -Outillage classique du traceur	



<p>20</p>	<p><b>Tournage :</b>          .Appui plan 1, 2, 3          .Centrage court 4, 5          .Serrage S</p> <p>• <b>Surface (C) :</b>  <b>-Dressage (1) en ébauche</b>  <math>Cf_4 = 59^{\pm 0.1}</math></p> <p><b>-Chariotage et dressage (3) et (2)</b>  <math>Cf_1 = 39^{\pm 0.1}</math>  <math>Cf_2 = 30^{\pm 0.1}</math></p>	<p>-Tour parallèle</p> <p>Comparateur</p> <p>-Outil couteau</p>	
<p>30</p>	<p><b>-Perçage :</b>          .Appui plan 1, 2, 3          .Centrage 4, 5          .Serrage S</p> <p>• <b>Surface (B) :</b>          Centrage (6)</p> <p><b>-Parçage (6)</b>  <math>Cf_1 = 7\emptyset</math>  <math>Cf_2 = 20^{\pm 0.1}</math></p>	<p>-Tour parallèle</p> <p>Comparateur</p> <p>-Foret à centrer 4<math>\emptyset</math></p> <p>-Mèche de 7<math>\emptyset</math></p>	
<p>40</p>	<p><b>Tournage :</b>          -Appui plan 1, 2, 3          -Centrage court 4, 5          -Serrage S</p> <p>• <b>Surface (E) :</b>  <b>-Chariotage et dressage (1) et (2)</b>  <math>Cf_2 = 18^{\pm 0.1}</math>  <math>Cf_1 = 30^{\pm 0.1}</math></p>	<p>-Tour parallèle</p> <p>Comparateur</p> <p>-Outil couteau</p>	
<p>50</p>	<p><b>Taroudage :</b>          -Appui plan 1,2,3          -Centrage court 4          -Serrage S</p> <p>• <b>Surface (D) :</b>  <b>-Taroudage</b>  <math>Cf_1 = D 8</math></p>	<p>-Etau</p> <p>-Taraud <math>\emptyset 8</math></p>	



**Fig.II.17 : Les Bagues de guidage**

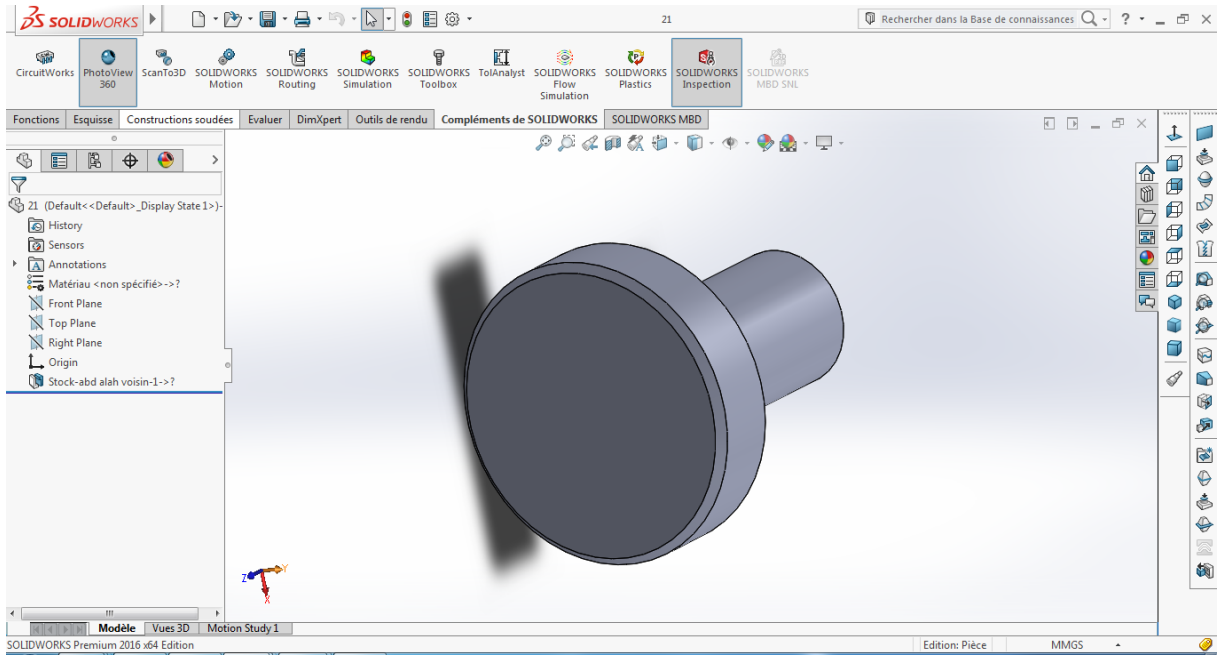


**Fig.II.18 : Les Bagues de guidage**

**PIECE 09 : Les cales**

**Tableau.II.09 : Gamme d'usinage des cales**

Gamme d'usinage	Pièces : Les cales		Bureau de méthode
	Matière : 42 CD 4		
	Nombre : 6		
N° de phase	Les désignations des phases, sous phases et opérations	Poste de travail. Appareillage. Outils coupants Vérification	Croquis de la pièce
10	Traçage Balançage	Poste de traçage Outillage classique du traceur	
20	<p>Tournage :</p> <p>Référentiel défini par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>.Appui 1, 2, 3</li> <li>.Centrage court 4, 5</li> <li>.Serrage S</li> <li>.Surface (A) :</li> </ul> <p>1) Dressage (1) en ébauche  <math>Cf_3 = 23^{\pm 0.1}</math></p> <p>2) Chariotage et dressage (2) et (3)  <math>Cf_2 = 8^{\pm 0.05}</math>  <math>Cf_1 = 16^{\pm 0.1}</math></p> <p>Chanfrein de 1 mm</p>	Tour parallèle comparateur outil couteau	
30	<p>-Tournage :</p> <p>Référentiel défini par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>.Appui 1, 2, 3</li> <li>.Centrage 4, 5</li> <li>.Serrage S<sub>2</sub></li> </ul> <p>-Surface (B) :</p> <p>Chariotage et dressage (5) et (6)  <math>Cf_4 = 5^{\pm 0.1}</math>  <math>Cf_5 = 18^{\pm 0.1}</math></p> <p>Chanfrein de 1mm</p>	Tour parallèle outil couteau	



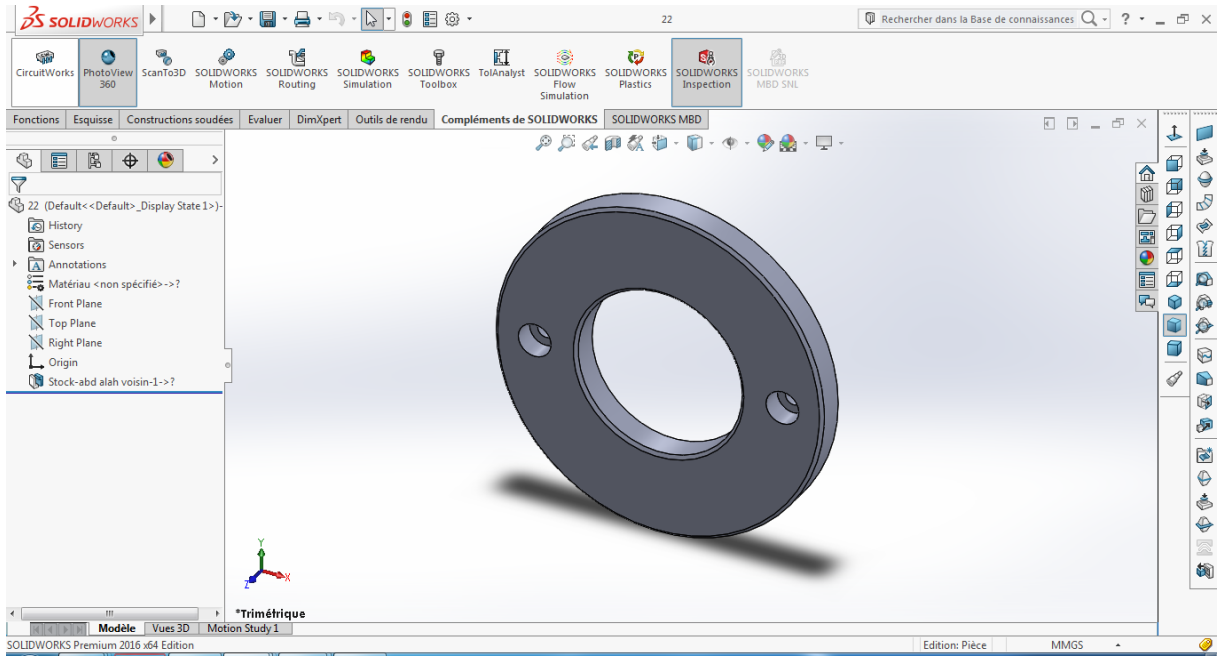
**Fig.II.19 : Les cales**

**PIECE 10 : Bague de centrage**

**Tableau.II.10 : Gamme d'usinage d'un Bague de centrage**

Gamme d'usinage	Pièces : Bague de centrage		Bureau de méthode
	Matière : 42 CD 4		
	Nombre : 1		
N° de phase	Les désignations des phases, sous phases et opérations	Poste de travail. Appareillage. Outils coupants Vérification	Croquis de la pièce
10	-Traçage -Balançage	-Poste de traçage  -Outillage classique du traceur	





**Fig.II.20 : Bague de centrage**

## **II.11. Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons défini le logiciel CAO et expliqué les différentes utilisations et ses avantages dans notre projet.

Ensuite à l'aide de SolidWorks on a fait la modélisation de chaque pièce du moule pour l'assemblage des pièces après on a déterminé la gamme d'usinage et le mis en plan des pièces réalisées à l'atelier et pour les autres pièces nous avons achetées.

**Chapitre III :**  
**Procédé de production**  
**par injection**  
**thermoplastique.**



### **III.1.Introduction**

Le moulage par injection est un procédé de transformation de matières thermo-formables, comme les matières plastiques, les élastomères (caoutchoucs), et les métaux et alliages à point de fusion relativement bas comme l'aluminium, le zinc ou le laiton.

Le moulage par injection permet la fabrication de pièces en grande ou très grande série.

La matière est ramollie, puis injectée dans des moules installés sur une machine spéciale (presse), et composés de deux coquilles (partie fixe et partie mobile). La matière est ensuite refroidie puis la pièce est éjectée du moule.

On rencontre des composants moulés par injection dans de très nombreux produits manufacturés : automobile, électroménager, matériel informatique, mobilier, etc. Pour les pièces métalliques, les dimensions sont relativement limitées, mais pour les plastiques, elles vont de quelques millimètres à plusieurs mètres (éléments de carrosseries automobiles, tables de jardin, par exemple).

Ce chapitre comporte 3 parties. Généralité sur Les matières plastiques (partie A), présentation du procédé d'injection plastique (partie B), la pièce injecté (partie C).

### **III.A. Généralité sur Les matières plastiques**

#### **III.1. Définitions**

C'est un mélange d'un ou plusieurs polymères avec des additifs et des adjuvants (les polymères purs ne sont pas utilisés). Une multitude d'additifs et d'adjuvants sont incorporés dans les polymères pour améliorer les caractéristiques et pour faciliter la fabrication des matériaux plastiques.

##### **III.1.1. Monomères**

Ce sont des unités chimiques de base (des molécules) des matières plastiques. Ils sont construits autour des atomes de carbones (d'hydrogène, d'oxygène, d'azote, de chlore, de silice). Exemple : le monomère d'éthylène  $C_2H_4$ .

##### **III.1.2. Polymères**

Sous l'action de la pression, la température de catalyseur, les monomères se regroupent entre eux pour former de longues chaînes appelées polymère ou macromolécule. Un polymère peut contenir plusieurs centaines à plusieurs millions de monomères. On peut citer en exemples : le polystyrène, le polyéthylène...

### **III.2. Différents types de matières plastiques**

#### **III.2.1. Les thermoplastiques (TP)**

Les matières plastiques à macromolécules ramifiées mais non réticulées, peuvent être mis en forme de façon réversible.

Le nombre de branchements ou de ramification entre les macromolécules est faible, celle-ci reste linéaire et séparées après mise en forme. La structure obtenue reste très serrée semi cristalline, bien organisée et proche de celle des métaux. Le recyclage est possible.

### III.2.2. Les thermodurcissables (TD)

Les matières plastiques à macromolécule formées en raison de maille serrée sont mises en forme de façon irréversible (formation d'un réseau tridimensionnelle au cours de la polymérisation) dans la mesure où les branchements se font de manière aléatoire pour former des ponts, le matériau obtenu est amorphe ou désorganisé. Le recyclage est impossible.

**Exemple :** Phénoplastes (Bakélite) ; Polyester

### III.2.3. Les élastomères

Les matières plastiques à macromolécules en trois dimensions, réticulées, ne peuvent pas être mis en forme de façon réversible. Le recyclage est impossible.

**Exemple :** Silicones ; Polychlorobutadiene (Néoprène).

### III.3. Quelques matériaux plastiques

. Les matières le plus souvent employées sont :

**Tableau .III.01 : Les matières le plus souvent employées**

<b>Polymères</b>	<b>Date de première production</b>	<b>Applications</b>
PS (Polystyrène)	1933 : mise en production en Allemagne par le docteur Wolff	Isolant pour poste TSF, stylos, capsules pour tubes, éléments de masques à gaz...
PE (Phénol – Formol)	1939 : première usine en Allemagne, production de quelques centaines de tonnes par an.	Isolation des câbles à haute Fréquence des radars. En 1944 premier tube pour canalisation d'eau en Grande Bretagne.
PVC (Polychlorure de vinyle)	1935 : première production à Ludwigshafen (Allemagne)	Isolation des câbles aux Etats-Unis
PP (Poly Propylène)	1956 : Hoechst met en service le premier pilote de production du PP en Allemagne	En 1962 il est utilisé comme ficelle et film agricole en France. En 1963 production des premières pièces injectées (bouchons, peignés,...)
PUR(Polyuréthane)	1940 : mise en production en Allemagne.	Isolation des sous-marins et avions de combats.

## III.B. Présentation du procédé d'injection plastique

### III.1. Définition du procédé

Le procédé d'injection est le procédé de transformation des plastiques le plus répandu après l'extrusion. L'injection est un procédé de mise en œuvre des thermoplastiques, il consiste à ramollir le plastique généralement en granulés introduit dans la presse et à l'injecter sous forte pression à travers une buse dans l'empreinte d'un moule. La pièce produite est généralement terminée et utilisable aussitôt.

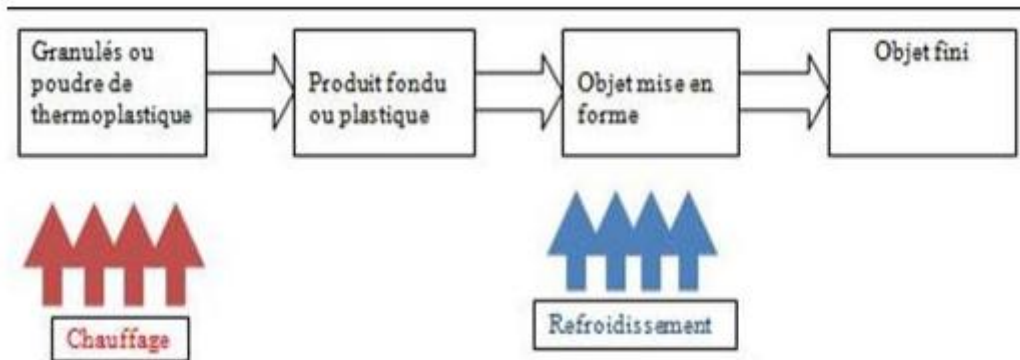


Fig.III.01 : Les différentes étapes d'injection

### III.2. Principe du procédé

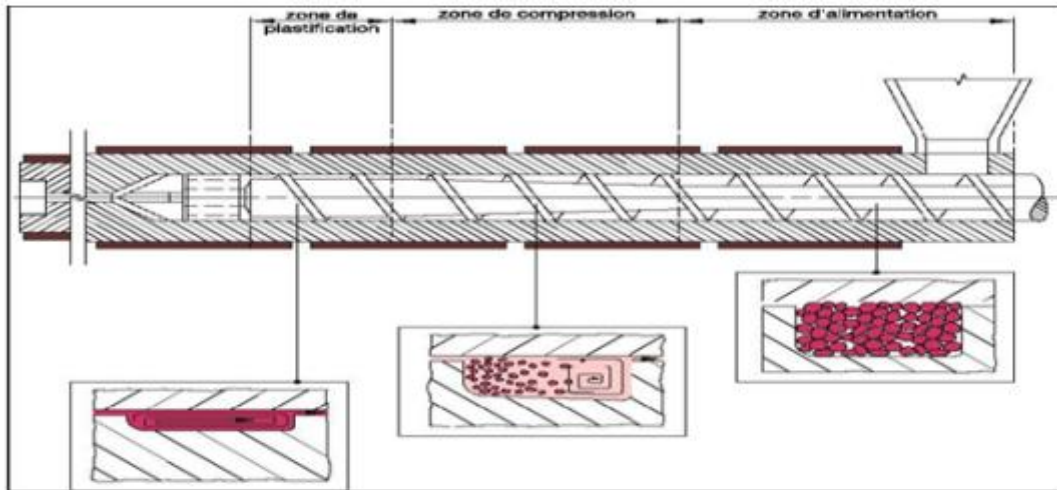
#### III.2.1. Phase de plastification

La phase de plastification a pour objectif de faire fondre le volume de matière nécessaire à l'injection de la pièce et de l'amener à la température d'injection.

Température : On vise une température matière de l'ordre de 280 °C. Le profil de température doit être régulièrement croissant de la trémie à la buse avec 260 °C à la zone d'alimentation.

Vitesse de rotation de la vis : La vitesse de rotation de la vis doit être telle que la vitesse périphérique soit comprise entre 3 et 10 m/min.

Contre pression : la contre-pression sur la vis doit être faible et peut être nulle (pression hydraulique entre 0 et 10 bars).



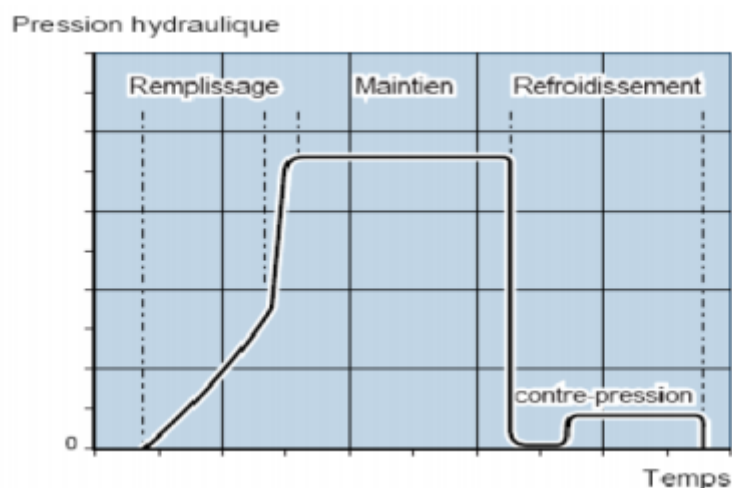
**Fig.III.02 : Phase de plastification**

### **III.2.2. La phase d'injection**

Les qualités et l'aspect de surface dépendent fortement de la phase de remplissage de la cavité. Pour assurer un remplissage complet de l'empreinte et obtenir des pièces uniformes, la pression et la vitesse d'injection doivent être aussi élevées que possible sans produire de dégradations ou de phénomènes de brûlures par effet Diesel, ni provoquer d'écoulement nuisible au fini de surface de la pièce.

### **III.2.3. Phase de maintien**

La phase de maintien, qui suit l'injection, termine le remplissage de la pièce et compense ensuite la diminution de volume spécifique (causée par une diminution de la température ainsi que de la cristallisation) par un apport de matière: le débit est faible mais la pression est élevée. La précision des côtes, la stabilité dimensionnelle ainsi que l'aspect de surface sont influencés par la valeur de la pression de maintien. Il est recommandé, en fonction des tolérances souhaitées, l'application d'une pression matière comprise entre 300 et 1500 bars.



**Fig.III.03 : Pression hydraulique au cours du cycle de moulage en fonction du temps**

### **III.2.4. Phase de refroidissement**

Pendant le cycle d'injection de la matière plastique, pour remplir convenablement l'empreinte, la matière doit rester fluide. La température de la matière plastique doit rester stable de la sortie de la buse de la presse jusqu'à l'empreinte du moule.

Après l'injection, la matière plastique mise en forme dans l'empreinte du moule à chaud, ne peut être démoulée avant que la pièce conformée dans l'empreinte ne soit suffisamment rigide, pour résister aux efforts d'éjection, il faut procéder au refroidissement des zones qui entourent l'empreinte.

### **III.2.5. Phase d'éjection**

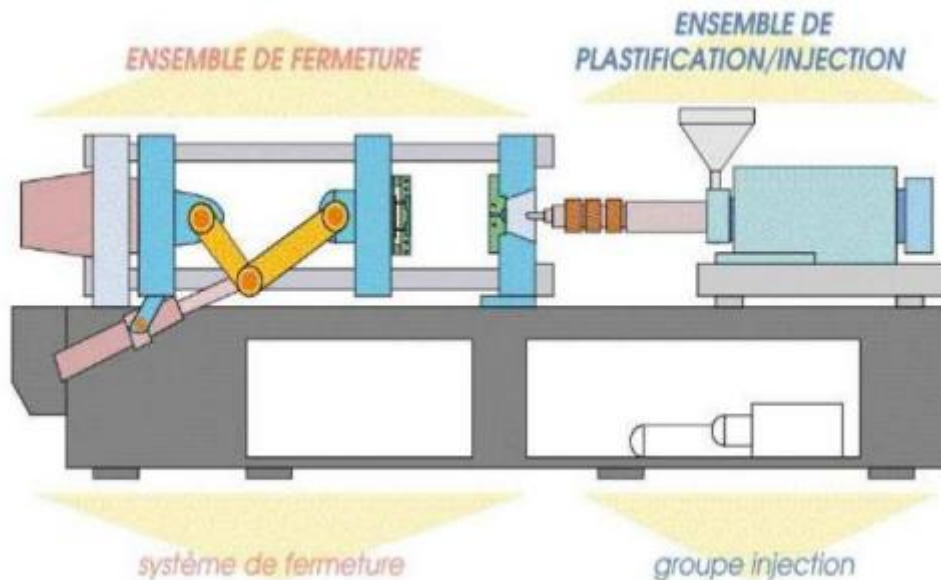
L'éjection des pièces après refroidissement et ouverture du moule doit être facilement réalisée, sans rupture de la pièce ou déformation permanente avant le refroidissement défini.

## **III.3. La presse d'injection**

### **III.3.1. Description d'une presse**

Une presse à injecter se compose de deux parties :

- Unité de fermeture
- Unité d'injection



**Fig.III.04 : Presse à injection**

## Unité d'injection



**Fig.III.05 : Unité d'injection**

Ce dispositif remplit les 2 fonctions de plastification et d'injection de matière plastique, en un seul mécanisme.

Les fonctions principales de l'unité d'injection sont :

- Injection
- Maintien
- Dosage

LE VOLUME INJECTABLE S'EXPRIME EN CM<sup>3</sup>

## Unité de fermeture



**Fig.III.06 : Unité de fermeture**

Ce dispositif de manœuvre des plateaux porte moule doit assurer l'ouverture, la fermeture et le verrouillage du moule avec une force suffisante pour s'opposer à l'ouverture du moule pendant l'injection.

Les fonctions principales de l'unité de fermeture sont :

- Fermeture
- Verrouillage
- Déverrouillage
- Ouverture
- Ejection

LA FORCE DE FERMETURE S'EXPRIME EN TONNE 1T = 10 kN

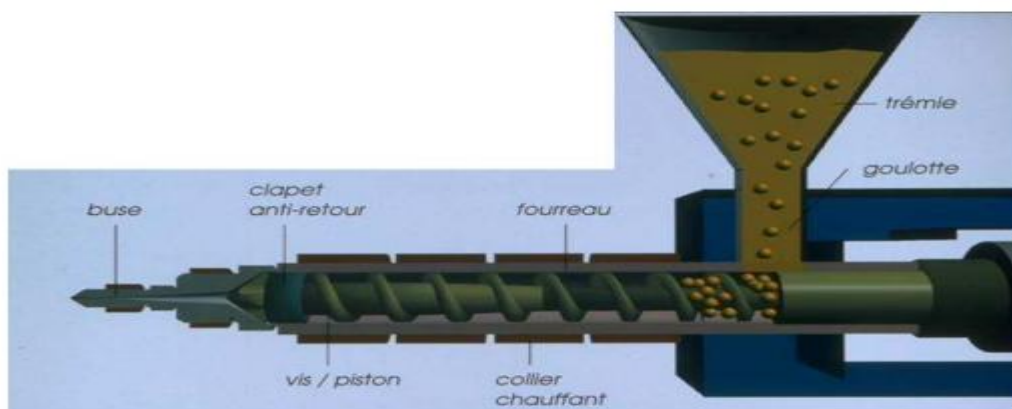
### **III.3.2. Unité d'Injection : Groupe de plastification**

L'unité d'injection principale est constituée des ensembles suivants : la force de fermeture commandée par un vérin hydraulique et une genouillère de fermeture, le fourreau (cylindre de plastification), un clapet anti-retour, un support mobile, la buse d'injection et d'une vis de plastification et de dosage de la matière plastique.



**Fig.III.07 : Unité d'injection principale**

### **Composition :**



**Fig.III.08 : Composition de l'unité d'injection**

## La vis d'injection

C'est l'élément le plus important de la presse à injecter.

Le but étant de plastifier une matière sans lui faire perdre ses caractéristiques au moment du passage en fusion. La vis par la variation de sa forme remplit trois fonctions importantes :

- A. Une zone d'alimentation
- B. Une zone de travail généralement conique (compression)
- C. Une zone d'homogénéisation ou de pompage généralement cylindrique

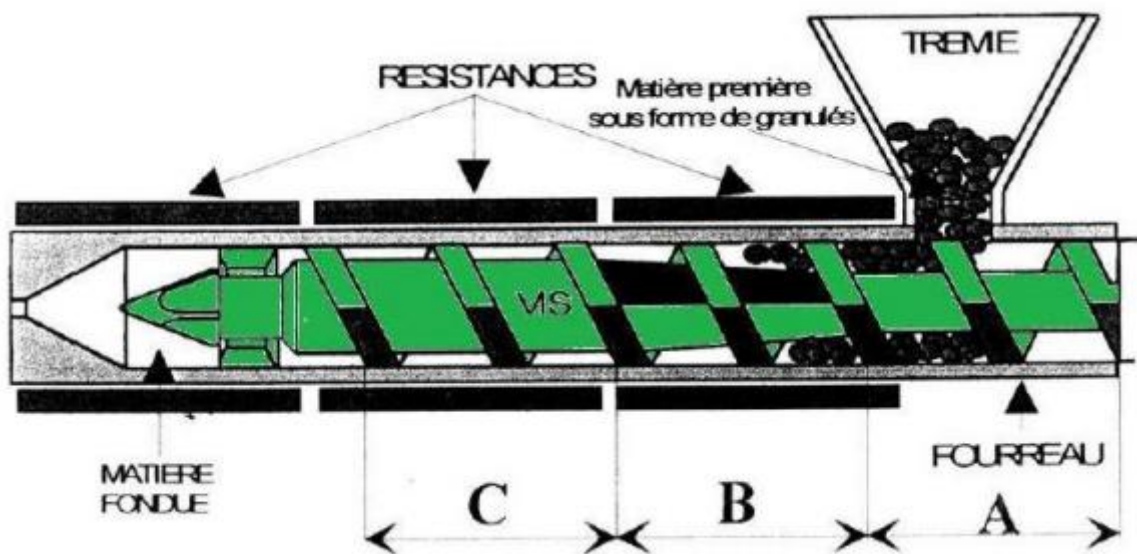


Fig.III.09 : Vis d'injection

## La buse

La buse (ou le nez), situé à l'extrémité du fourreau, assure le contact avec le moule. Il doit être chauffé de façon à pouvoir compenser les déperditions calorifiques vers le moule, plus froid. Tous les types de buse à obturateur peuvent être utilisés. Les systèmes à aiguille avec fermeture à ressort sont préférables pour leur bonne étanchéité et l'absence de zones de stagnation.

## Clapet anti-retour

### Rôle :

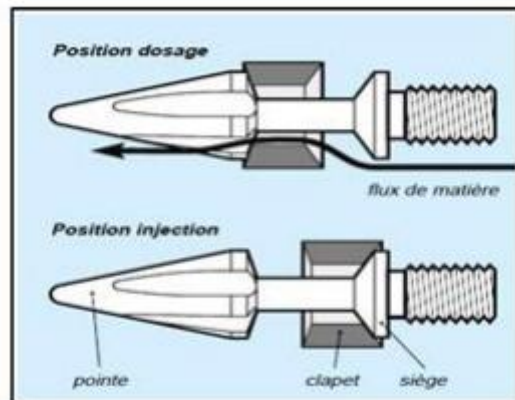
Lors de l'injection, le clapet anti-retour de la vis de plastification empêche le reflux de matière le long de la vis. L'étanchéité du clapet est indispensable à la robustesse du procédé.

### Fonctionnement :

Le clapet comporte trois pièces : Pointe de vis, bague et siège. Durant le dosage, la bague du clapet est repoussée contre la pointe de la vis par l'afflux de matière plastifiée.



Le flux de matière passe à l'intérieur de la bague, puis à travers les rainures de la pointe. Lors de l'injection, la vis de plastification avance et plaque le siège contre la bague. La matière ne peut plus refluer vers l'arrière du clapet.



**Fig.III.10 : Clapet anti-retour**

**Fourreau** : Le fourreau est la pièce qui entoure la vis d'injection.

**Collier chauffant** : Ils permettent de chauffer le fourreau.

**Goulotte** : La goulotte a pour rôle de canaliser la matière à un endroit précis, tel un entonnoir.

**Trémie** : La trémie est l'endroit où sont placés les granulés de matière plastique.

### **III.3.3. Unité d'Ouverture – Fermeture**

#### **Force de fermeture**

La force de fermeture est la force nécessaire pour maintenir le moule fermé lors de l'injection. Cette force est calculée par rapport à la pression exercée dans le moule pendant l'injection. Elle doit être supérieure à la pression d'injection. Il est obligatoire d'exercer un verrouillage du moule, sinon lors de l'injection, il se produit une ouverture et du toilage sur les pièces.

$$F_{fer} = P_i \times S_{proj}$$

$F_{fer}$  : Force de fermeture en (N)

$P_i$  : Pression d'injection en (Pa)

$S_{proj}$  : Surface projetée en (mm<sup>2</sup>)

**NB** : La pression de verrouillage doit-être de 20 à 25% supérieure à la pression d'injection.

### III.3.3.1. Différents mécanismes de fermeture

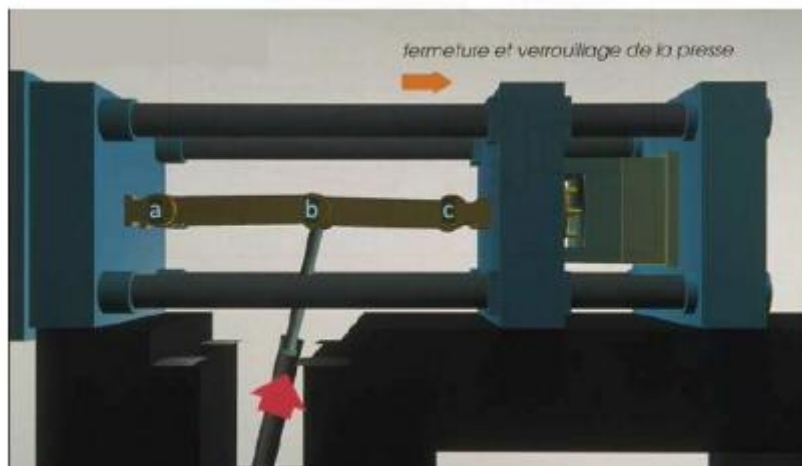
Il existe 3 types de fermetures pour presses à injecter :

1. Mécanique.
2. Hydraulique.
3. Mixte.

#### Fermeture mécanique

La figure ci-dessous nous montre la fermeture du type « à genouillère », constitué de 2 bielles « ab » et « bc », formant un certain angle entre elles en position moule ouvert, et théoriquement alignées lorsque le moule est fermé.

En réalité, le point « b » est amené légèrement en dessous de l'horizontale, pour provoquer l'arc-boutement des bielles, évitant ainsi un risque de déverrouillage de l'outillage en cours de moulage.

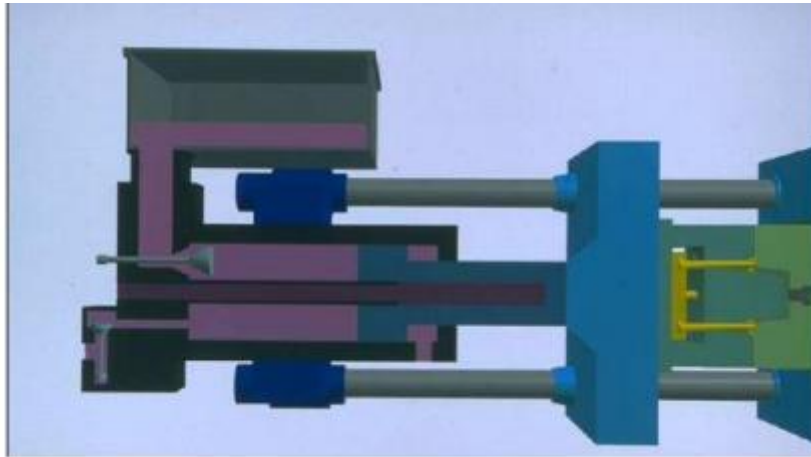


**Fig.III.11 : Fermeture mécanique**

#### Fermeture hydraulique

La fermeture hydraulique directe au moyen d'un vérin à double effet est utilisable surtout sur les petites et moyennes presses, pour ne pas avoir des vérins gigantesques. La fermeture hydraulique pour grosses machines possède un grand volume d'huile dans le vérin de fermeture afin d'en réduire le temps du mouvement.

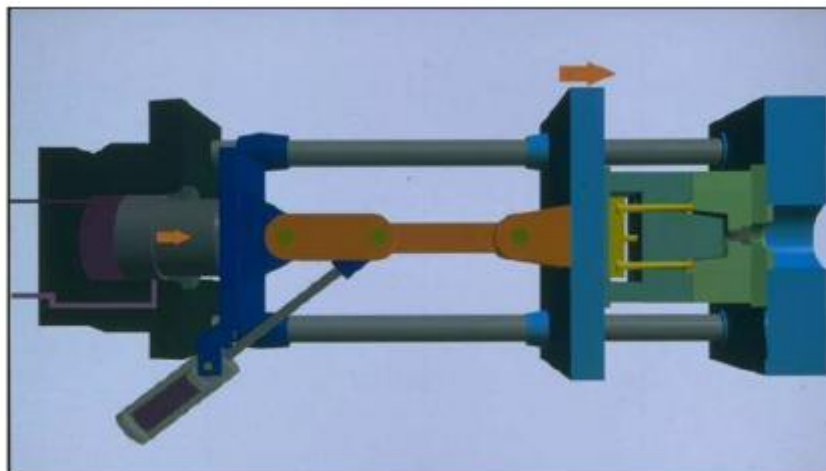
Pour éviter de faire appel à une pompe hydraulique à gros débit et faible pression, on assure alors les mouvements d'ouverture et de fermeture à l'aide de vérins auxiliaires à double effet et de faible diamètre fonctionnant à haute pression.



**Fig.III.12 : Fermeture hydraulique**

### **Fermeture Mixte**

En fait, cette fermeture allie la fermeture mixte et la fermeture hydraulique.



**Fig.III.13 : Fermeture mixte**

### **III.4.Cycle de moulage**

Ce cycle commence toujours par une ouverture du moule et il se déroule de la façon suivante

**Fermeture du moule :** Ce mouvement commence avec une vitesse lente puis rapide, et se termine de nouveau lentement pour éviter le choc entre les plans de joint et pour donner le temps d'agir au système de sécurité.

**Verrouillage du moule :** Une force importante en fonction des critères techniques (matière à injecter, forme des pièces etc.) est appliquée pour maintenir les deux surfaces des parties fixe et mobile en contact,

**Injection de la matière :** C'est la phase de remplissage de(s) (l') empreinte(s) avec la matière plastifiée et le maintien sous pression pour compenser les retraits.

**Refroidissement :** Il a lieu le temps nécessaire pour que le plastique se solidifie dans le moule.

**Ouverture du moule :** Le plastique étant suffisamment refroidi pour pouvoir être démoulé, la partie mobile du moule s'écarte de la partie fixe.

**Ejection de la pièce :** La pièce solidifiée : à l'aide des éjecteurs avec un vérin hydraulique.

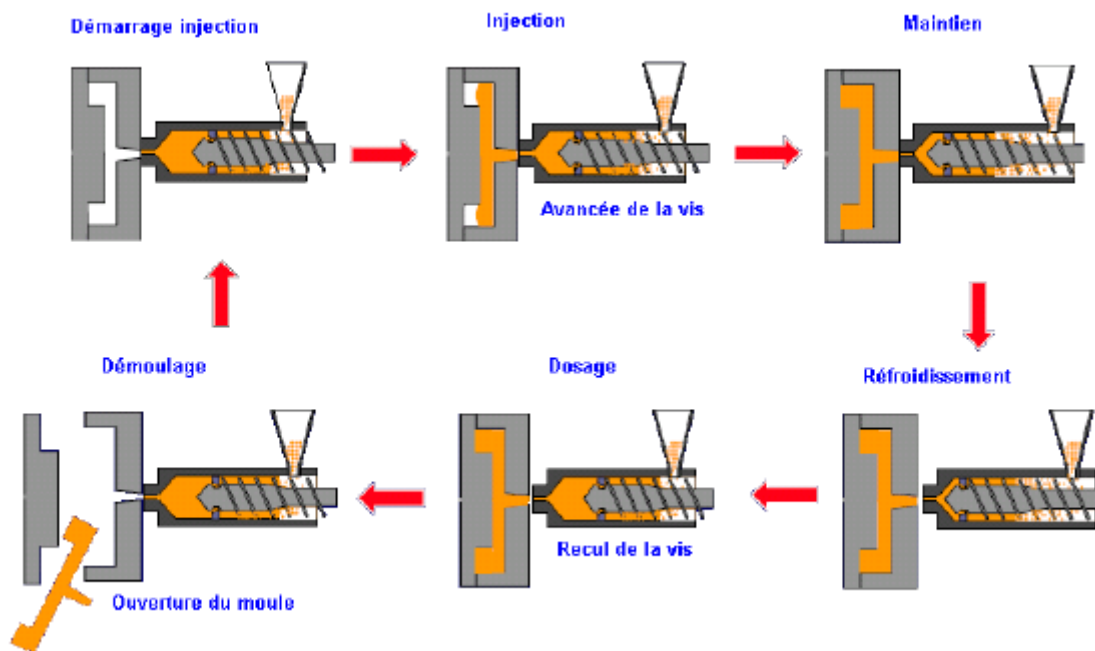


Fig.III.14 : Cycle d'injection

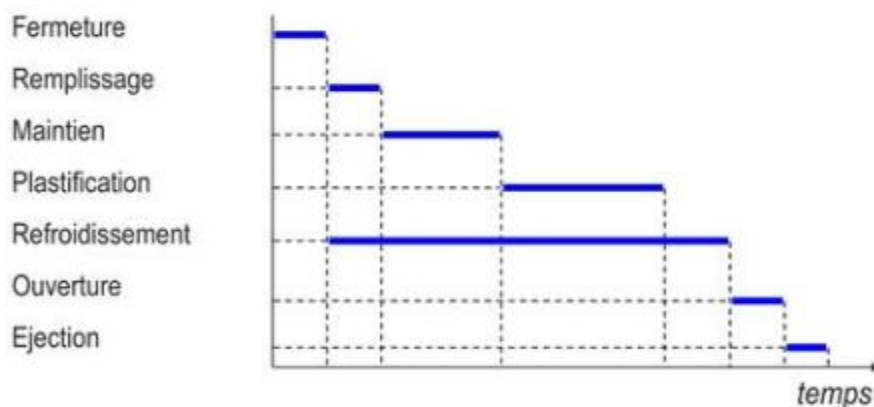


Fig.III.15 : Résumé du cycle d'injection

### **III.5. Temps de cycle**

$$t_c = t_{ref} + t_{rem} + t_{am} \text{ et } t_{am} = t_o + t_{fer} + t_{ej} + t_{op}$$

$t_c$  Temps de cycle de moulage

$t_{ref}$  Temps de refroidissement

$t_{rem}$  Temps de remplissage

$t_{am}$  Temps annexe

$t_o$  Temps d'ouverture du moule

$t_{fer}$  Temps de fermeture du moule

$t_{ej}$  Temps d'éjection de la pièce

$t_{op}$  Temps d'intervention de l'opérateur

### **III.6. Le temps de remplissage**

Le temps de remplissage est le rapport entre le volume à injecter et le débit d'injection de la machine :

$$t_{rem} = \frac{V_i}{Q_i}$$

$V_i$  : volume à injecter ( $\text{mm}^3$ )

$Q_i$  : débit d'injection de la machine (dépend de la matière) en ( $\text{mm}^3/\text{s}$ )

### **III.7. Le temps de refroidissement**

Le temps de refroidissement est le temps le plus long du cycle de moulage à cet effet il est indispensable de prévoir un système de refroidissement efficace pour minimiser le temps de cycle.

#### **III.7.1. Méthode thermodynamique**

Selon le principe de la thermodynamique et d'échange thermique on admet le résultat suivant:

**Géométrie d'une plaque :**

$$t_{ref} = \frac{e^2}{\pi \times a} \ln \left[ \frac{8}{\pi^2} \left( \frac{T_i - T_m}{T_e - T_m} \right) \right]$$

e: épaisseur de la plaque (mm)

a: coefficient thermique de la pièce (mm<sup>2</sup>/s)

Ti: température d'injection de la matière (°C)

Tm: température du moule (°C)

Te: température d'éjection (de démoulage) (°C)

**Géométrie d'un cylindre :**

$$t_{\text{ref}} = \frac{R^2}{5.78 \times a} \ln \left[ 0.68 \left( \frac{T_i - T_m}{T_e - T_m} \right) \right]$$

R : rayon du cylindre (mm)

a: coefficient thermique (mm<sup>2</sup>/s)

Ti: température d'injection de la matière (°C)

Tm: température du moule (°C)

Te: température d'éjection (de démoulage) (°C)

### **III.C. La Pièce (bouton de commande)**

#### **III.1. Définition**

Le bouton de commande rotatif dont la taille et la version correspondent le mieux à vos exigences particulières. Selon l'usage prévu, les boutons de commande peuvent être fabriqués soit en matière thermoplastique, soit en matière thermodurcissable (Duroplast) à résistance thermique plus élevée.



**Fig.III.16 : bouton de commande**

## **III.2. Définition la matière**

### **III.2.1.Polypropylène (PP)**

Le polypropylène (ou polypropène) iso tactique, de sigle PP (ou PPI) et de formule chimique  $(-CH_2-CH(CH_3)-)_n$ , est un polymère thermoplastique semi-cristallin de grande consommation.

### **III.2.2.Propriétés physiques**

- Module de Young : 1,1 à 1,6 GPa
- Retrait : 1 à 2,5 %

Le polypropylène de grade « injection » est très facilement recyclable ; le PP de grade « Film » est au contraire beaucoup plus délicat à recycler, surtout s'il est imprimé.

Pour augmenter ses propriétés mécaniques, il est courant qu'il soit chargé en fibre de verre, à hauteur de 10 à 30 % en général.

### **III.2.3. Les usages du polypropylène**

Le polypropylène d'intérêt industriel est essentiellement isotactique. Il peut être moulé ou extrudé pour fabriquer des objets. En plus d'être bon marché, alimentaire, indéchirable, chimiquement inerte, stérilisable et recyclable, ce sont alors ses qualités de dureté, de flexibilité, de poids et de tenue thermique qui sont les plus recherchées. Le polypropylène peut aussi être filé pour servir à fabriquer des textiles, essentiellement industriels ou de ménage (combinaisons de peinture, masques chirurgicaux, etc.). Ainsi, on trouve des pièces en polypropylène dans nos voitures : pare-chocs, tableaux de bord, etc. Résistant aux graisses, ce matériau est également intéressant pour l'industrie de l'emballage alimentaire. Il peut par exemple avantageusement contenir du beurre. On en trouve aussi au cœur de la vaisselle qui résiste au lave-vaisselle ou au four à micro-ondes.

## **III.3. La presse utilisée**

Nom de la machine : DK CODIM 90g max



**Fig.III.17 : La presse utilisée**



### III.3.1. les problèmes rencontrés et la solution

- La bavure.

**Solution** : Rectification des cassettes (mâle et femelle).

- La carotte : Un attachement de la carotte au niveau de la buse coté femelle

**Solution** : Rectification intérieur de la buse



**Fig.III.18 : La Bavure**





### **III.2. Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons défini en générale la matière plastique dans la premier partie A, après dans la partie B on a expliqué le principe de procédé de l'injection plastique et décrit la presse de injection, ensuite dans la partie C on a présenté la pièce injectée et les problèmes qu'on a rencontré à l'injection de la pièce.

## **Conclusion générale**

Dans Le domaine des industries, le monde recherche toujours le meilleur produit avec le moindre cout c.-à-d. augmenter la production, minimiser le cout avec une grand fiabilité. Par conséquent dans le domaine du cette règle s'applique aussi comme tous les autres industries.

Au cours de ce travail, nous avons fait la conception et la réalisation du moule d'injection thermoplastique et on a fait l'essai du moule pour la production des pièces injectées.

La conception des pièces du moule a été réalisée à l'aide du logiciel puissant «SOLIDWORKS», qui nous permet de dessiner les pièces en 3D et réalise leurs assemblage

A la réalisation des pièces on a utilisé l'usinage conventionnel (tournage, fraisage, perçage ...) et dans l'usinage non conventionnel on a utilisé le procédé d'électroérosion qui nous permet d'usiné les pièces complexe du moule par amélioration de précision comme la réalisation des empreintes du moule. Après essais d'injection de notre pièce (Bouton de commande) nous avons conclu que les défauts étaient définis comme la bavure, on voie qu'Ilya un attachement de la carotte au niveau de la buse coté femelle, Apres la rectification de les défauts était éliminé.

Notre étude doit être poursuivie par d'autre étude comparative entre notre procédé électroérosion et procédé comme l'usinage avec précision.

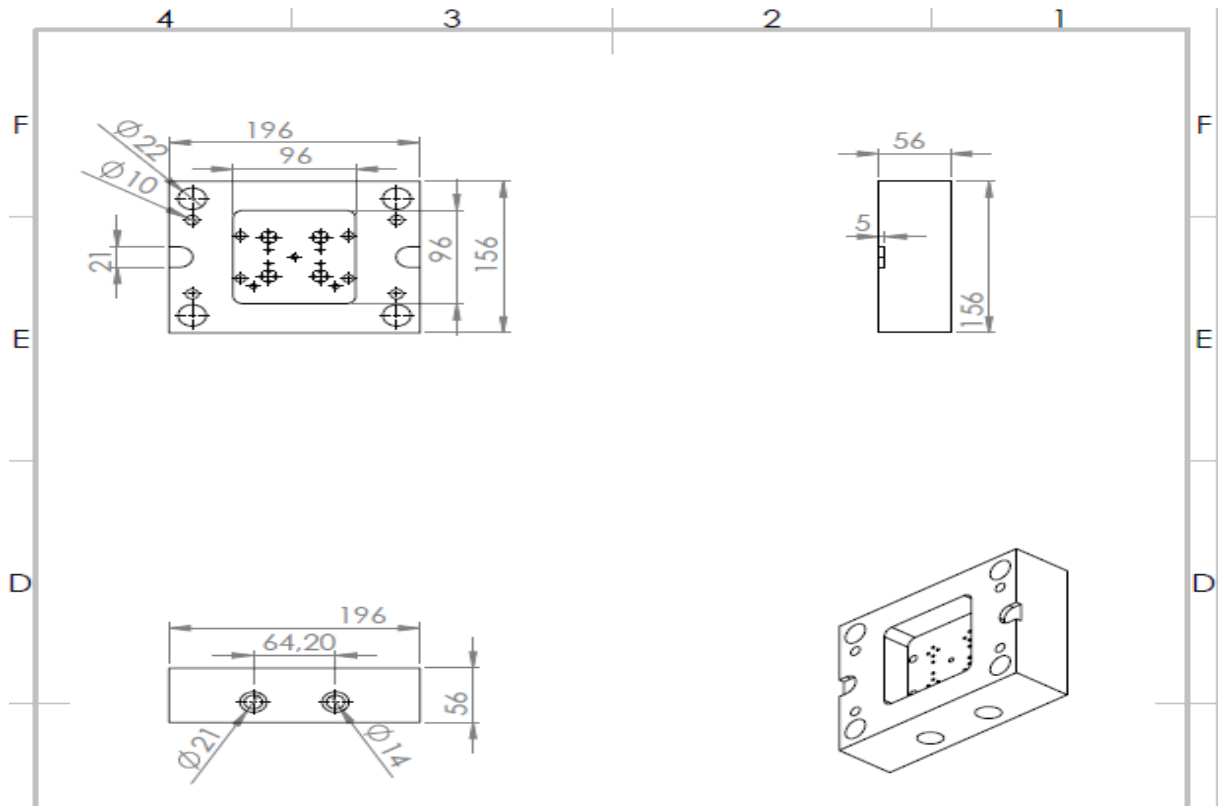
La production mentionnée dans notre travail assure la précession d'usinage et la réalisation.

## **Bibliographie**

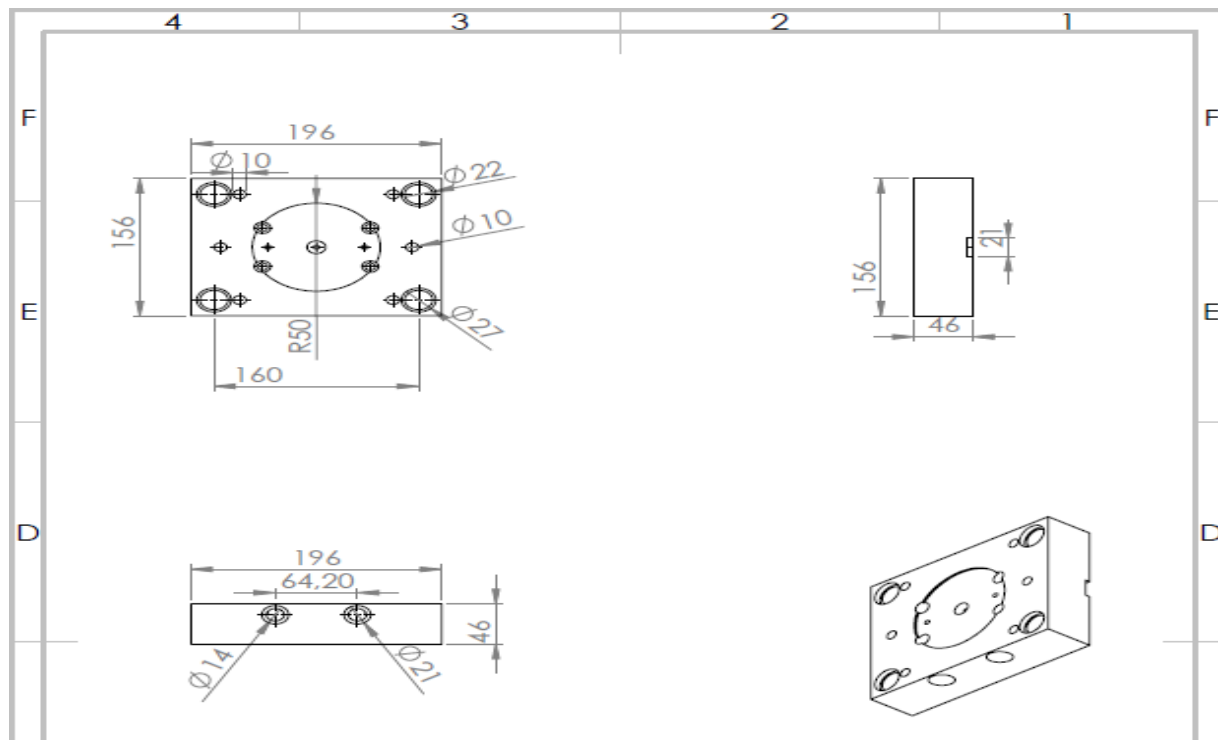
- [1] AURIOL L., FERNANDEZ A., GRIVOT C., 1992 (Usinage par électroérosion de la céramique technique kersit 601) projet de fin d'étude ENSAM, PRD N° 92-50
- [2] CENTIM-ENIMS, 1980 (Guide de l'usinage par électroérosion et électrochimie), publications de CENTIM.
- [3] MARTY C., LARACINE M., 1978, (Principes Fondamentaux de l'usinage par électroérosion. Première partie) Matériaux et Techniques, Juillet-Aout.
- [4] Patrick GILLET 1994(Conception assistée par ordinateur (CAO), Techniques de l'ingénieur,)
- [5] HEDDAR Djamel Eddine: « ETUDE ET CONCEPTION A L'AIDE DE L'OUTIL CAO D'UN MOULE A INJECTION PLASTIQUE » mémoire de magister, département de mécanique, université de Biskra, 2014.
- [6] Laszlo MUZSNAY, Doc (A 3690) (Technique de l'ingénieur : «Injection des thermoplastiques : les presses»)
- [7] Michel CHATAIN et Alexandre DOBRACZYNSKI, Doc (A3680) (Technique de l'ingénieur : «Injection des thermoplastiques : Les moules»)
- [8] Thomas MUNCH Doc (AM3671) (Technique de l'ingénieur : Presses à injecter. Fonctions et solutions constructives)

**ANNEXE**

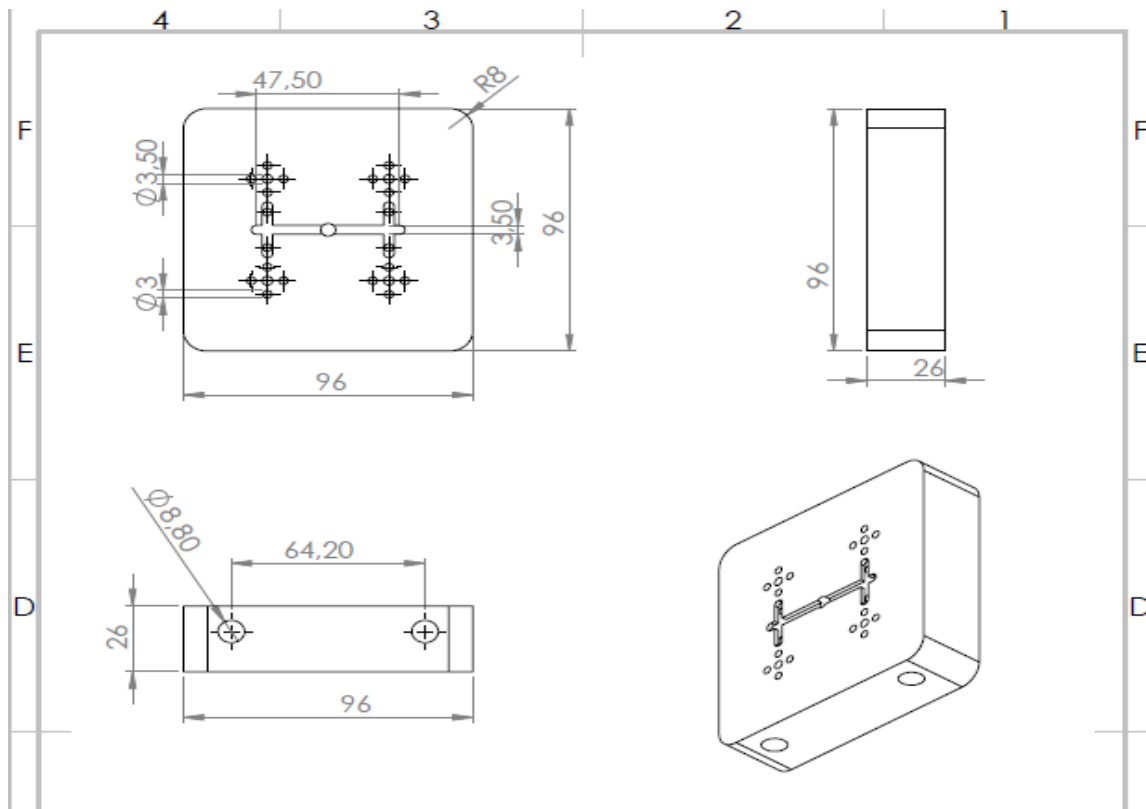
**Chapitre II :**



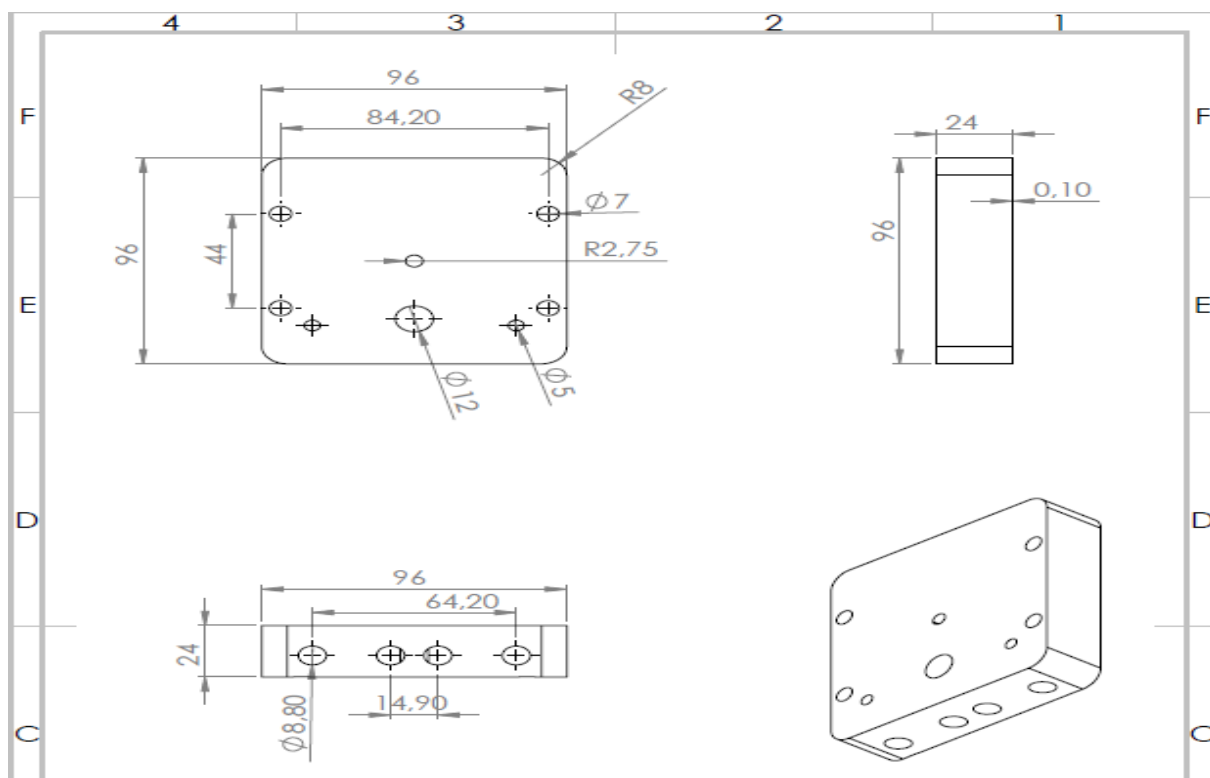
**Mise en plan de Bloc de cassette (coté mal)**



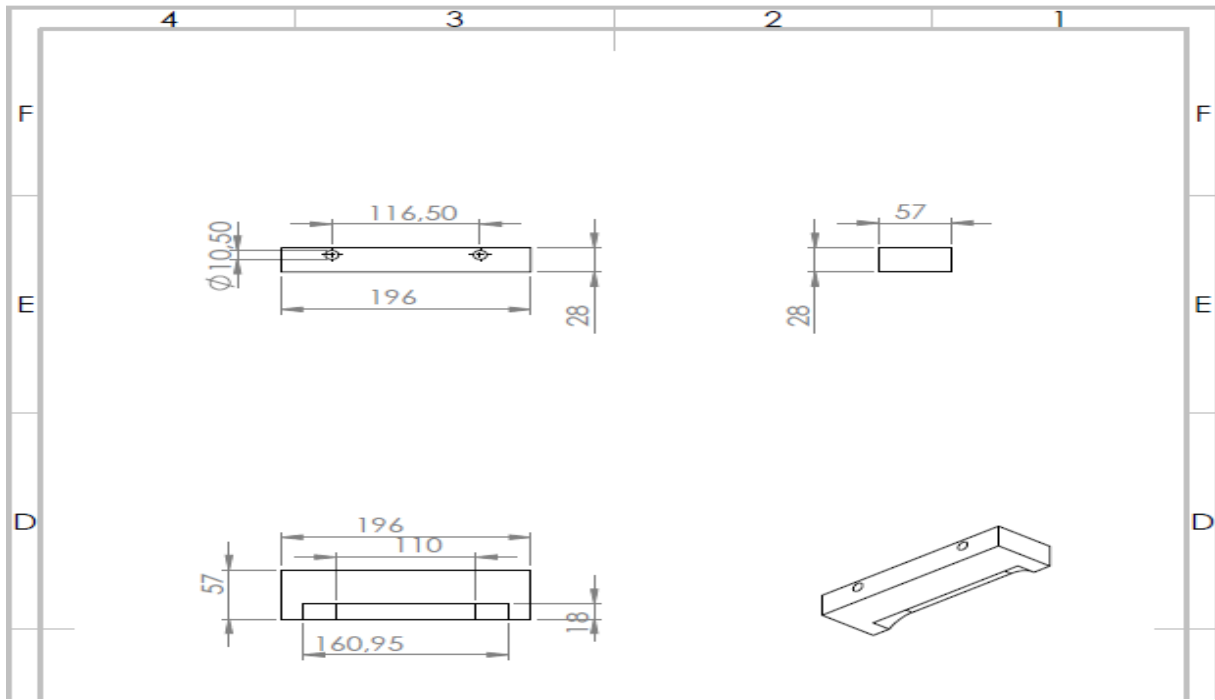
**Mis en plan de Bloc de cassette (coté femelle)**



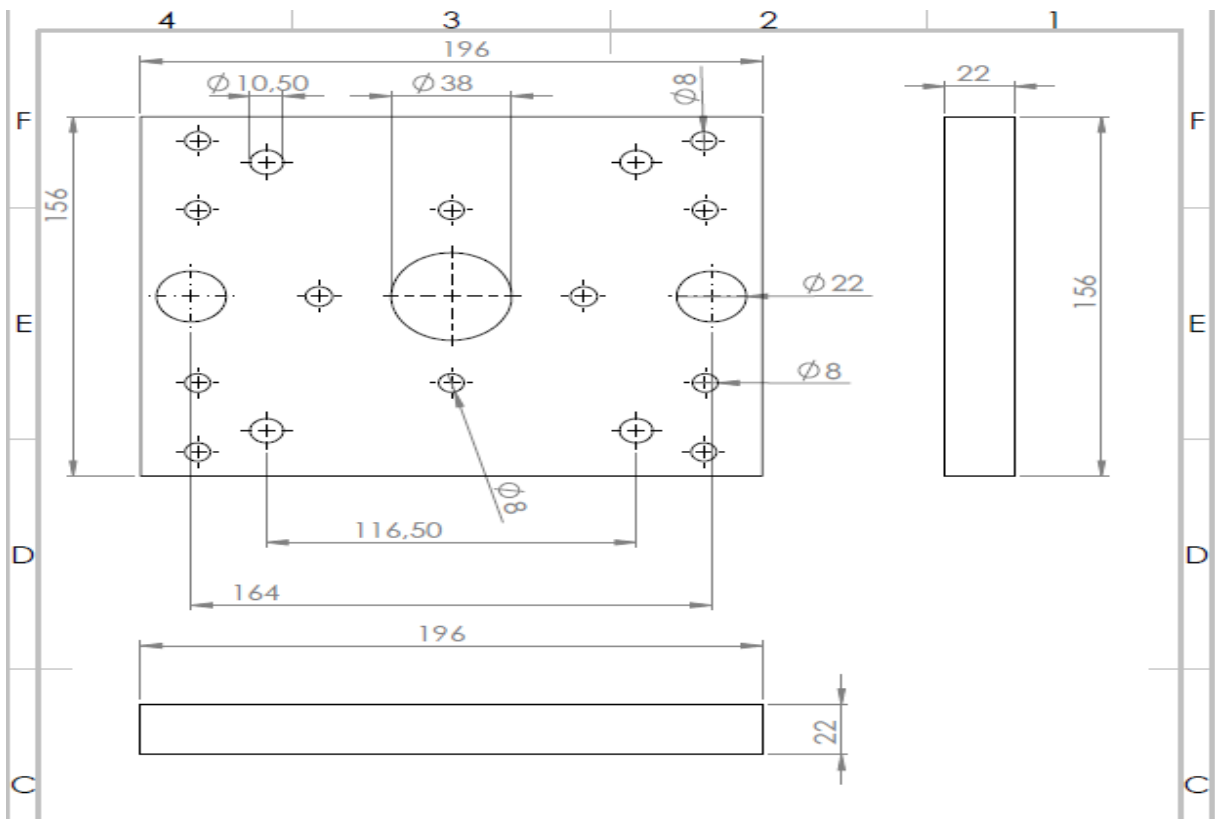
Mis en plan de Cassette coté (mal)



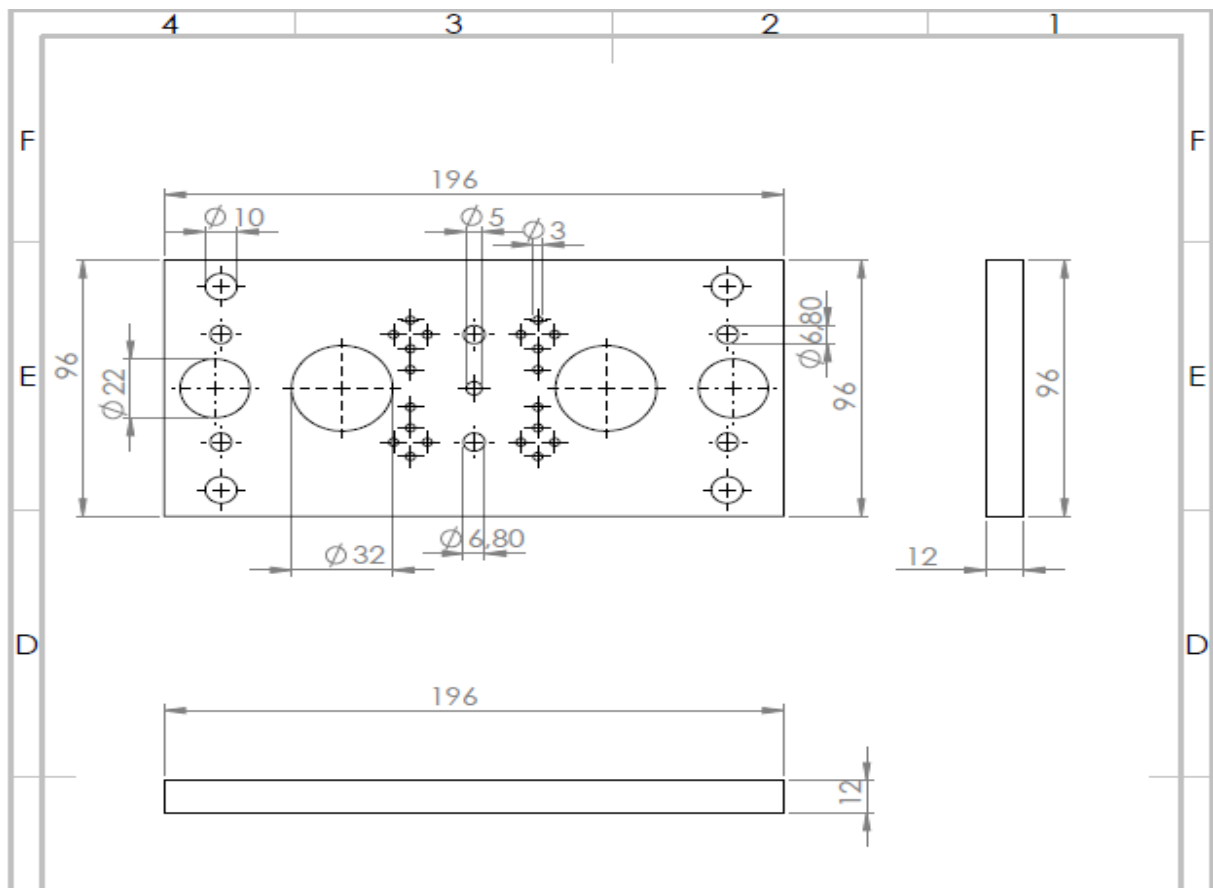
Mis en plan Cassette coté (femelle)



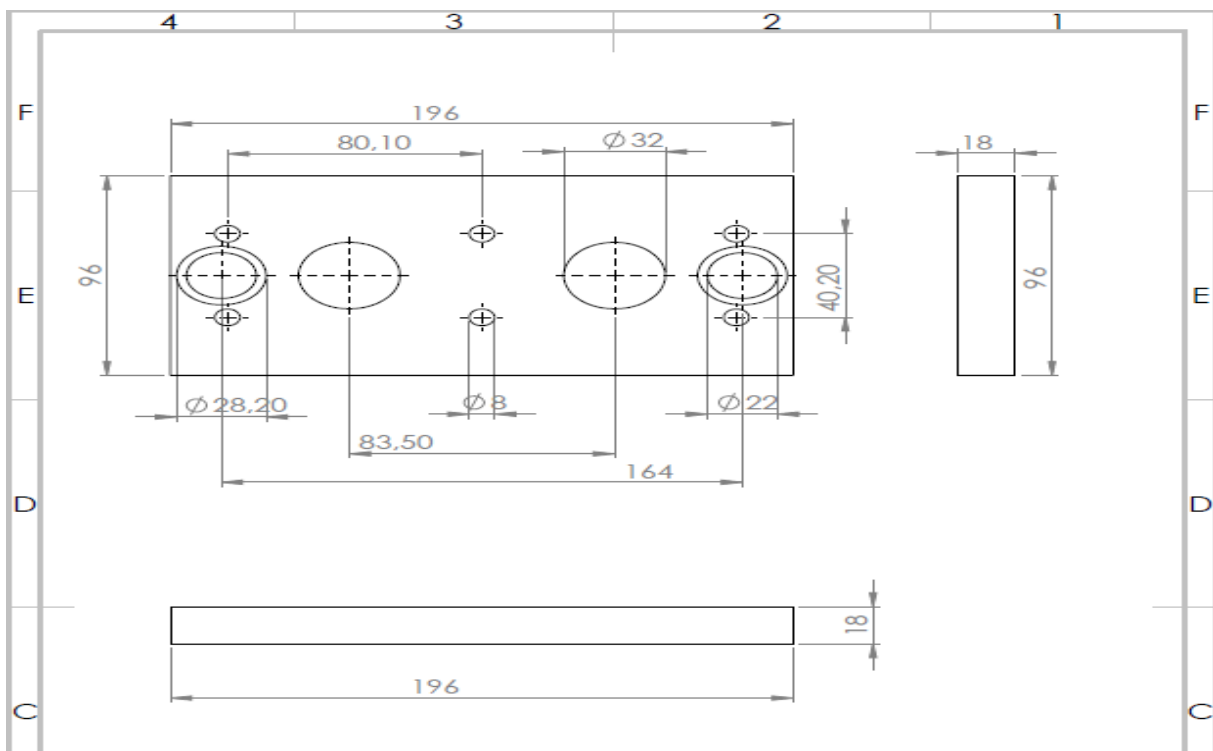
**Mis en plan des Tasseaux**



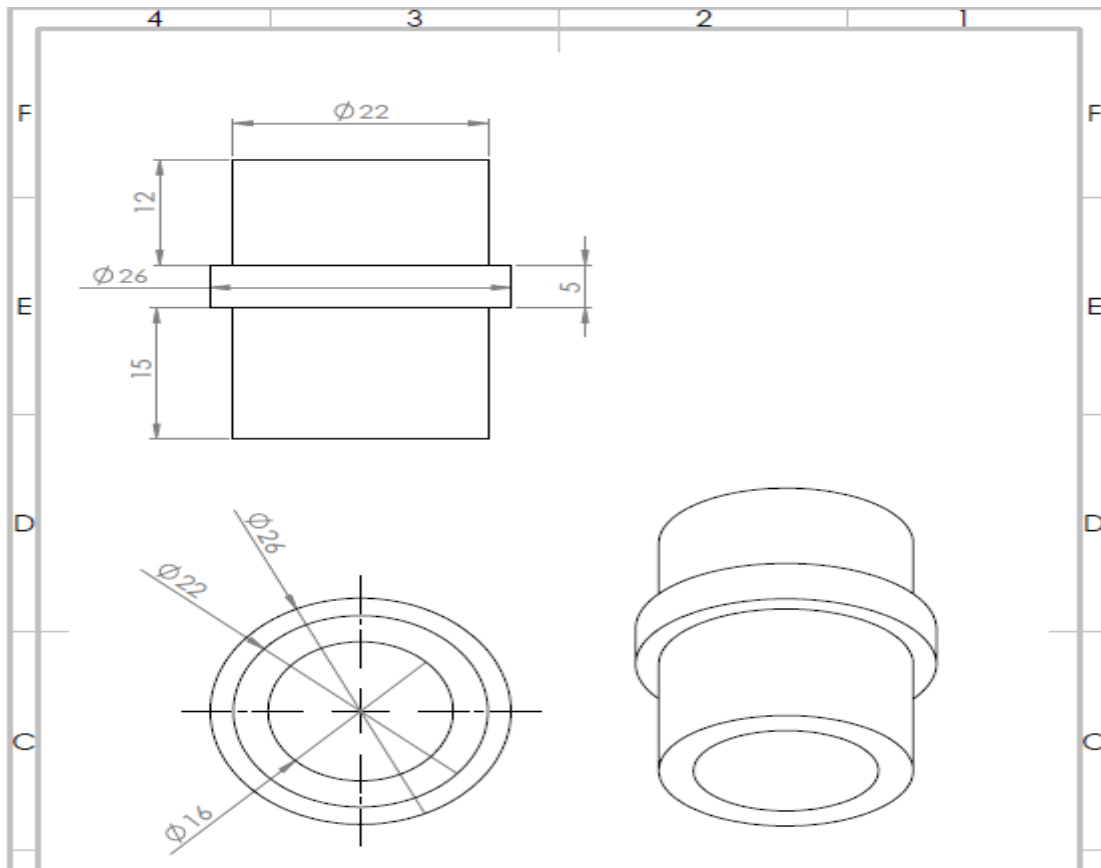
**Mis en plan de La Semelle**



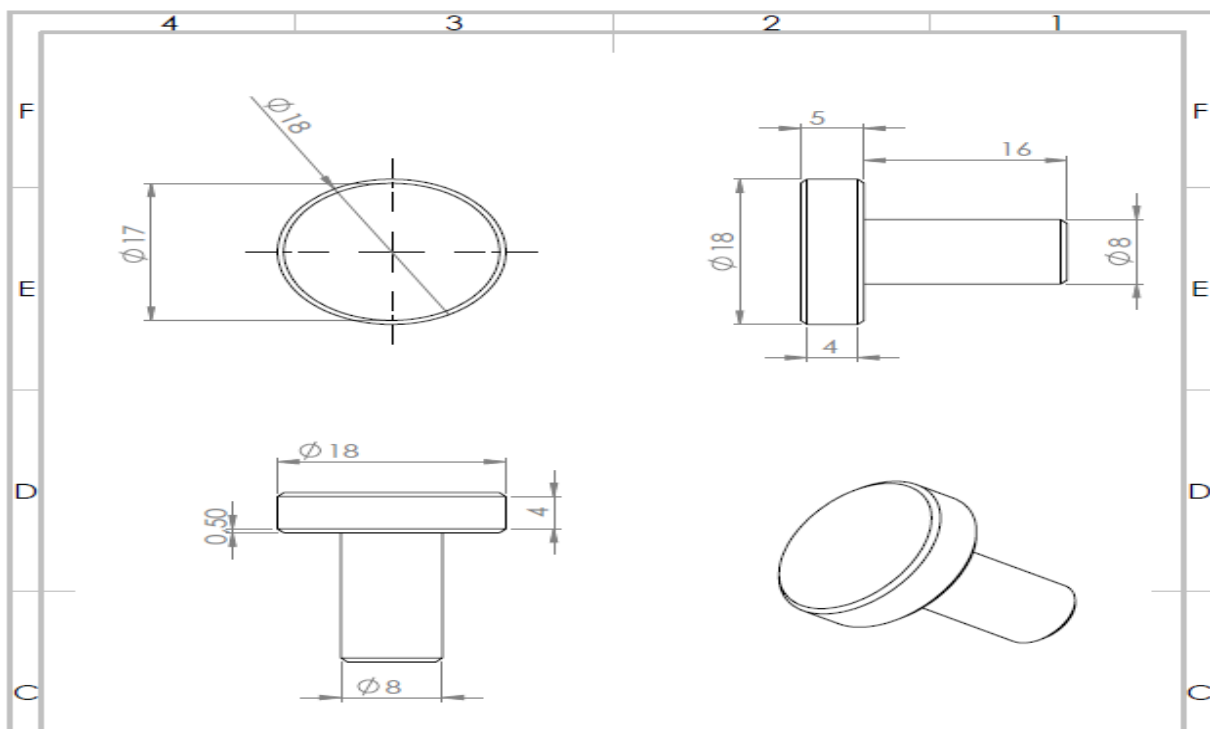
Mis en plan de Plaque (A)



Mis en plan de plaque (B)

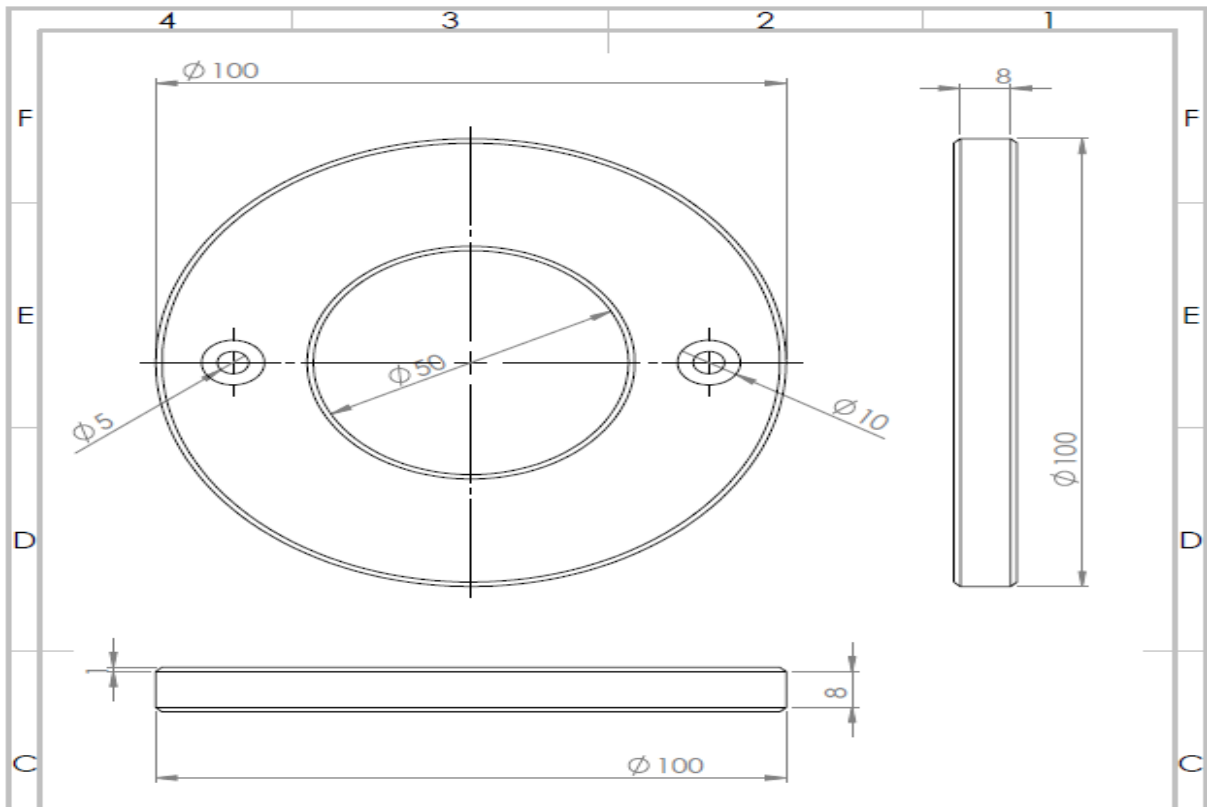


**Mis en plan des Bagues de de guidage**

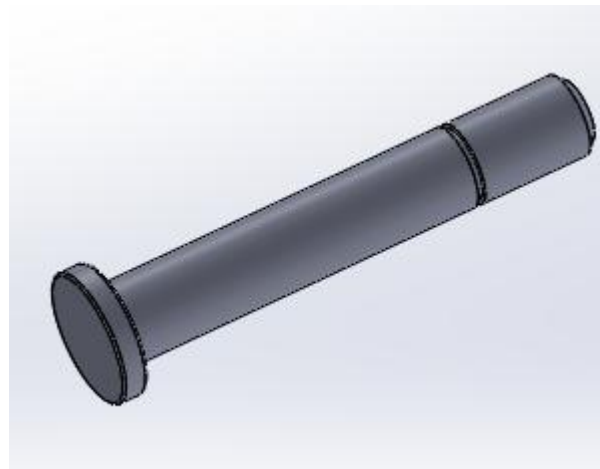
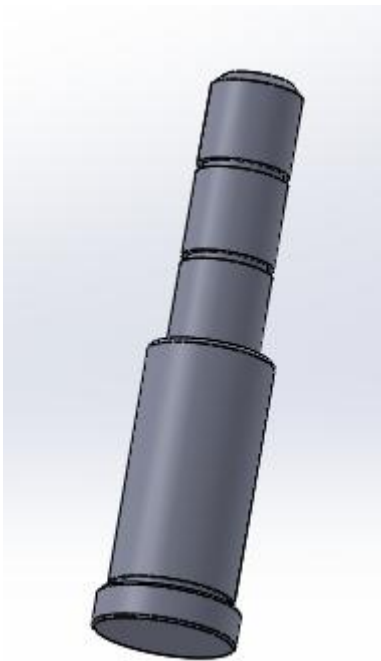


**Mis en plan des cales**

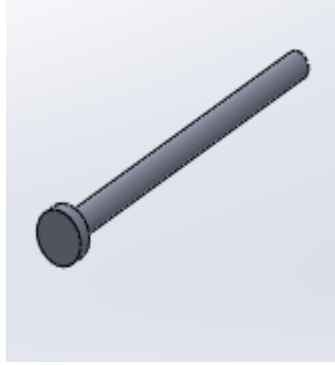
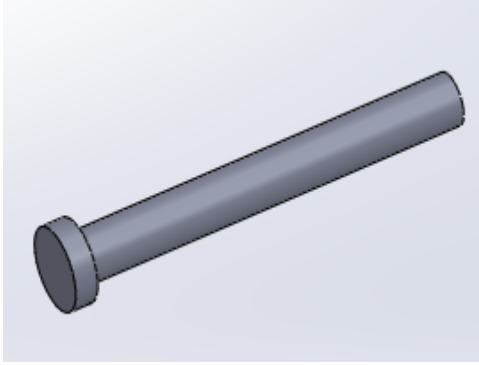




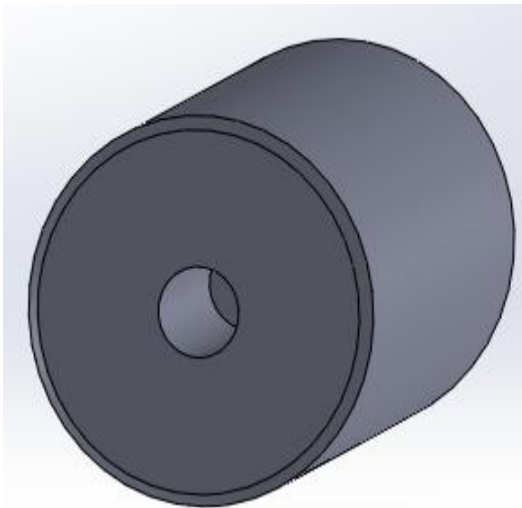
**Mis en plan de Bague de centrage**



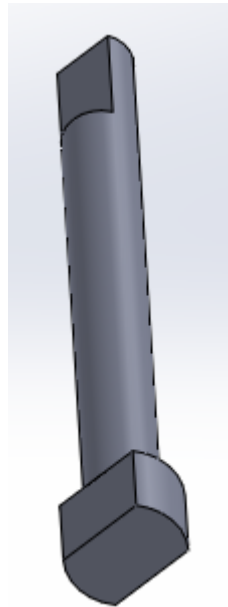
**Les axes de guidage**



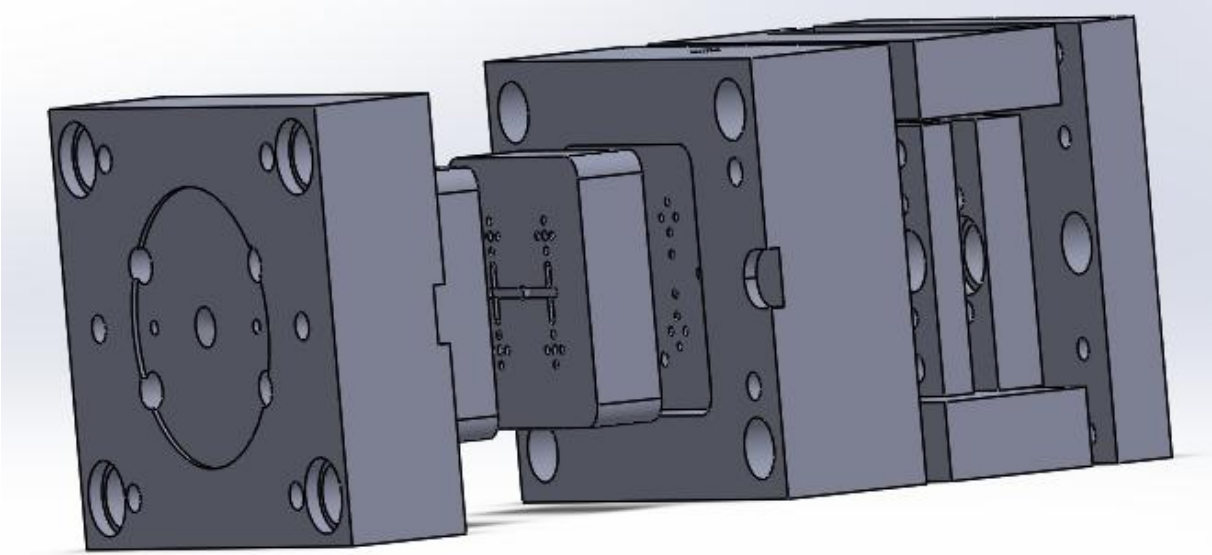
**Les éjecteurs**



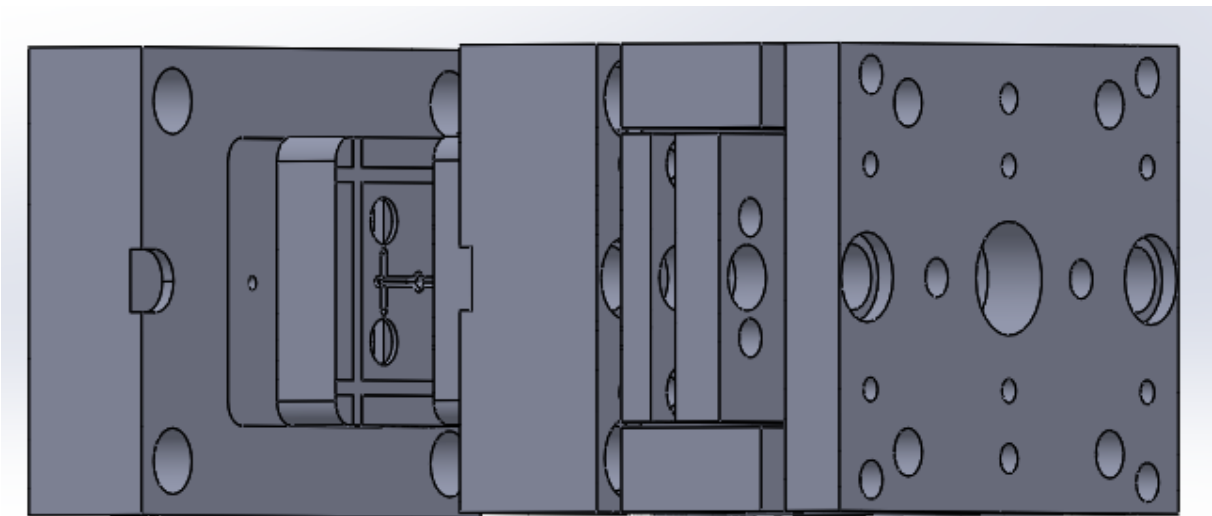
**Les cales**



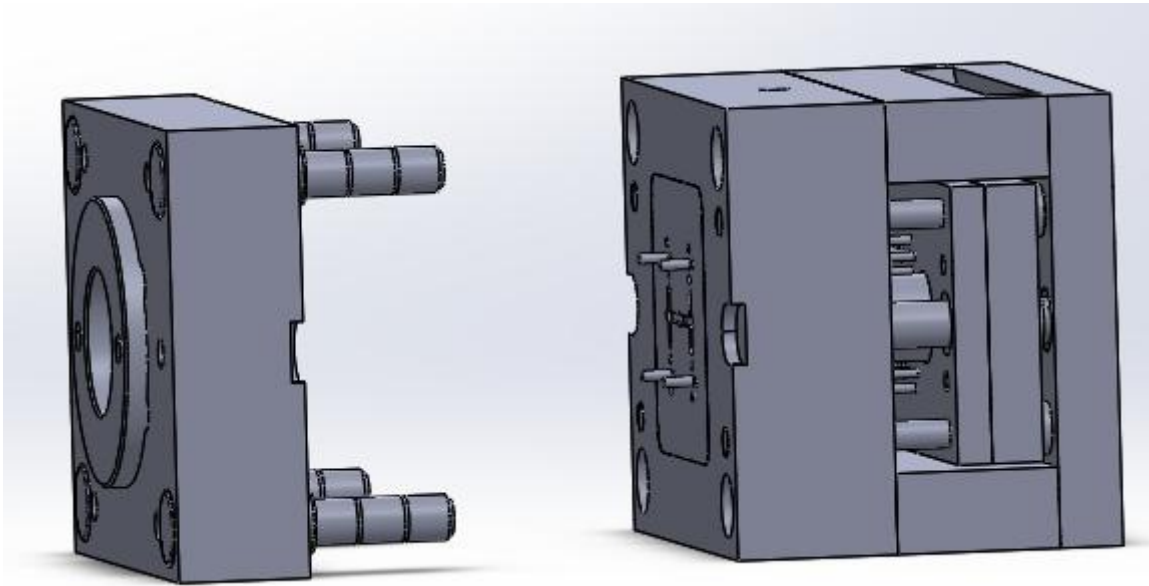
**poinçon de l'empreinte**



**L'assemblage des pièces**



**L'assemblage des pièces**



**Le moule d'injection**