

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA  
BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY



جامعة باجي مختار – عنابة

Faculté : Technologie

Département : Génie mécanique

Domaine : Science et technologie

Filière : Génie mécanique

Spécialité : Fabrication mécanique et productique

## Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème:

**Conception et réalisation d'un moule pour la fabrication  
d'un élément élastique de jonction en caoutchouc.**

Présenté par : *SEDRAOUI Selma*

Encadrant : *Mr. DIB Amar*

Grade MC-A- Université Badji Mokhtar ANNABA

### Jury de Soutenance :

BOURENANE RABAH	Pr	UBMA	Président
DIB AMAR	Dr	UBMA	Encadrant
CHELIA AZZEDDINE	Pr	UBMA	Examineur
LAGRED AHMED	Pr	UBMA	Deuxième examinateur

Année Universitaire : 2021/2022

# *Remerciements*

*Avant d'aborder le vif du sujet,*

*Nos remerciements s'adressent en premier lieu à ALLAH le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a accordées pendant toutes ces longues années.*

*Nos remerciements les plus sincères vont à :*

*Dr DIBAMAR pour ses conseils précieux et son suivi qu'il M'ES prodigué durant tout Ce travail*

*Nos remerciements s'adressent à Mr. MOKAS NACER pour son aide pratique et son soutien moral et ses encouragements.*

*Un grand merci aux membres du jury pour avoir accepté de juger notre projet de fin d'étude.*

*Nos remerciements L'ingénieure de bureau méthode*

*« AMM » MR. SOUALAH MOHCEN*

*En fin Nos remerciements MA famille (Ma mère ; mes sœurs et mon frère).*

**SEDRAOUI SELMA**

# Dédicace

*Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont  
chers,*

*A MON PÈRE absent, tu es toujours dans mon cœur  
Le premier et le dernier homme de ma vie, source d'amour, d'affection,  
de générosité et de sacrifices. ALLAH YARHMEK*

## *A MA CHÈRE MÈRE*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et  
ma considération pour les sacrifices que vous avez consent pour mon  
instruction et mon bien être.*

*Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez  
depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne  
toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant  
formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, Puisse dieu, le très  
haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie.*

*A mes chères sœurs NAÏLA et IBTISSEM qui n'ont pas cessé de me  
conseiller, et pour leur patience, soutien et leurs sentiments d'amour aux  
moments les plus difficiles. Je vous souhaite plein du succès, de joie et  
de bonheur. Que dieu vous garde et illumine vos chemins.*

*A mon frère SALAH EDDINE. Que dieu vous garde, je vous  
Souhaite tout le bonheur que vous méritez, et la réussite dans vos  
affaires.*

*A ma puce **CHAHD** et mon prince  
**MOHAMED TADJ EDDINE** (les enfants de ma sœur), la plus belle  
chose qui me soit arrivé. Je vous 'aime jusqu'à la mourir.  
A ma copine **INES** pour son soutien moral et encouragement.  
A tous mes amis.  
Merci pour leurs amours et leurs encouragements.*

***SELMA.***

## Sommaire :

Remercîments

Dédicace

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURE

Résume

Introduction Général

### Chapitre I : Etude bibliographique

I.1. Introduction :.....	1
I.2.Généralités sur la Conception-Fabrication Assistée par Ordinateur CFAO :.....	1
I.3. Conception assistée par ordinateur (CAO) : .....	2
I.3. 1. Fabrication assistée par ordinateur (FAO) : .....	2
I. 3.2. L’assistance informatique à la programmation : .....	2
I. 3.3. Les logiciels de traitement de blocs : .....	2
I. 3.4. Justification et choix d'un investissement en FAO : .....	2
I.4. Conception des moules en acier :.....	3
I.4.1. Le moule :.....	3
I.4.1.1. Moule à deux plaques : .....	3
I.4.1.2 : Moule à trois plaques : .....	3
I.4.1.2. Le moule métallique : .....	3
I.4.1.3. Les matériaux utilisée pour fabrication du moules.....	3
I.4.1.4. Usinage des moules : .....	4
I.4.1.5. Usinage de l’empreinte : .....	4
I.4.1.5. Fabrication des moules aujourd’hui : .....	6
I.4.2 L’acier : .....	6
I.4.2.1 Structure des aciers :.....	6
I.4.2.3. Les grandes familles : .....	7
I.4.2.4. Les propriétés d'acier : .....	7

I.4.2.5. Avantages d'acier :	8
I.5. Le moulage :	8
I.5.1. Moulage en moule métallique :	9
I.5.2. Moulage par Compression :	9
I.5.2.1. Principe :	10
I.5.2.2. Avantages du moulage par compression :	12
I.5.2.3. Inconvénients du moulage par compression :	12
I.5.2.4. Les matières adaptées à un moulage par compression :	13
I.5.2.5. Le moulage par compression de pièces souples en silicone, caoutchouc et matières « Shore » :	13
I.6. l'élastomère :	14
I.6.1. Propriété mécanique :	14
I.6.2 Différentes familles d'élastomères :	15
I.6.3 Les caoutchoucs spéciaux :	16
I.6.4. Mise en œuvre des élastomères :	17
I.6.5. Mise en forme des mélanges :	17
I.6.6. Domaines d'utilisation :	18
I.7. Conclusion :	19

## **Chapitre II: Ingénierie de moule**

II.1. Introduction :	20
II.2. La CAO (conception assistée par ordinateur) :	20
II.2.1. Définition de la CAO :	20
II.2.2. Domaines de la CAO :	20
II.2.3. Avantages de la CAO :	21
II.2.4. Logiciel utilisé :	21
II.2.4.1. Les différentes utilisations de SolidWorks :	21
II.2.4.2. Modélisation géométrique des composantes :	22

II.3. Conception de la pièce :.....	22
II.3.1. Fiche d'identification :.....	22
II.3.2. Dessin de la pièce : .....	22
II.3.3. Model CAO de la pièce moulée :.....	23
II.4. Conception du moule :.....	23
II.5. Conclusion :.....	28

### **Chapitre III: Préparation des équipements et usinage du moule**

III.1. Introduction : .....	29
III.2. Dessin de moule : .....	29
III.3. Gamme d'usinage :.....	34
I.4. Le contrat de phase : .....	53
I.4.1. Les contrats phase d'axe de moule :.....	53
I.4.2. Les contrats phase d'axe de centrage : .....	57
I.4.3. Les contrats phase des cassis sup et inf :.....	60
II.5. Matériaux utilisés : .....	68
III.5.1. Analyse chimique moyenne : .....	68
III.5.2. Propriétés physique et mécanique : .....	68
III.5.3. Utilisation : .....	68
III.5.4. Domaines d'Application :.....	68
III.5.5. Caractéristiques : .....	68
III.6. les machines utilisée.....	69
III.6.1. Caractéristique des machines : .....	69
III.7. Fabrication des moules:.....	71
III.7.1. Préparation du brut : .....	71
III.7.2. Usinage des axes de moule et centrage : .....	72
III.7.3. Usinage des châssis sup et inf du moule : .....	72
III.8. Programme machine.....	75

III.9. CONCLUSION :	78
---------------------	----

#### **Chapitre IV: Exploitation du moule par la production du élément de jonction**

IV.1. Introduction :	79
IV.2. Moulage	79
IV.3. La matière utilisée :	79
IV.3.1. Définition du caoutchouc nitrile :	79
IV.3.2. Les propriétés du caoutchouc Nitrile :	80
IV.3.3. Les caractéristiques mécaniques :	80
IV.3.4. Avantages du caoutchouc nitrile :	80
IV.3.5. Application :	80
IV.4. Le choix d'une presse :	81
IV.4.1. Présentation de la presse utilisée :	81
IV.5. Présentation de la pièce moulée	82
IV.6. L'emplacement de installation la pièce et son rôle :	82
IV.7. Préparation des mélanges :	82
IV.8. Préparation de l'opération du moulage :	83
IV.8.1. Paramètres de moulage :	83
IV.8.2. Opération de moulage :	83
IV.9. Conclusion :	85

Conclusion générale



# LISTE DES TABLEAUX

## Chapitre I:

Tableau I.1. Familles Elastomères (caoutchouc)-----	16
Tableau I.2. Domaines d'applications des polymères-----	19

## Chapitre III:

Tableau III.1. Gamme d'usinage axe de moule-----	38
Tableau III.2. Gamme d'usinage axe de centrage-----	41
Tableau III.3. Gamme d'usinage châssis sup -----	45
Tableau III.4. Gamme d'usinage châssis inf. -----	49
Tableau III.5. Gamme d'usinage d'assemblage -----	52
Tableau III.6. Composition chimique acier XC48-----	68
Tableau III.7. Caractéristiques mécaniques moyennes (état normalisé)-----	68

## Chapitre IV:

Tableau VI.1. Les caractéristiques mécaniques du caoutchouc nitrile-----	80
Tableau VI.2. Présentation de la pièce moulée -----	82

# LISTE DES FIGURE

## CHAPITRE I:

Figure I.1. Principe de l'usinage par l'électroérosion	5
Figure I.2. Principe du moulage par compression.	12
Figure I.3. Exemples de pièces réalisées en moulage par compression, EPDM à gauche, Silicone à droite	14

## Chapitre II:

Figure II.1. Représentations la pièce non contractuelle	22
Figure II.2. Élément élastique de jonction	23
Figure II.3. Création de la partie sup.	24
Figure II.4. Création de la partie inf.	25
Figure II.5. Châssis sup final.	25
Figure II.6. Châssis inf final.	26
Figure II.7. Axe de moule	26
Figure II.8. Axe de centrage	27
Figure II.9. Assemblage de moule	27

## Chapitre III:

Figure III.1. Fraiseuse conventionnelle huron	69
Figure III.2. Fraiseuse CNC SXB	69
Figure III.3. Tour conventionnelle 16D20	69
Figure III.4. Oxycoupage du brut	71
Figure III.5. Les plaquettes d'acier	71
Figure III.6. Hexagone d'acier xc48	72
Figure III.7. Axe de moule usiné	72
Figure III.8. Axe de centrage usiné	72
Figure III.9. les deux parties de moule	73
Figure III.10. les empreintes du moule usiné en CNC	73
Figure III.11. La partie sup du moule usinée	74
Figure III.12. La partie sup du moule usinée	74
Figure III.13. Le moule complet après l'usinage	74
Figure III.14. Simulation sur machine CNC (SXB) vue en 2D	78

## Chapitre IV:

Figure IV.1. Presse vertical	82
Figure IV.2 Chargement du caoutchouc sur le moule	83
Figure IV.3. Le moule dans la presse	84
Figure IV.4. La pièce moulée avec des gommess	84
Figure IV.5. La pièce dans le moule après la coupe de gomme	85
Figure IV.6. L'élément de jonction moulé	85

## Résumé :

L'installation de diverses machines dépend aujourd'hui d'un grand nombre de pièces en plastique, généralement de petites dimensions, et la fabrication d'une petite quantité demande beaucoup de temps.

De ce point de vue, ce travail consiste à conception et réalisation d'un moule pour moulage d'un caoutchouc qui obtenir un élément de jonction (guide de câble) est installé sur une porte câble d'un chariot transfert de pont roulant, obtenues en pressant du caoutchouc dans le moule.

La fabrication du moule a été étudiée, les contrats d'étapes ont été établis, et un calcul différent vitesse a été fait, et au final, la fabrication a réussi.

## ملخص:

يعتمد تركيب الآلات المختلفة اليوم على عدد كبير من الأجزاء البلاستيكية وعادة ما تكون ذات أبعاد صغيرة. تصنيع كمية صغيرة يستغرق وقتا طويلا للغاية.

من وجهة النظر هذه ، يتكون هذا العمل من تصميم وإنتاج قالب لقوالب المطاط الذي يحصل على عنصر وصل (دليل كابل) مثبت على حامل كابل لعربة نقل رافعة علوية ، يتم الحصول عليها عن طريق ضغط المطاط في القالب.

تمت دراسة صناعة القالب، وصياغة عقود المرحلة، وعمل حساب سرعة مختلف ، وفي النهاية نجح التصنيع.

# Introduction Général :

Aujourd'hui, les moules et matrices sont des outils essentiels à la production de masse. Les moules sont utilisés en injection plastique et en moulage pour façonner la résine tandis que les matrices sont utilisées en emboutissage. Les procédés actuels permettent de fabriquer des moules et matrices avec une précision de l'ordre du micron, facilitant la production de masse de produits de même forme et de qualité équivalente dans un grand nombre d'industries.

Les matrices et moules servent au façonnage. Les matrices sont employées pour façonner des tôles et autres formes de métaux. L'un des exemples types est la production de pièces de carrosserie automobile. Les moules sont employés en injection plastique avec de la résine fondue ou du métal coulé.

Les matériaux composant les matrices et moules incluent les aciers à outils contenant du carbone ou du chrome, ainsi que l'acier à matrice, l'acier rapide et le carbure cémenté. Depuis quelques temps, la céramique est également utilisée. Les matériaux de fabrication des matrices et moules sont généralement durs et difficiles à couper. De ce fait, les matrices et moules sont découpés par des centres d'usinage ou autres machines-outils à commande numérique et subissent par la suite divers procédés, tels qu'un meulage pour une meilleure précision.

Grâce à la généralisation des centres d'usinage, la fabrication de matrices semble à la portée de tout opérateur bien équipé. Cependant, elle demeure aujourd'hui une opération hautement spécialisée, requérant une parfaite maîtrise de l'ensemble de la chaîne, de la conception CAO, à la sélection des matériaux et procédés d'usinage, en passant par l'exécution de retouches minutieuses, impossibles à automatiser.

De plus, les délais de production sont toujours plus serrés en raison de la durée de vie limitée des produits et de la tendance à fabriquer des produits plus variés en petits lots. À l'avenir, les imprimantes 3D sont appelées à révolutionner la fabrication des matrices et des moules. Pour suivre le rythme, les technologies doivent impérativement évoluer.

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre travail de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master-2 en fabrication mécanique et suite à un stage de courte durée au sein des ateliers Maghrébins de Mécanique SIDER ELHADJAR Algérie. C'était l'occasion pour nous d'observer des professionnels en situation, de découvrir les aspects de notre futur profession.

En outre le stage nous a permis de mettre en pratique des savoirs théoriques, d'apprendre à connaître le monde du travail, de nous adapter aux exigences du monde de l'entreprise.

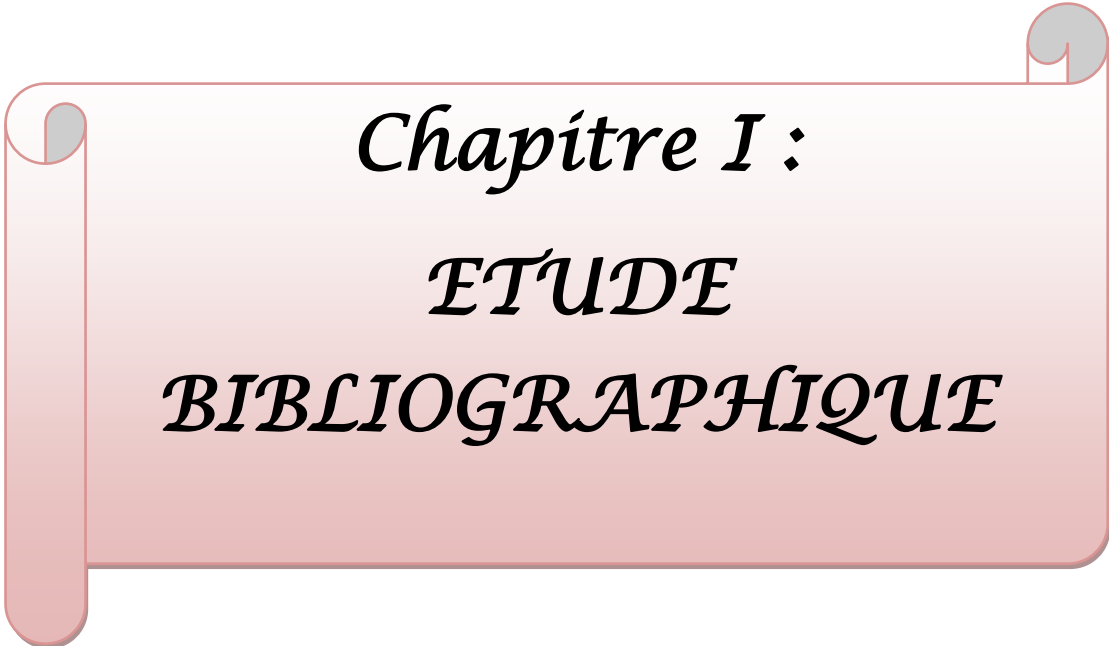
le but de notre mémoire est de concevoir un moule pour la production de un guide de câble en passant par l'étude et la réalisation du dessin technique à l'aide de l'outil numérique, mettre en application notre étude et réaliser le projet sur une fraiseuse verticale à l'aide d'une fraise de contournage, ensuite faire des tests de production de la pièce réelle. En conclusion, nous avons structuré notre mémoire comme suite :

Le chapitre-1 : Dans le premier chapitre nous avons présenté une recherche bibliographique sur les mécanismes de fabrication des matrices et les moyennes mises en œuvre à commencer par l'étude et la conception par l'outil numérique jusqu'à la machine et la fabrication ainsi présenter le moulage par compression et présentation de les matières utilisé sur le différent moulage

Le chapitre-2 : Est consacré à la conception du moule déduire les éléments du moule, par la suite, la détermination d'assemblage d'un moule complet

Le chapitre-3 : Est destiné à établir la gamme d'usinage et les contrats de phase basé sur nos plans établis à l'aide du logiciel SOLIDWORKS et l'usinage de moule

le chapitre 4 : est destiné à l'exploitation de moule pour moulé l'élément de jonction (guide de câble) avec des étapes de moulage par compression.



*Chapitre I :*  
*ETUDE*  
*BIBLIOGRAPHIQUE*

### **I.1. Introduction :**

L'industrie utilise aujourd'hui de nombreuses pièces en caoutchouc. Afin de créer un grand nombre de pièces en moins de temps, diverses techniques de moulage ont été utilisées.

le procédé de moulage par compression occupe une place particulière par rapport aux autres procédés de mise en forme des matières plastique, et pour le succès de ces techniques, les moules ont été réalisés avec des matériaux résistants à de nombreux facteurs tels que la chaleur, la pression et autres.

### **I.2.Généralités sur la Conception-Fabrication Assistée par Ordinateur CFAO :**

Pour aider les métiers de la conception et de la fabrication de produits manufacturiers, de nombreux logiciels de Conception Assistée par Ordinateur (CAO) et de Fabrication Assistée par Ordinateur (FAO) ont été développés et commercialisés au cours de ces cinquante dernières années [1].

Le premier logiciel de Conception apparu est : la DAO (Dessin Assisté par Ordinateur) en 1963 (Sketch pad développé par Ivan Sutherland à MIT). Dans les années 1970 est apparue la modélisation solide 3D mettant en œuvre 2 techniques différentes : B-Rep (Boundary Représentation) et CSG (Constructive Solide Géométrie).

Plus tard, la modélisation s'appuyant sur les NURBS (Non Uniform Rational B-Spline) a permis d'harmoniser la représentation de toutes les courbes et surfaces utilisées en CAO.

Le premier logiciel de FAO commercialisé est PRONTO qui fut développé par Patrick Hanratty en 1957.

Comme les logiciels de CAO, la FAO a également énormément évolué grâce à l'augmentation de la puissance de calcul, de mémorisation et de visualisation des ordinateurs.

Cependant les systèmes de CAO et de FAO ont longtemps évolué en parallèle, posant ainsi des problèmes pour passer de l'un à l'autre.

La conception et la fabrication assistées par ordinateur (CFAO ou CAO-FAO) sont souvent Présentées conjointement. En effet, ces deux champs d'application informatique en génie Mécanique ont plusieurs points en commun. Chacune des applications porte sur les mêmes pièces mécaniques et utilise une base informatique commune : les ressources graphiques d'édition et de gestion. [1]

### **I.3. Conception assistée par ordinateur (CAO) :**

La conception d'un produit consiste à proposer des solutions ou reconcevoir des solutions existantes pour remplir des fonctions bien définies à l'intérieur d'un ensemble de contraintes. Généralement, l'obtention d'une solution n'est pas directe sauf pour des problèmes extrêmement simples. Le processus est plutôt 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 [2].

#### **I.3.1. Fabrication assistée par ordinateur (FAO) :**

Au sens strict, la fabrication assistée par ordinateur (FAO) désigne les logiciels d'assistance à la programmation des machines-outils à commande numérique.

Un souci très actuel dans l'Entreprise, où l'informatisation des tâches de préparation du travail apparaît comme la nouvelle étape à franchir pour améliorer les délais de mise en fabrication.

Mais, faute d'informations autres que commerciales, les décideurs se trouvent très démunis devant le choix pratique d'un système d'assistance à la programmation [2].

#### **I.3.2. L'assistance informatique à la programmation :**

L'assistance informatique affecte la préparation au travail à tous les niveaux. Il existe des logiciels d'estimation du temps, l'optimisation des conditions de coupe, la publication des aides informatiques, des gestionnaires de bases de données, etc.

#### **I.3.3. Les logiciels de traitement de blocs :**

Ce sont des outils de simulation d'usinage. Leur métier est d'imiter la CNC, c'est-à-dire, créé des fonctions d'écriture et de débogage des programmes. Pour y arriver, Les programmeurs disposent d'un éditeur de texte dédié, d'un module de vérification lexicale et de syntaxe de bloc, de simulation de trajectoire possible et Gestionnaire de programme (stockage et transfert de fichiers).

#### **I.3.4. Justification et choix d'un investissement en FAO :**

Justifier un investissement pour améliorer les délais de mise en fabrication, c'est répondre aux questions suivantes : quels bénéfices va-t-on en tirer, combien va-t-il coûter, quelle est sa durée d'adaptation avant d'être pleinement opérationnel et rentable, quelle sera la durée de retour d'investissement, qu'en est-il de sa pérennité.[2]



## **I.4. Conception des moules en acier :**

### **I.4.1. Le moule :**

Le moule est l'outil utilisé en fabrication des matières plastiques, qui remplit plusieurs fonctions et il a pour but de donner à la matière une forme finale nommée pièce ou article.

#### **I.4.1.1. Moule à deux plaques :**

Les moules à deux plaques sont les plus simples et les plus fréquents. Ils présentent beaucoup d'avantages :

- Ils sont privilégiés en termes de coût de fabrication et d'entretien.
- Montage le plus simple.
- Deux parties séparées par un plan de joint.
- Sens d'ouverture dans une seule direction.

#### **I.4.1.2 : Moule à trois plaques :**

Le moule à trois plaques est un moule à deux plaques modifié par une plaque centrale entre les plaques mobile et fixe de la presse.

#### **I.4.1.2. Le moule métallique :**

Une partie supérieure d'empreinte, une partie inférieure d'empreinte, des axes de centrage et des supports manuels.

Tous les moules à métaux sont conçus pour garantir les meilleurs produits finis et semi-finis. Dans une optique de précision de production et pour minimiser les déchets.

#### **I.4.1.3. Les matériaux utilisés pour fabrication du moules**

**L'acier :** est principalement utilisé dans le moulage du plastique technique et des polymères. Ceci est dû à la dureté extrêmement élevée, à la résistance à l'usure et à la ténacité de l'acier. Le principal inconvénient de l'acier est une faible conductivité thermique, qui doit être compensée par la conception du système de refroidissement et la température.

Le moule en plastique corrosif doit être fabriqué en acier inoxydable. Les moules en acier peuvent être fabriqués par usinage, extrusion à froid, coulée ou soudage (pour les grands moules). La durée de vie d'un moule en acier peut atteindre 10 millions de fois. Ainsi, lorsque la quantité de produits de moulage est grande, l'acier est une sorte de matériau préféré.

L'acier (comme l'acier à outils commun) est également utilisé dans la fabrication de pièces de moules de soufflage pour résister à l'usure, telles que l'inlay billette, tige de traction, colonne de guidage, manchon de guidage et coffrage etc. les pièces nécessitent un durcissement de l'acier. Mais, l'acier est généralement moins utilisé dans la fabrication de moules

#### **I.4.1.4. Usinage des moules :**

Les matériaux composant les moules incluent les aciers à outils contenant du carbone ou du chrome, ainsi que l'acier à matrice, l'acier rapide Depuis quelques temps, la céramique est également utilisée. Les matériaux de fabrication des moules sont généralement durs et difficiles à couper. De ce fait, les matrices et moules sont découpés par des centres d'usinage ou autres machines-outils à commande numérique et subissent par la suite divers procédés, tels qu'un meulage pour une meilleure précision.

En outre, un usinage par électroérosion permet de produire des moules aux détails plus fins. L'usinage par électroérosion exploite les étincelles générées par une décharge électrique pour fondre la surface de la pièce lors de l'usinage. Ce procédé permet non seulement un travail de précision mais également la création de formes tridimensionnelles complexes.[4]

#### **I.4.1.5. Usinage de l'empreinte :**

Les empreintes sont les parties du moule qui servent à obtenir la pièce désirée. Il y en a deux par pièce moulée, une en partie fixe et l'autre en partie mobile. Généralement, l'empreinte ayant des reliefs est placée en partie mobile pour que la pièce ait tendance à rester dessus, permettant ainsi à la batterie d'éjection d'éjecter la pièce. La nature de l'acier utilisable pour fabriquer l'empreinte d'un moule est définie en fonction du nombre de pièces à mouler. [13]

Il ya deux méthode d'usinage pour obtenir l'empreinte du moule tel que électroérosion enfonçage et l'usinage a grande vitesse (UGV).

##### **I.4.1.5.1. Electroérosion Enfonçage :**

Ce procédé d'usinage électroérosion consiste à enlever de la matière dans une pièce conductrice en utilisant des décharges électriques. Cette technique permet un usinage de précision pour tous types de matériaux (usinage aluminium, usinage inox...) quelle que soit la dureté. Pour usiner, il nous faut une ou plusieurs électrodes (cuivre ou graphite) devant être de la forme complémentaire à la forme à usiner. Celle-ci va alors s'enfoncer dans la pièce. Grâce à cette érosion par enfonçage.

L'enfonçage nous permet d'obtenir de grande précision ( $\pm 0.005\text{mm}$ ) et obtenir des formes quelconques. L'état de surface est plus ou moins granité en fonction de l'intensité que nous réglons. Nous utilisons ce procédé d'électroérosion par enfonçage pour la réalisation d'empreintes de moules pour l'injection plastique ou pour réaliser des cavités pour toutes sortes de pièces (formes non débouchante ou spéciales).[15]

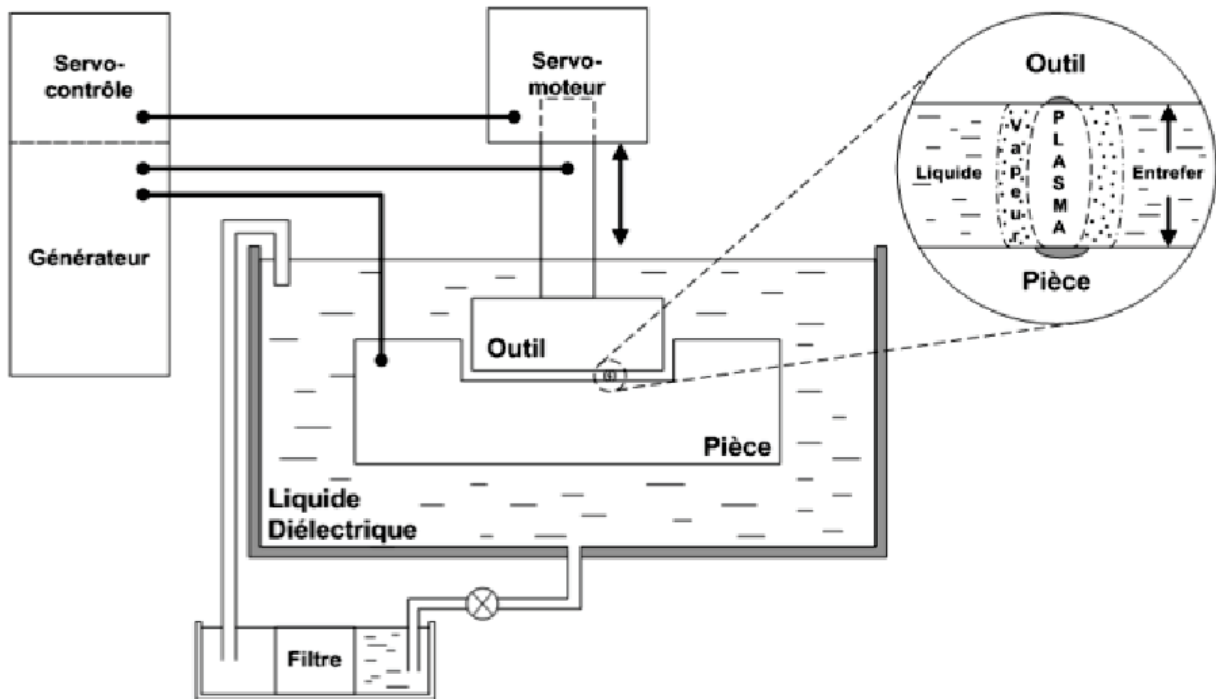


Figure I.1. Principe de l'usinage par l'électroérosion

#### I.4.1.5.2. Usinage a grande vitesse (UGV) :

L'arrivée de l'usinage grande vitesse (UGV) a profondément bouleversé l'industrie de la fabrication des moules d'injection plastique. Cette technologie a permis de diminuer les temps de production en se substituant à l'électroérosion lorsque la géométrie des moules le permet.

Peu à peu des centres UGV 5 axes apparaissent dans les ateliers de production car ils permettent non seulement de réaliser des surfaces qui n'étaient pas accessibles en trois axes mais aussi une amélioration de la qualité des surfaces usinées. Nous nous intéressons ici à la réalisation de surfaces dites «poli miroir» dans des aciers traités à 50 HRc sur des centres UGV 5 axes. [16]

#### **I.4.1.5. Fabrication des moules aujourd'hui :**

Grâce à la généralisation des centres d'usinage, la fabrication de matrices semble à la portée de tout opérateur bien équipé. Cependant, elle demeure aujourd'hui une opération hautement spécialisée, requérant une parfaite maîtrise de l'ensemble de la chaîne, de la conception CAO, à la sélection des matériaux et procédés d'usinage, en passant par l'exécution de retouches minutieuses, impossibles à automatiser.

De plus, les délais de production sont toujours plus serrés en raison de la durée de vie limitée des produits et de la tendance à fabriquer des produits plus variés en petits lots. À l'avenir, les imprimantes 3D sont appelées à révolutionner la fabrication des matrices et des moules. Pour suivre le rythme, les technologies doivent impérativement évoluer.[5]

#### **I.4.2 L'acier :**

L'acier est un alliage métallique ferreux, qui est d'ailleurs principalement composé de fer, l'élément additionnel étant le carbone, qui n'est présent qu'à l'état de traces infimes. Selon les aciers, la teneur en carbone est comprise entre environ 0,005 % et 1,5 % en masse. Elle monte très rarement jusqu'à 2 %.

Pourtant, c'est bien cette teneur en carbone, si infime soit-elle, qui confère à l'acier de manière assez complexe, les propriétés que l'on lui reconnaît.[8]

##### **I.4.2.1 Structure des aciers :**

Les aciers sont, à la température ambiante, constitués essentiellement par des mélanges de ferrite et de cémentite. Mais la superposition de ces deux constituants peut prendre des formes très différentes selon les conditions dans lesquelles ils ont pris naissance. Les structures de l'acier peuvent ainsi être extrêmement variées ; elles sont aisément mises en évidence par les techniques de la métallographie.

Celles-ci comportent l'examen d'une surface du métal très soigneusement polie et attaquée par des réactifs convenables qui mettent en évidence, par des différences dans l'intensité de l'attaque, les divers constituants de l'acier. L'examen se fait à l'aide d'un microscope optique. Des procédés un peu différents permettent l'examen au microscope électronique avec des grossissements beaucoup plus grands. On a pu constater que les propriétés d'un acier étaient

essentiellement fonction de cette structure ; par conséquent, l'obtention d'une structure convenable est la clé qui permet d'attribuer à l'acier les propriétés désirées.[6]

### **I.4.2.3. Les grandes familles :**

Il existe trois grandes familles d'aciers : les aciers non-alliés, les aciers faiblement alliés et les aciers fortement alliés.

- **Les aciers non-alliés pour un usage général**

La première famille des aciers non-alliés regroupe les aciers d'usage général utilisés dans le BTP et les aciers non-alliés spéciaux utilisés plutôt dans les outils, les moules ou les pièces mécaniques soudables, malléables ou forgeables.

- **Les aciers faiblement alliés, de haute résistance**

Les aciers faiblement alliés se caractérisent par leur haute résistance et le fait qu'aucun élément additionnel ne dépasse 5 % en masse.

- **Les aciers fortement alliés à très haute résistance mécanique**

La troisième famille des aciers fortement alliés se compose d'aciers dont au moins un élément dépasse 5 % en masse et sont réservés à des utilisations très spécifiques nécessitant des caractéristiques particulières comme une très haute résistance mécanique, une très grande résistance à l'usure et à la corrosion, une très faible dilatation et fluage. C'est dans cette famille que l'on retrouve, par exemple, les aciers inoxydables.

Les valeurs limites des alliages constituant ces différentes classes d'aciers sont définies par la norme AFNOR NF EN 10020. [8]

### **I.4.2.4. Les propriétés d'acier :**

#### **I.4.2.4.1. Propriétés mécaniques :**

Les caractéristiques mécaniques de l'acier qui font l'objet de garanties dans les normes de produit ou qui attestent la conformité d'une fabrication sont déterminées suivant des processus normalisés : les essais.

Les essais, indicateurs des propriétés mécaniques de l'acier

Les résultats que fournissent les essais sur acier ne sont pas des indications absolues, mais constituent une échelle de valeurs comparatives étroitement liées aux conditions d'exécution de ses essais. Les essais mécaniques sont rarement réalisés sur le produit lui-même (ou la pièce), mais nécessitent le plus souvent le prélèvement d'un échantillon et l'usinage d'éprouvettes. [8]

#### **I.4.2.4.2. Propriétés physiques :**

Les propriétés physiques de l'acier en font un matériau particulièrement apte à la construction métallique.

Par la grande diversité de ses caractéristiques, à chaque emploi peut correspondre un acier (masse volumique, module d'élasticité longitudinal, coefficient de Poisson, coefficient de dilatation, conductivité thermique et résistivité électrique...). [8]

#### **I.4.2.5. Avantages d'acier :**

Matériau idéal pour tous les types de fabrication du moule, l'acier possède de nombreux avantages qui en font un véritable atout dans l'industrie. Malléable, solide, propre. [7]

##### **➤ Les avantages écologiques de l'acier**

À l'heure où nous nous attachons une importance particulière au respect de l'environnement, nous apprécions les propriétés écologiques de l'acier. Possédant des vertus magnétiques, l'acier permet d'être récupéré dans tous les déchets et d'en être séparé des autres matériaux. Ce matériau est recyclable à l'infini, et ceci n'affecte en rien ses propriétés qui en restent identiques. Ce recyclage permet donc de réduire la quantité de déchets ménagers et de préserver les ressources naturelles en minerai de fer.

##### **➤ Les avantages économiques de l'acier**

L'utilisation de l'acier présente également des avantages économiques. En effet, d'une durée de vie exceptionnelle, l'acier est un matériau durable dans le temps, et représente donc un investissement avantageux sur le long terme. Utilisé dans la construction de bâtiments, l'acier permet de faire des économies d'énergie puisqu'il présente des performances thermiques avantageuses.

#### **I.5. Le moulage :**

Un moulage est créé à partir d'une empreinte usinée dans un moule métallique. Le caoutchouc ou l'élastomère qui permettra la production d'un à plusieurs exemplaires de la pièce souhaitée, est acheminé dans l'empreinte. Le caoutchouc ou l'élastomère se présente sous forme de feuille, plaque, préforme, pastille... Il est moulé et vulcanisé suivant deux différents

procédés principaux : la compression ou l'injection. Nos partenaires sont équipés de l'ensemble de ces moyens de production et les pièces moulées sur-mesure sont produites aussi bien en moulage par compression qu'en par moulage par injection.

Le moulage ou fonderie est un ensemble de procédés qui permet de réaliser des pièces en différents matériaux. Le moulage proprement dit consiste à réaliser des pièces brutes par coulée du métal en fusion dans un moule en sable ou en métal (représentant l'empreinte de la pièce à obtenir), le métal en se solidifiant, reproduit les contours et dimensions de l'empreinte du moule.

### **I.5.1. Moulage en moule métallique :**

On a vu que les procédés de moulage déjà étudiés exigent la destruction du moule pour récupérer la pièce moulée. Certes le moulage en sable est le plus répandu, mais il présente beaucoup d'inconvénients tels que :

- Il exige une importante quantité de sable et des équipements pour la préparation du sable de moulage.
- Les pièces obtenues ne sont pas précises et présentent des surépaisseurs, ce qui exige des opérations d'usinage coûteuses.

Le souci d'obtenir avec un moule permanent une série de pièces dont la forme et les dimensions soient identiques a conduit à la réalisation de moules métalliques permettant deux méthodes de moulage.

- moulage par injection.
- Moulage par compression.

### **I.5.2. Moulage par Compression :**

Le moulage par compression est une technique de fabrication de pièces dans divers matériaux déformables que l'on rencontre couramment dans de nombreux secteurs d'activités. Cela aussi bien à échelle industrielle que de manière artisanale. Comme son nom l'indique, ce procédé de moulage consiste à comprimer une charge dans un moule afin de lui en donner la forme exacte. Plus précisément, sous la pression de 2 moules maintenus mécaniquement l'un contre l'autre pour ne former qu'un, la charge située au centre est emprisonnée et déformée jusqu'à épouser la forme des parois de manière précise et définitive. Lorsque le pressage et le formage sont terminés, la pièce moulée peut être démoulée, ébavurée et nettoyée afin d'en retirer d'éventuels excédents de matière.

Une opération de moulage par compression peut être réalisée à froid ou à chaud par thermoformage, avec un préchauffage, une cuisson ou une vulcanisation de la charge et des moules à plus ou moins haute température. Cela facilite ainsi la déformation de la matière choisie (notamment les matières thermoplastiques et plastiques thermodurcissables) avant un durcissement au refroidissement. Dans des cas plus rares, certaines presses spécialisées permettent également un moulage par compression en voie humide de matières liquides, résines ou fluides. Ce procédé permet d'obtenir des pièces ayant une configuration très compliquée avec des dimensions très précises, ce qui permet de supprimer partiellement ou totalement l'opération d'usinage.

### **I.5.2.1. Principe :**

Le principe de base consiste à comprimer sous forte pression le polymère suffisamment ramolli pour lui faire prendre la forme de l'empreinte d'un moule chauffé. Dans une deuxième étape, le polymère est solidifié soit par refroidissement, pour les thermoplastiques, soit par réticulation, pour les thermodurcissables.

La procédure finale de moulage dépend donc de la nature du polymère à mouler :

- s'il s'agit d'un thermoplastique, il faut d'abord le chauffer pour l'amener à un état rhéologique permettant sa mise en forme, l'élimination de l'air occlus, la cohésion des différents flux et/ou des particules de matière. Lorsque la pièce est assez fluide et homogène, il faut la refroidir suffisamment pour permettre le démoulage sans l'altérer. Ce processus uniquement physique, assuré par le refroidissement du moule, est d'autant plus long que la pièce est épaisse et que les polymères, sauf exception, sont mauvais conducteurs de la chaleur ;
- s'il s'agit d'un thermodurcissable, (caoutchouc par exemple), il faut d'abord le chauffer, comme dans le cas précédent, pour l'amener à un état rhéologique permettant sa mise en forme, l'élimination de l'air occlus, la cohésion des différents flux et/ou de particules de matière. En plus, lorsque la pièce est convenablement fluidifiée et homogène, il faut continuer à la chauffer pour déclencher et assurer la réticulation ou le durcissement ou la vulcanisation jusqu'à un stade suffisant pour obtenir un niveau de propriétés mécaniques permettant le démoulage sans altérer la pièce. Ce processus, uniquement chimique, est assuré par le chauffage du moule et est d'autant plus long que la pièce est épaisse et que les polymères, sauf exception, sont mauvais conducteurs de la chaleur. En plus, la matière en contact avec la surface du moule réticule plus vite et plus intensément que le cœur de la pièce, ce qui pose des problèmes importants d'anisotropie. Si le démoulage est opéré



avant la réticulation complète, une post-réticulation, en étuve par exemple, pourra apporter le complément nécessaire de réticulation.

Finalement, dans tous les cas, les pièces démoulées doivent être ébarbées pour éliminer le voile qui subsiste autour de la pièce. La bonne conception du moule dans le plan de joint facilite l'élimination de ce film. La quantité de matière introduite dans le moule doit être convenablement dosée avec un volume précis légèrement supérieur à celui de la pièce à réaliser pour limiter les pertes de matière, permettre la bonne fermeture du moule, éviter les variations d'épaisseur, simplifier la finition des pièces démoulées. Au contraire, une insuffisance de matière crée des défauts volumiques (manques de matière, trous, bulles, pièces incomplètes ou hors tolérances...), une cohésion insuffisante de la matière...

La compression assure un bon aspect sur toute la surface de la pièce et permet un compactage efficace du composite, sans vides et avec une bonne interpénétration fibres/matrice, conduisant à de bonnes propriétés mécaniques.

La technique est appliquée, par exemple, dans les transports pour la fabrication en série limitée de pièces pour des éléments de carrosserie de poids lourds ou caravanes, pour la fabrication de petites embarcations, de panneaux extérieurs pour le bâtiment, de baignoires, bac à douche, etc.

Pour les thermodurcissables, le degré de réticulation dépend du matériau, de l'épaisseur de la pièce, de la température du moule et, plus précisément, du couple temps et température réelle de la matière en chaque point de la pièce. [9]

La figure (I.2) schématise le principe du moulage d'un joint annulaire à profil creux (vue de gauche) avec le demi-moule supérieur attaché au plateau supérieur de la presse, le demi-moule inférieur attaché au plateau inférieur de la presse. Ce dernier est actionné par le vérin de la presse pour fermer et ouvrir le moule. La vue de droite schématise le principe d'un moule piston pour moulage d'une pièce cylindrique à face supérieure concave. Le centrage des différentes parties du moule est assuré par un système mécanique, constitué de goujons pour l'exemple choisi.

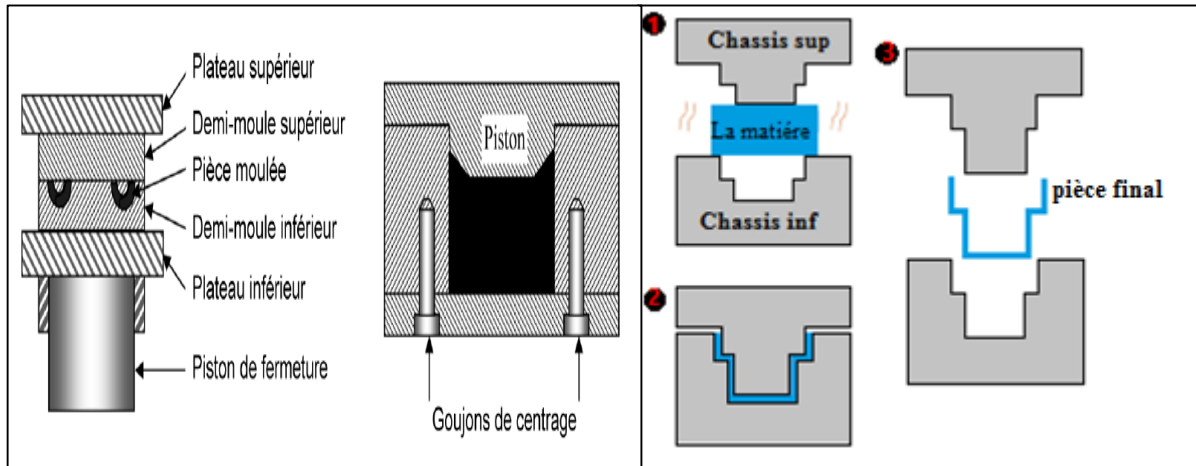


Figure I.2. Principe du moulage par compression.

### I.5.2.2. Avantages du moulage par compression :

- presses et outillages de conception simple et robuste.
- investissements réduits.
- démarrages et arrêts rapides.
- technique adaptée au laboratoire, à la réalisation de prototypes.
- possibilité de mouler les très grosses pièces.
- possibilité de fabriquer des pièces très longues en moulant des parties successives.
- possibilité de multiplier le nombre d’empreintes pour améliorer le rendement.
- adaptation au moulage des caoutchoucs vulcanisables. [9]

### I.5.2.3. Inconvénients du moulage par compression :

- nécessité de préparation précise des ébauches individuelles.
- nécessité d’une opération de finition souvent longue et coûteuse pour éliminer les bavures qui se forment obligatoirement aux plans de joint ;
- transmission difficile et lente de la chaleur du moule au polymère (mauvais conducteur de la chaleur) uniquement par conduction par la surface : temps de moulage long et anisotropie de la pièce, la surface ayant un passé thermique différent de celui du cœur..
- cycles de fabrication longs.
- coûts de main-d’œuvre importants.
- coûts d’exploitation élevés.
- faibles possibilités d’automatisation. [9]

#### **I.5.2.4. Les matières adaptées à un moulage par compression :**

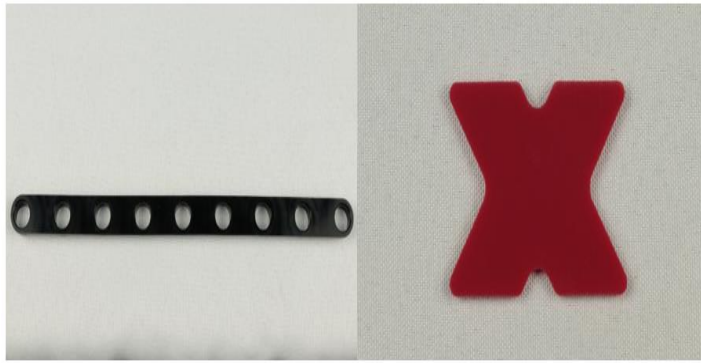
Selon la pièce à produire, la nature et la quantité de la matière de la charge à mouler doivent être choisies avec haute précision. Il est important de tenir compte des propriétés mécaniques, physiques et chimiques du matériau sélectionné, telles que la plasticité, la souplesse, l'élasticité, l'étanchéité, la dureté Shore et la Déformation Rémanente après Compression (DRC).

En moulage par compression, les plastiques, les polymères, les élastomères, l'époxy, l'EDPM, le polyéthylène, la silicone et le caoutchouc ou le nitrile comptent parmi les matières de charge fréquemment utilisées. Il existe par ailleurs certains matériaux spéciaux tels que le caoutchouc antistatique, le caoutchouc ignifuge, le caoutchouc conducteur, etc. Grâce à leur capacité de thermoformage, de polymérisation ou de thermo durcissement, ces matériaux permettent une déformation et un moulage optimal de la charge sous l'effet combiné de la pression et de la chaleur, avant de conserver la forme exacte souhaitée en refroidissant après démoulage.

Sur ce point, il est à noter que les matières thermoplastiques peuvent être moulées à chaud et refondues ou reformées à plusieurs reprises, tandis que les plastiques thermodurcissables ne peuvent être moulés par compression à chaud qu'une seule fois (forme définitive après refroidissement).[10]

#### **I.5.2.5. Le moulage par compression de pièces souples en silicone, caoutchouc et matières « Shore » :**

Le choix du matériau du moule est essentiel. Son niveau de résistance mécanique et de résistance à la chaleur doit être suffisant pour tolérer la pression exercée à chaud (comme à froid) et déformer la matière de la charge afin d'obtenir la pièce désirée. Selon le prototype ou projet de pièce à mouler, un moule de compression est généralement fabriqué à partir d'acier en usinage CNC.[10]



**Figure I.3.** Exemples de pièces réalisées en moulage par compression, EPDM à gauche, Silicone à droite

### **I.6. l'élastomère :**

Les élastomères, comme les matières plastiques, font partie de la famille des polymères. Le terme « élastomère » est utilisé aujourd'hui pour désigner d'une façon générale tous les caoutchoucs, c'est-à-dire les substances macromoléculaires, naturelles ou synthétiques, possédant l'élasticité caoutchoutique. [11]

Le caoutchouc est, soit d'origine naturelle, provenant essentiellement de l'*Hevea brasiliensis*, soit synthétique, issu de la pétrochimie.

Les élastomères sont un type particulier de matériaux polymères qui possèdent l'impressionnante faculté de pouvoir supporter de très grandes déformations. Ils se caractérisent aussi par la quasi-recouvrance de ses propriétés initiales quand la sollicitation cesse.

Le plus souvent, ils n'acquièrent ses propriétés qu'après une opération dite de réticulation qui consiste à créer des liaisons chimiques fortes entre les chaînes macromoléculaires constituant le matériau. En général, l'additif permettant lors d'un traitement thermique la réticulation est le soufre mais peut être aussi le peroxyde.

#### **I.6.1. Propriété mécanique :**

- **Elasticité :**

L'élasticité d'un caoutchouc est issue du processus de vulcanisation. Vulcaniser consiste à « cuire » un élastomère afin de créer une réticulation. Cette réticulation ou cross-linking permet

de créer des ponts entre les chaînes d'un élastomère. Ce sont ces ponts qui vont donner les propriétés élastiques au caoutchouc.

- **Dureté :**

La dureté est un paramètre utilisé pour définir la résistance d'un matériau à la pénétration d'un corps plus dur.

On mesure la dureté grâce à un duromètre qui peut être exprimé en différentes échelles de mesure : Shore A, Shore D et IRDH (également appelé DIDC).

L'unité de mesure, le Shore s'étend sur un intervalle de 0(mou) à 100(dur).

- **Densité :** Masse volumique exprimé en g/cm<sup>3</sup>
- **Résistance à la déchirure :** force (n/mm) nécessaire pour couper ou déchirer un élastomère (donnée pertinente pour un élastomère avec une utilisation protectrice comme les soufflets de protection)
- **Coefficient de frottement :** c'est un paramètre qui va calculer l'adhérence (statique) ou le glissement (dynamique) entre un matériau et la surface à étancher.[12]

### **I.6.2 Différentes familles d'élastomères :**

On compte une quinzaine de familles d'élastomères et dans certaines de ces familles dix à vingt grades différents. Les méthodes actuelles de polymérisation permettent la fabrication de produits sur mesure répondant à la fois aux problèmes de mise en œuvre et aux propriétés recherchées.

La classification courante consiste à séparer les caoutchoucs en trois catégories :

- Les caoutchoucs à usage généraux : ils sont représentés par les caoutchoucs naturels (NR) et le polyisoprène de synthèse (IR), les copolymères de butadiènes (SBR) et les polybutadiènes (BR).
- Les caoutchoucs spéciaux : ils sont les Co-ou terpolymères d'éthylène propylène et diène (EPM et EPDM), les copolymères de butadiène acrylonitrile (NBR), les
- Les caoutchoucs très spéciaux : ils rassemblent les caoutchoucs de silicone (VMQ), les élastomères fluorés (FPM), les polyacrylates (ACM)...ext. On peut ajouter à cette classification les élastomères thermoplastiques qui forment une catégorie à part, ces élastomères n'ont pas besoin d'être vulcanisés et se mettent en œuvre comme les thermoplastiques. [12]

Désignation chimique des matériaux de base	Abréviation
Butadiène acrylonitrile	NBR
Butadiène acrylonitrile hydrogéné	HNBR
Caoutchouc fluoré	FPM
Caoutchouc perfluoré	FFPM
Chloroprène	CR
Caoutchouc Ethylène-Propylène-Diène	EPDM
Caoutchouc silicone : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Polysiloxane-vinyle-méthyle</li> <li>• Polysiloxane-phényle-vinyle-méthyl</li> <li>• Polysiloxane-fuolorométhyle (fluorsilicone)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VMQ</li> <li>• PMVQ</li> <li>• FVMQ</li> </ul>
Polyéthylène chlorosulfoné	CSM
Polyacrylate	ACM
Caoutchouc Styrène-Butadiène	SBR
Caoutchouc Naturel	NR

**Tableau I.1.** Familles Elastomères (caoutchouc)

### I.6.3 Les caoutchoucs spéciaux :

Leur température limite d'utilisation continue est inférieure à 150 °C.

- Polyisobutylène ou élastomère isobutylène-isoprène, encore appelé « caoutchouc butyle » (PIB ou IIR) : recherché pour sa grande imperméabilité aux gaz ; résistant au vieillissement et aux produits chimiques corrosifs.
- Chloroprène (CR) ou Néoprène : ininflammable et résistant au vieillissement ; sensible au stockage (tendance à la cristallisation). Découvert par Wallace Hume Carothers et son équipe en 1931.
- Copolymère butadiène-acrylonitrile ou « caoutchouc nitrile » (NBR), encore appelé Buna N<sup>17</sup> : excellente résistance aux produits pétroliers et aux solvants ; sensible à la lumière et à l'ozone.
- Copolymère éthylène-propylène (EP ou EPM) et terpolymère éthylène-propylène-diène (EPDM) : comparés aux polydiènes, ils offrent une meilleure résistance à l'oxydation (O<sub>2</sub> et O<sub>3</sub>) et aux intempéries ; utilisés en isolation électrique (excellente résistivité) et

pour les joints de carrosserie automobile (excellente résistance aux agents atmosphériques) ; température de service continu de  $-40$  à  $+150$  °C.

- Polyéther bloc amide (PEBA) (TPE).
- Santoprene (nom commercial) : TPE du type EPDM-PP pour l'injection plastique.
- Polyuréthanes thermoplastiques (TPU).
- Oléfines thermoplastiques (TPO).
- Polysulfures : tenue aux solvants et au vieillissement.
- La protéine élastine. [11]

#### **I.6.4. Mise en œuvre des élastomères :**

Avant d'être transformés en objets finis, les élastomères doivent être formulés. La formulation impose la fabrication d'un mélange. Le malaxage (mélange) consiste à incorporer et à disperser dans un élastomère, les différents ingrédients de la formulation préalablement établie pour une application donnée. En fin de malaxage, le mélange est mis en feuilles ou en bandes de six millimètre d'épaisseur, refroidi et stocké avant la mise en forme.[15]

#### **I.6.5. Mise en forme des mélanges :**

Ce procédé consiste à donner au mélange la forme de la pièce à réaliser et à vulcaniser, soit simultanément, lors d'une seconde opération. Il y a plusieurs procédés pour la mise en forme parmi les quels, on peut citer :

- Le moulage : à l'aide de presse (injection, compression ou transfert). Pour ce cas la vulcanisation se fait en même temps que la mise en forme dans le moule.
- L'extrusion : il est utilisé pour la réalisation de profilés. Dans ce procédé, la mise en forme se fait dans une extrudeuse. La vulcanisation a lieu dans un second temps et peut se faire par différentes techniques.
- Le calandrage : pour la réalisation de feuilles fines ou tissus enduits (textiles caoutchouc) largement utilisés pour les pneumatiques (carcasses, ceintures,...etc). La mise en forme s'effectue à l'aide de calandres (machine à deux, trois ou quatre cylindre). La vulcanisation des feuilles obtenues se fera en discontinue dans un autoclave ou en continue à l'aide d'une rotocure.

Les pièces obtenues par ces procédés passent par des ateliers de finition et de contrôle plus au moins rigoureux. En particulier, le contrôle à l'unité est pratiqué pour des pièces de grandes précisions (pour l'aéronautique par exemple).

### **I.6.6. Domaines d'utilisation :**

L'industrie de transformation des élastomères occupe une place de plus en plus importante dans l'économie mondiale. La production annuelle des caoutchoucs naturels ou synthétique dépasse les 20 millions de tonnes dans le monde, dont 24% en Europe. Grâce à leurs propriétés d'élasticité, d'imperméabilité et d'amortissement, l'utilisation des élastomères s'est donc généralisée à divers secteurs de l'industrie, tels que :

- **L'industrie automobile** : représente plus de 75% de la consommation mondiale d'élastomères, avec les joints extrudés, les courroies de transmissions, les durites, les supports moteurs, les balais d'essuie-glace... et surtout la production de pneumatiques qui consomme à elle seule 63% de la production mondiale d'élastomères ;
- **L'industrie aéronautique et spatiale** : pour des pièces techniques, généralement composites et jouant le rôle de liaisons élastiques et/ou systèmes antivibratoires, comme  
Par exemple : les butées spheriflex (structures lamifiés élastomère-métal) et/ou les amortisseurs de traînée pour les rotors d'hélicoptères, ainsi que les systèmes lamifiés DIAS reliant les boosters au corps central de la fusée Ariane V.
- **Le secteur BTP** : avec les appuis de pont et les systèmes d'isolation antisismiques, utilisés notamment dans la construction des centrales nucléaires.
- **L'habillement, et en particulier l'industrie des chaussures** : (bottes, semelles, chaussures de sport...) qui, avec un siècle et demi d'existence, reste l'une des premières applications du caoutchouc.
- **Dans les domaines de l'industrie médicale et pharmaceutique** : on utilise d'une part, des élastomères répondant à des exigences de pureté et biocompatibilité (principalement les silicones et les polyuréthanes, pour la conception d'articles tels que les prothèses, les éléments d'organes artificiels) et d'autre part, pour le conditionnement avec des critères d'élasticité et d'inertie chimique (caoutchoucs naturels et caoutchoucs butyles).
- **Dans d'autres secteurs** : pour l'étanchéité, les revêtements anticorrosion, tubes et tuyaux, les colles et mastics... [14].



Catégorie	Élastomères	Caractéristiques	Secteur	Applications
Élastomères à usages généraux	NR, IR, SBR, BR...	Excellentes propriétés élastiques, Résistance chimique	Automobile Bâtiments Public	Pneumatiques, Support moteurs, balais d'essuie glaces.. Étanchéité de toitures, câblerie, adhésifs, tuyaux. gants de ménage et de chirurgie, tétines, préservatifs, tapis de sol...
Élastomères à usages spéciaux	EPDM, IIR, CR, NBR...	Résistance aux liquides agressifs, stabilité vis-à-vis de la température, bonne tenue au vieillissement.	Automobile BTP Pharmacie.. Aéronautique	Amortisseurs, joints de vitrage, courroies, durites. Joints, tuyaux, isolations de câbles. Bouchons. Réservoirs souples.
Élastomères à usages très spéciaux	Silicone, Élastomères Fluorés	Excellentes tenues chimiques et thermiques.	Automobile Aéronautique	Fils d'allumage, bagues d'étanchéité Joints, pièces techniques

**Tableau I.2.** Domaines d'applications des polymères

### I.7. Conclusion :

On a présenté dans ce chapitre un aperçu général des outils qui conçoivent les pièces pour fabriquer, les moules qui sont généralement utilisés pour le moulage, le moulage par compression, et les matières plastiques qui sont moulées facilement pour se lancer dans ce projet de réalisation.



*Chapitre II :*

*Ingénierie du moule*

### **II.1. Introduction :**

Ce chapitre est consacré à la conception du moule déduire les éléments du moule, par la suite, la détermination d'assemblage d'un moule complet

### **II.2. La CAO (conception assistée par ordinateur) :**

#### **II.2.1. Définition de la CAO :**

La conception assistée par ordinateur (CAO) comprend l'ensemble des logiciels et des techniques de modélisation géométrique permettant de concevoir, et de tester virtuellement des produits.

Lorsqu'un système est affecté d'un nombre trop grand de paramètres, il devient difficile de tout contrôler. La CAO permet de concevoir des systèmes dont la complexité dépasse la capacité de l'être humain, et d'apprécier globalement le

Comportement de l'objet créé avant même que celui-ci n'existe. En CAO, on ne dessine pas, on construit virtuellement un objet capable de réagir dans son espace réel selon des lois régies par le logiciel. Le résultat, appelé maquette numérique qui constitue alors un véritable prototype évolutif.

Durant notre conception nous avons utilisé le logiciel de conception appelé « SolidWorks »

#### **II.2.2. Domaines de la CAO :**

Le développement rapide de la CAO a permis à presque tous les domaines de l'industrie d'en profiter des avantages que présente cette technique, parmi ces domaines on cite :

- Fabrication mécanique : conception des moules, usinage des pièces, outillage divers.
- Domaine de la mécanique classique: simulation et calcul des matériaux, résistance des matériaux, vibration et acoustique.
- Aéronautique: Conception des coques d'avions, calculs d'écoulement et aérodynamique
- Automobiles et transports divers.

### II.2.3. Avantages de la CAO :

La CAO possède un nombre important d'avantages qui contribuent énormément à l'amélioration de l'industrie en général, de ce fait elle est devenue un élément essentiel. Parmi ces avantages :

- Gain de temps et productivité pour les équipes de conception avec l'utilisation de la modélisation solide.
- Amélioration considérable de la qualité des produits du fait que la CAO permet de contrôler leurs qualités avant même leurs productions.
- Diversification de la production, par la possibilité de conception des formes complexes.
- Importance des échanges entre concepteurs et réalisateurs, du fait d'une définition beaucoup plus complète en CAO.

### II.2.4. Logiciel utilisé :

Un programme en général de type industriel doit être capable de résoudre des problèmes variés de grandes tailles (de mille à quelques centaines de milliers de variables).

Ces programmes complexes nécessitent un travail d'approche non négligeable avant d'espérer pouvoir traiter un problème réel de façon correcte. Citons à titre d'exemple quelques noms de logiciels : SOLID WORKS (COSMOS WORKS), KATIA, ABAQUS, ANSYS.... Etc. les possibilités offertes par de tels programmes sont nombreuses :

- Analyse statique ou dynamique.
- Prise en compte de lois de comportement complexe.
- Prise en compte de phénomènes divers (élasticité, thermique, ....).
- Problèmes d'optimisation,... etc.

L'utilisation de tels programmes nécessite une formation de base minimale.

#### II.2.4.1. Les différentes utilisations de SolidWorks :

Ce logiciel est utilisé par des concepteurs, des ingénieurs, des étudiants et d'autres professionnels pour concevoir des pièces, des assemblages et des mises en plan complexes.

De plus ils peuvent être utilisés dans plusieurs domaines, nous citons par exemple :

- Produit du design industriel.
- Ouvrages de génie civil.
- Ouvrages d'architecture.

### II.2.4.2. Modélisation géométrique des composantes :

La modélisation géométrique des pièces d'une extrudeuse avec le logiciel SolidWorks passe par 3 étapes :

- Création des pièces en model de 2D (2 dimensions).
- Création des pièces en model 3D (3 dimensions).
- Assemblage des pièces.

### II.3. Conception de la pièce :

#### II.3.1. Fiche d'identification :

Entreprise AMM	Fiche d'identification	Réf
<b>Désignation du travail :</b> Elément élastique de jonction		<b>Date :</b> 06-05-2022
<b>Fonction de la pièce</b>		<b>Milieu de travail :</b> Air
<b>Température :</b> Ambiante	<b>Durtué shore (A) :</b> 80	<b>Pression :</b> /

#### II.3.2. Dessin de la pièce :

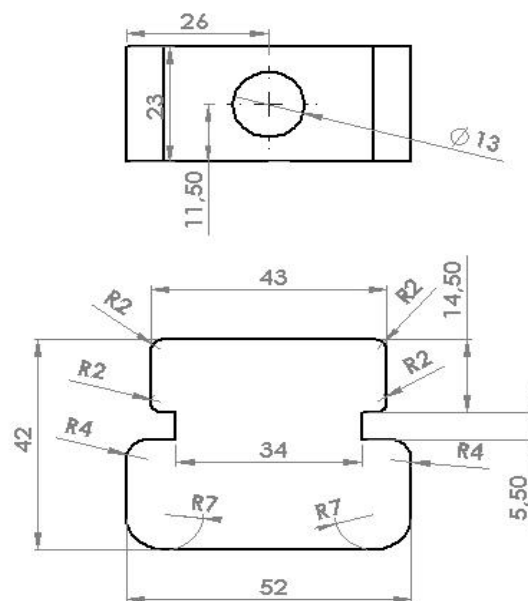
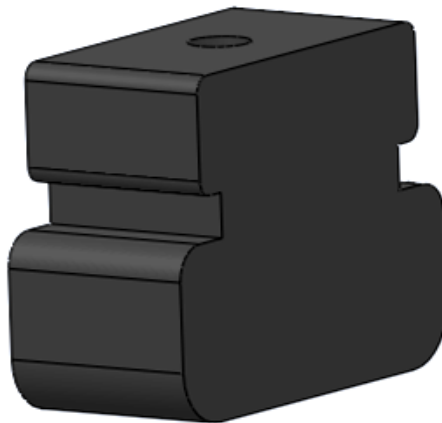


Figure II.4. Représentations la pièce non contractuelle

### II.3.3. Model CAO de la pièce moulée :

Dès l'obtention des données techniques de l'extracteur-avertisseurs pièces, nous avons récupéré les différentes cotes de la pièce. Puis nous avons modélisé le modèle géométrique de la pièce.

Durant la conception des pièces de jonction câbles, nous avons utilisé les commandes du logiciel SolidWorks tel que : Esquisses, fonctions et surfaces. Premièrement, nous avons conçu l'élément élastique de jonction avec les modifications nécessaires, ainsi que l'attribution de la matière



**Figure II.5.** Élément élastique de jonction

### II.4. Conception du moule :

Le moule pour moulage par compression est généralement simple mais doit être très robuste pour supporter les pressions élevées. Souvent en acier mais aussi en alliage léger pour les applications moins contraignantes, les moules sont constitués, en principe, de deux demi-moules comportant :

- une ou plusieurs empreintes ;
- permettre leur démoulage, peuvent nécessiter des plans de joint supplémentaires ;
- des dégorgeoirs bordant les empreintes et devant recueillir le surplus de matière ;-
- des évents permettant l'échappement de l'air emprisonné au moulage sans laisser passer la matière à mouler ;
- des systèmes de centrage assurant le positionnement précis des diverses parties du moule
- un dispositif permettant de positionner les outils utilisés pour ouvrir le moule au démoulage

- éventuellement, un noyau permettant de mouler des objets creux, soufflets de protection par exemple.
- éventuellement, des dispositifs de centrage ou de maintien des inserts.

Dans cette étape, après avoir conçu la pièce et avoir fait l'analyse de la dépouille, nous avons constaté que notre pièce était assez complexe pour réaliser les trois empreintes à l'aide de la fonction « dossier moulage ». Donc nous avons eu recours à une autre technique pour les obtenir.

Cette technique consiste à créer un assemblage à travers la pièce moulée, une fois sur l'assemblage nous avons esquissé un rectangle sur le plan de milieu de la pièce, et avec la fonction ajout de matière nous avons pu avoir un bloc, puis nous avons désigné notre pièce comme noyau à l'aide de la fonction « dossier moulage ».

Enfin, grâce à l'option configuration, nous avons pu créer d'autres configurations à partir de l'ensemble des trois empreintes obtenues et toutes ces configurations contiennent des éléments constituant nos dix empreintes.

Premièrement, nous avons commencé par la création des deux empreintes, l'utilisation de la fonction (outils de moulage) est indispensable, une fois de plus nous avons introduit un facteur de retrait et nous sommes passés à l'analyse de la dépouille et à la spécification des lignes et plans de joint et ce pour chaque partie de la pièce.

**La partie supérieure du moule :** C'est la partie mobile du moule qui est guidée par les colonnes de guidages.

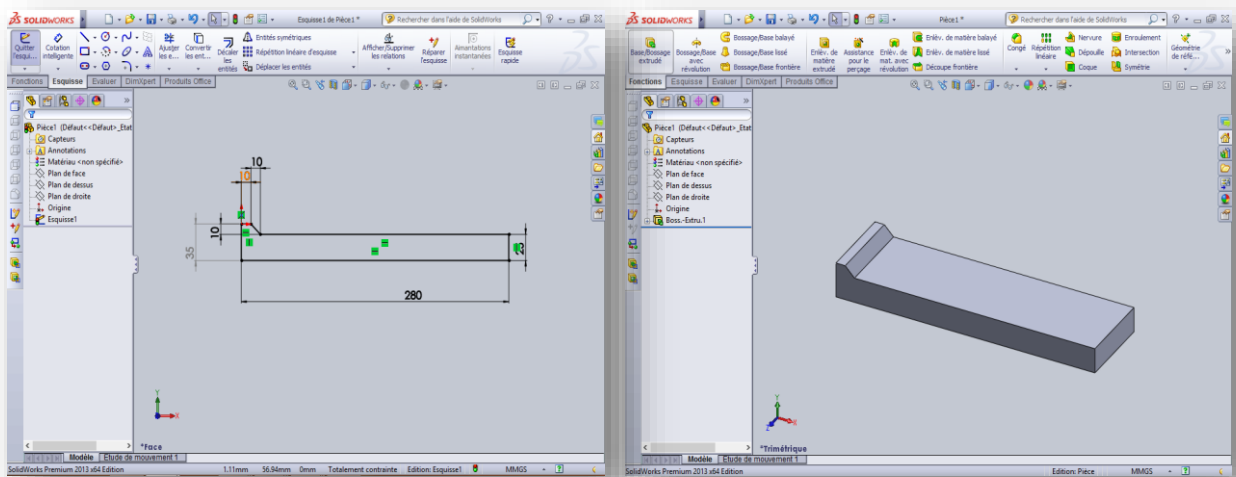
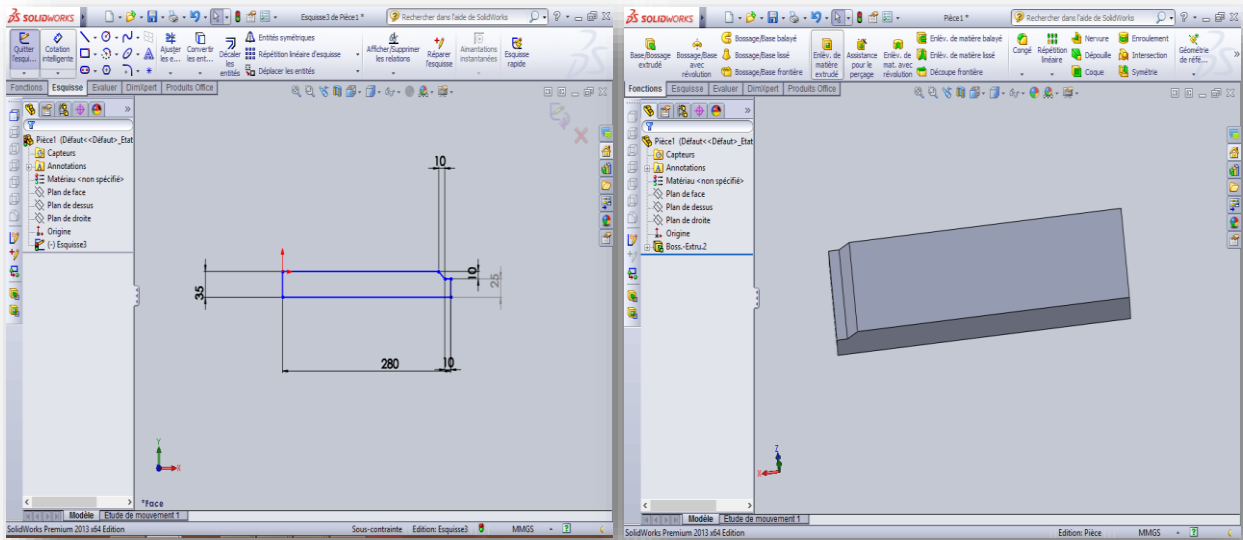


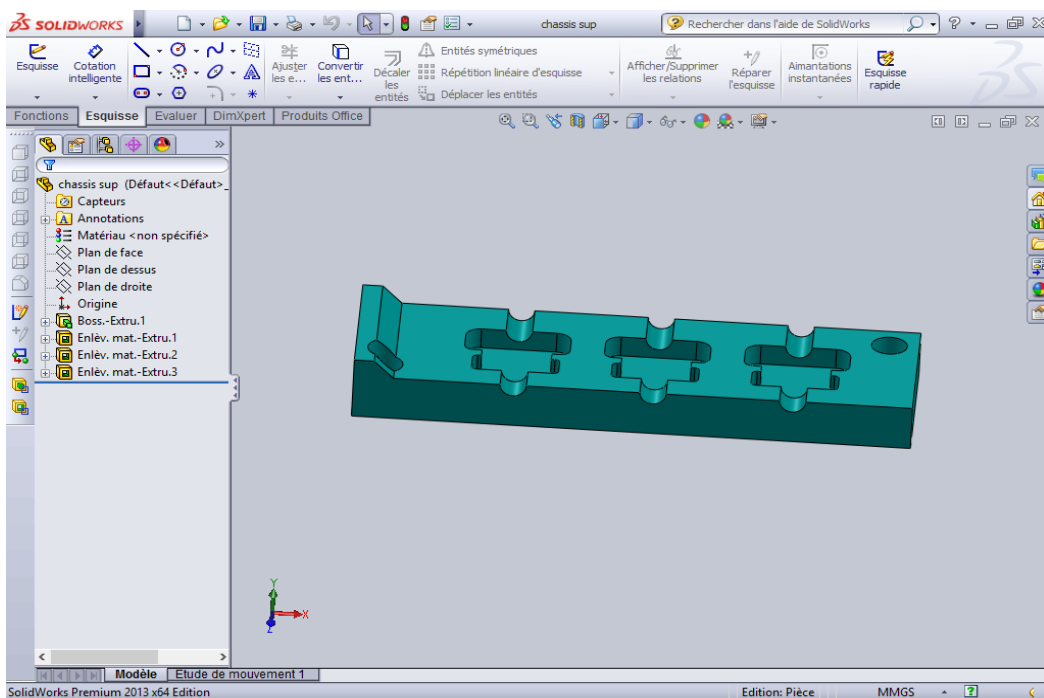
Figure II.6. Création de la partie sup.

**La partie inferieur du moule : C'est la partie fixe du moule sur la quelle posera la partie mobile**



**Figure II.7.** Création de la partie inf.

Enfin, les fonctions (esquisse) et (volume noyau) nous a permis le dimensionnement final de nos deux partie sup et inf (création d’empreinte).



**Figure II.8.** Châssis sup final.



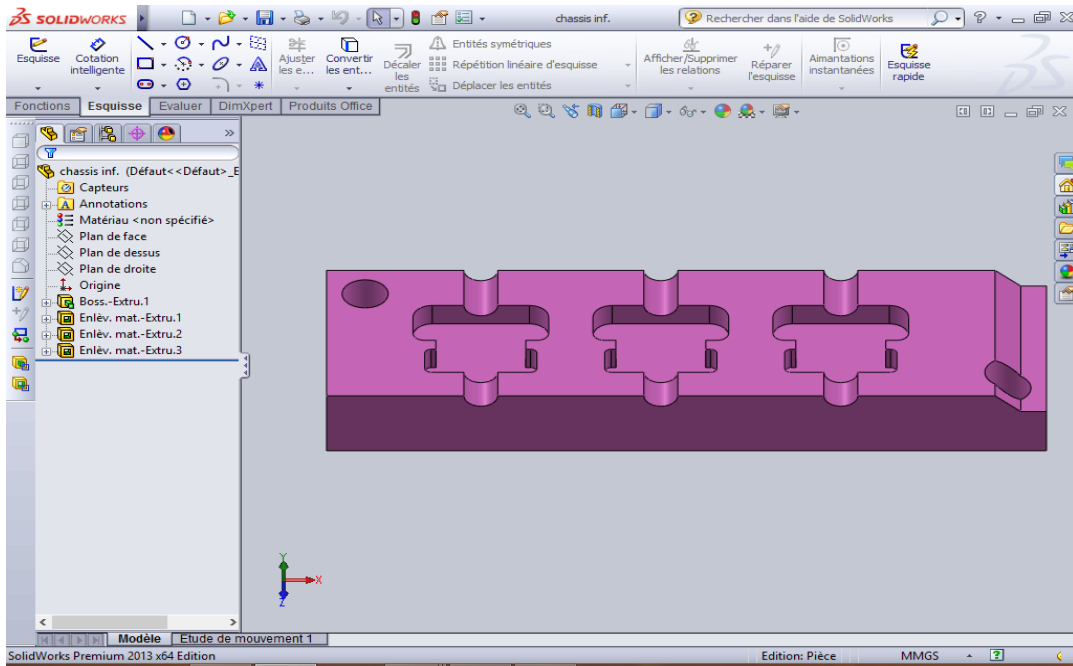


Figure II.9. Châssis inf final.

Mais nous avons remarqué que l'utilisation de deux empreintes ne nous permet pas le démoulage des pièces de jonction du câble car ils ne tiennent pas bien ensemble, alors on a été obligé d'utiliser des axes du moule pour la forme de pièce moulée et des axe de centrage pour fixée l'assemblage du moule

**Les axes du moule :** Sont des axes en acier ils servent a pour remplir la matière dans le moule

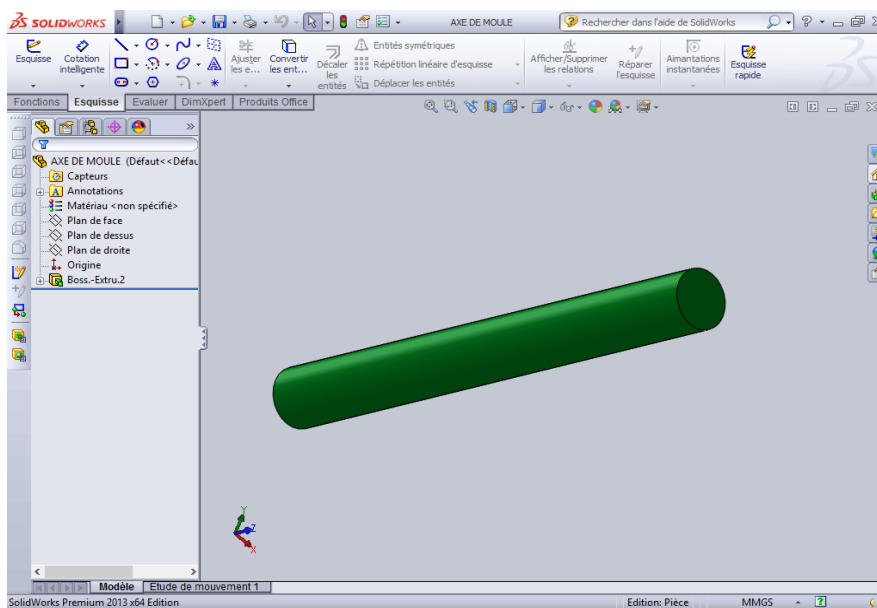


Figure II.10. Axe de moule

**Les axes de centrage :** Sont des tiges en acier elles servent à positionné la partie mobile (supérieur) du moule la partie fixe (inferieur) par glissement.

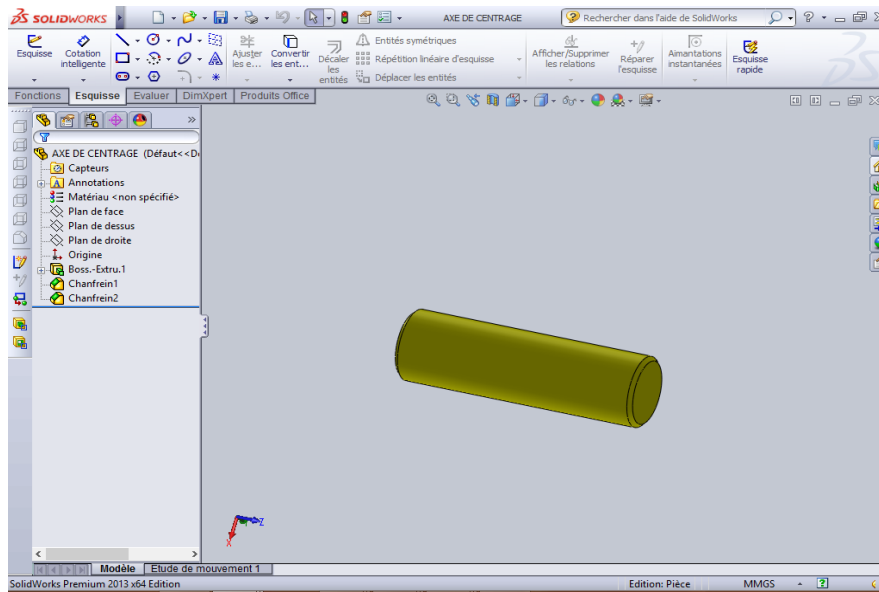


Figure II.11. Axe de centrage

Enfin, l'utilisation de la commande assemblages nous a permis d'effectuer le montage de toutes les pièces en formant un moule complet et la détection des interférences qui peuvent exister entre les pièces assemblées

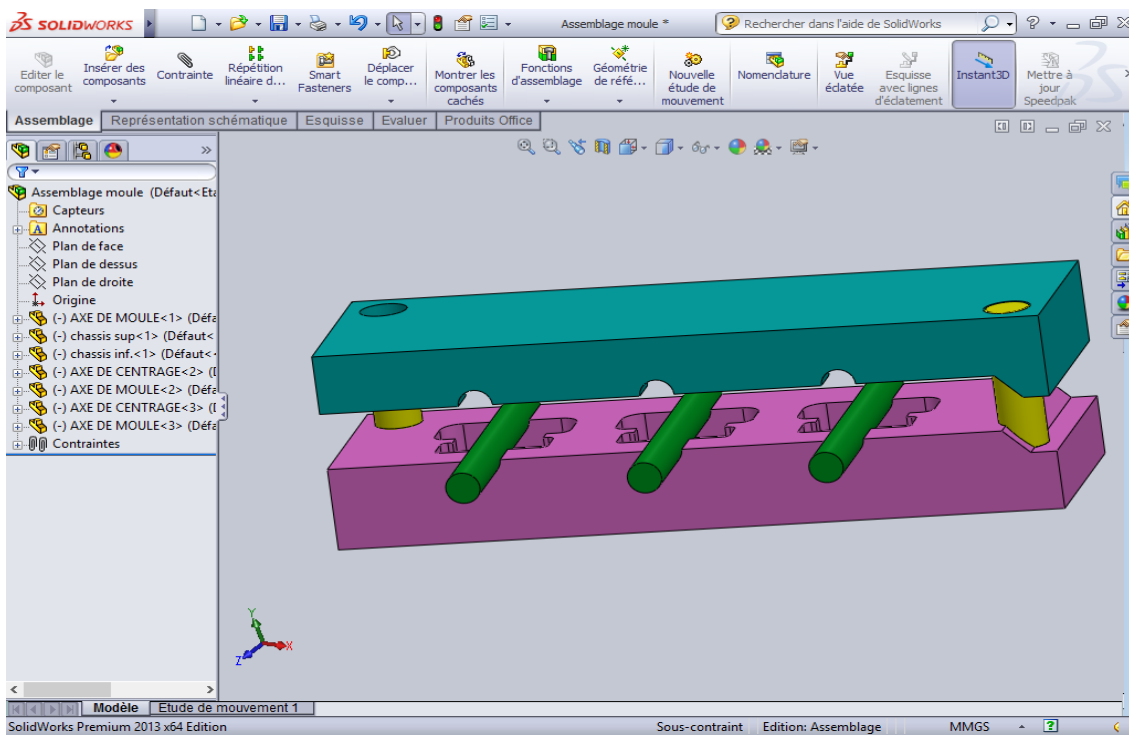
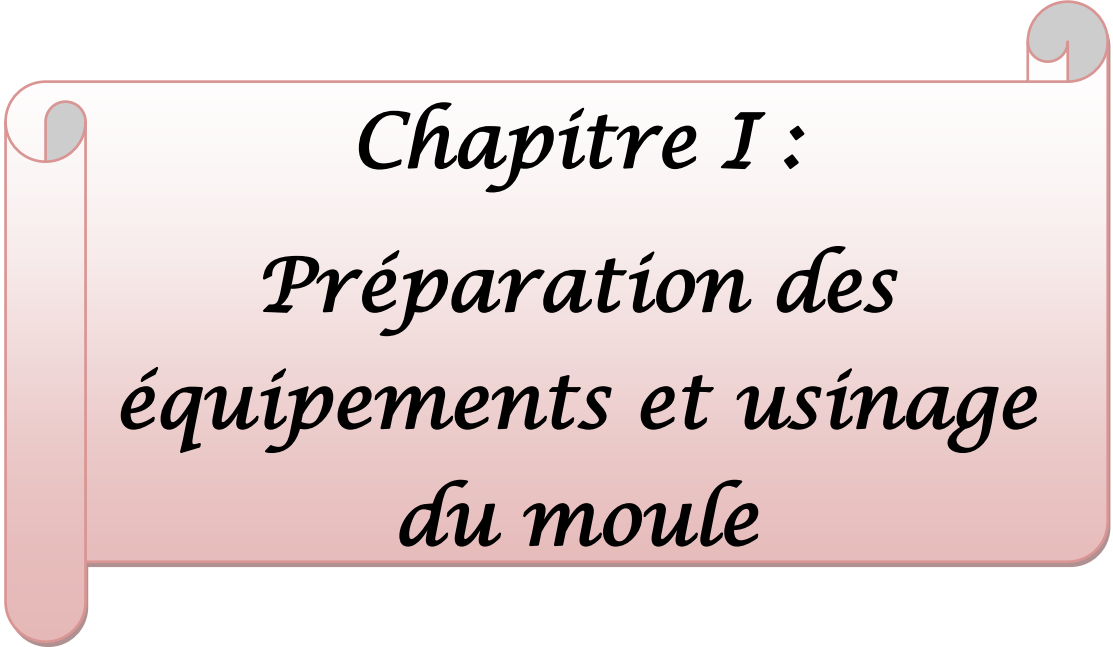


Figure II.12. Assemblage de moule

**II.5. Conclusion :**

L'utilisation de C.A.O. (SolidWorks) permet de créer des pièces selon la demande du client quelle que soit la forme et mise dans des moules avec des caractéristiques variées sa dépend de la pièce et de la machine mais il est nécessaire pour le concepteur des moules informé des étapes importantes :

- Comprendre et respecter les règles de conceptions des pièces en matière plastique.
- La maîtrise de logiciel de conception et de simulation.
- Possibilité et la facilité de modification des pièces et des moules.



*Chapitre I :*  
*Préparation des*  
*équipements et usinage*  
*du moule*

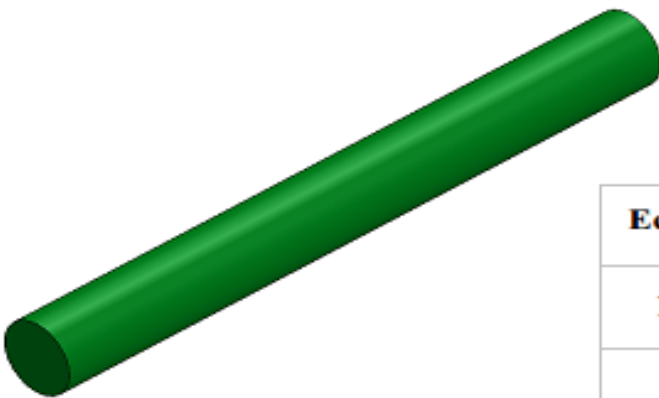
### **III.1. Introduction :**

Dans ce chapitre nous allons étudier la fabrication de moule sur des différentes machines. Pour cette raison on adopte un raisonnement qui commence par le dessin de définition et les gammes d'usinage et des contrats de phase qui serviront eux aussi à la réduction des machines nécessaires à la fabrication des différentes pièces de notre moule.

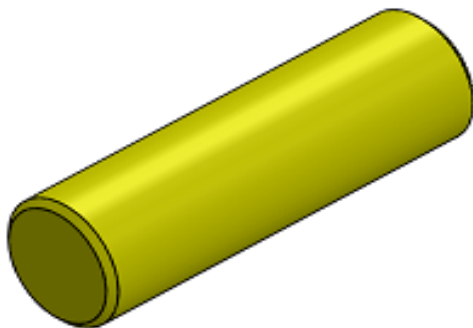
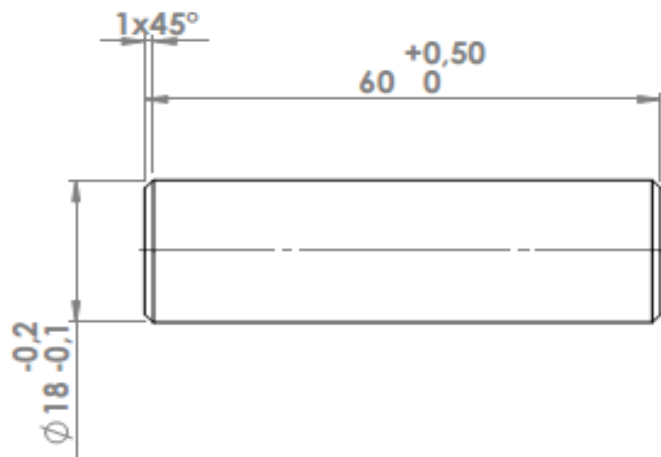
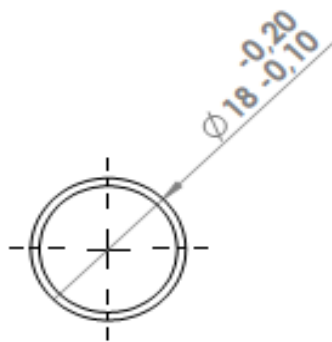
### **III.2. Dessin de moule :**

Après avoir déterminé les différentes formes fonctionnelles qui découlent des différentes fonctions de l'appareil on peut à présent concevoir notre produit et donc faire les différents dessins industriels.

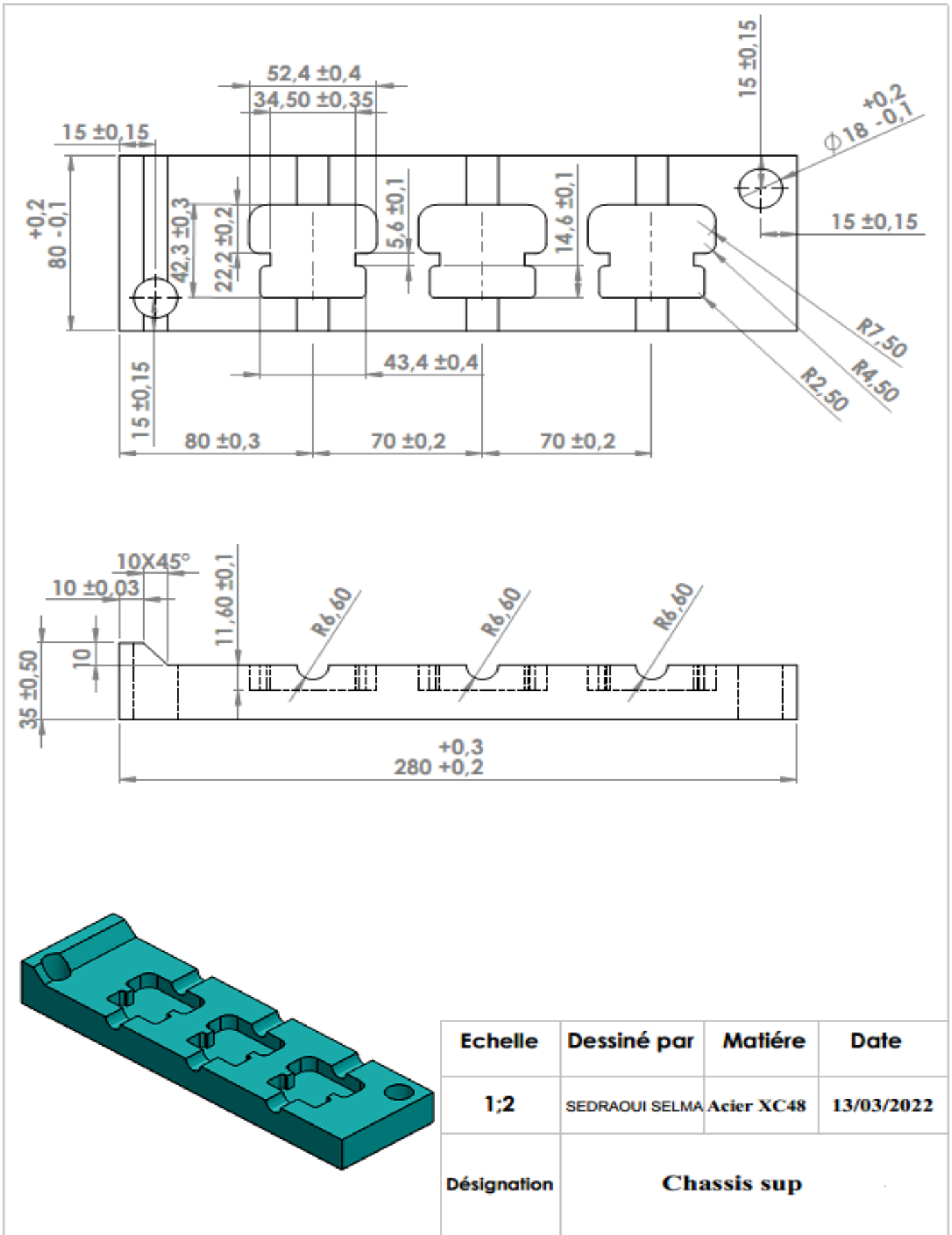
Les tableaux suivants sont le dessin en perspective et les projections orthogonales de l'ensemble du produit et de ces composants.



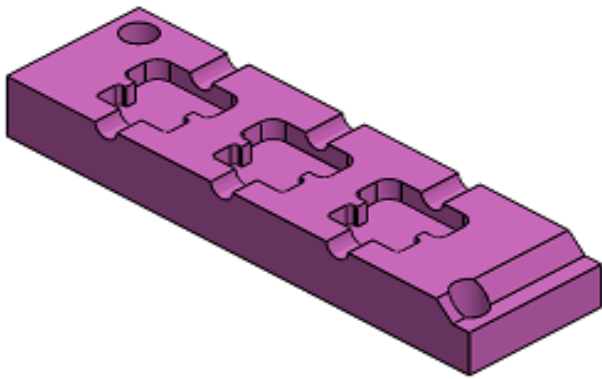
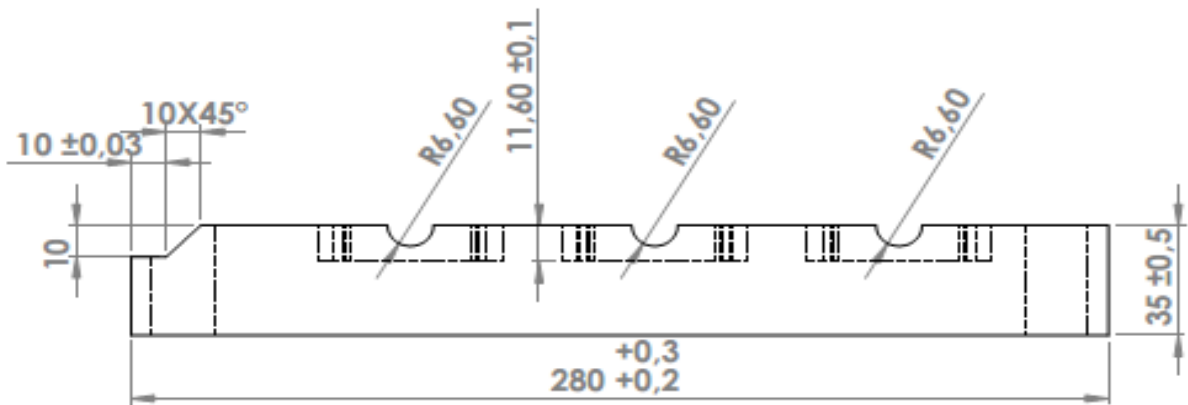
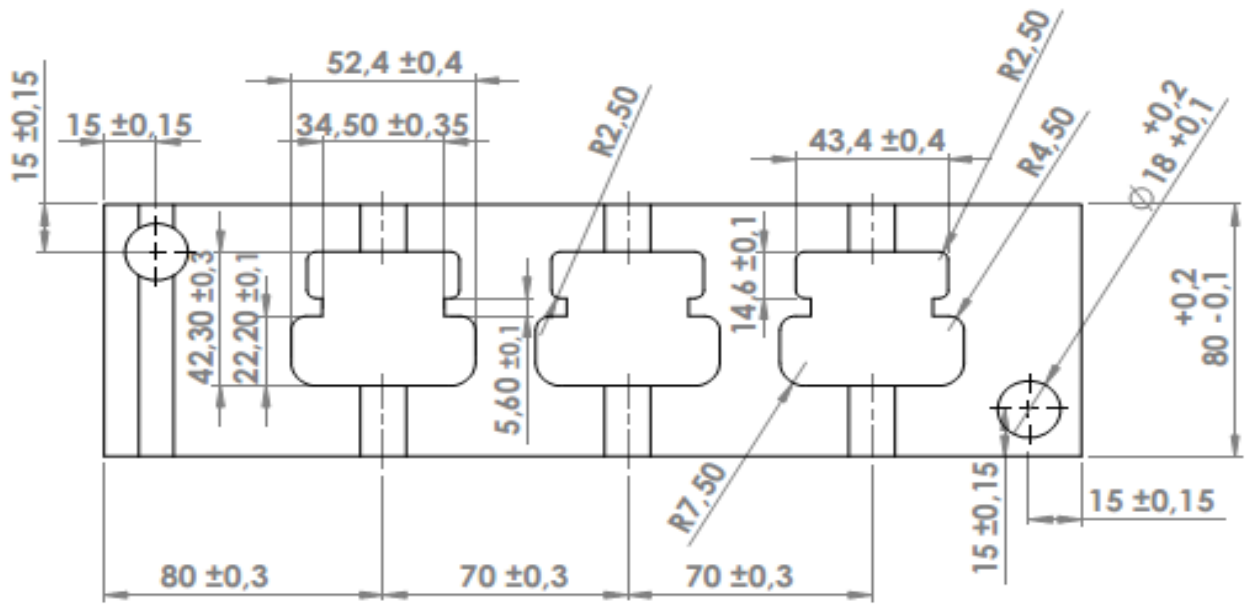
Echelle	Dessiné par	Matière	Date
<b>1;0.8</b>	SEDRAOUI SELMA	Acier XC48	13/03/2022
Désignation	<b>Axe de moule</b>		



Echelle	Dessiné par	Matière	Date
1;0.8	SEDRAOUI SELMA	Acier XC48	13/03/2022
Désignation	Axe de centrage		







Echelle	Dessiné par	Matière	Date
1;2	SEDRAOUI SELMA	Acier XC48	13/03/2022
Désignation	Chassis inf		

### III.3. Gamme d'usinage :

Une gamme d'usinage est une méthode qui permet d'établir l'ordre chronologique des différentes opérations d'usinage d'une pièce à réaliser compte tenu des moyens disponibles :

1. Opération : c'est l'action d'un outil sur une surface élémentaire
2. Sous phase : c'est le changement de prise de pièce sur le même poste de travail
3. Phase : c'est l'ensemble des opérations effectuées sur le même poste de travail

La gamme d'usinage est la suite des opérations à réaliser pour passer de la pièce brute à la pièce finie. Dans le domaine automobile, beaucoup de pièces brutes sont quasiment toujours réalisées en fonderie afin de limiter le volume de matière à enlever. Une surface finie est rarement obtenue en une seule opération.

Généralement, on effectue trois, voire quatre passes pour l'obtenir. Par ordre chronologique, ces opérations sont :

- L'ébauche (appelée aussi dégrossissage),
- La semi-finition,
- La finition,
- La super-finition.

Pour définir les engagements pour chaque passe, on utilise la technique des chaînes de cotes. Elle consiste, à partir de la pièce finie, à considérer les opérations dans le sens antichronologique, en déterminant pour chaque opération l'engagement en fonction de certains critères bien définis (état de surface, type d'usinage, intervalle de tolérance,...etc).

Une pièce brute réalisée en fonderie présente une couche externe, appelée croûte de fonderie, qui est due à l'oxydation du métal et à la diffusion du matériau du moule dans le métal.

L'épaisseur de cette couche de silice est très abrasive et use rapidement les outils et, d'autre part, le métal oxydé est difficile à usiner.

Lors de l'ébauche, on doit donc couper une épaisseur de matière telle que toute la matière polluée soit enlevée. Pour déterminer l'engagement en ébauche, il faut prendre en compte l'épaisseur de matière polluée et les variations possibles du positionnement de la pièce, qui dépendent des incertitudes sur la forme de la pièce brute.

L'engagement est souvent très grand, entre 2 et 4 mm environ, de même que l'avance. Dès lors, les forces de coupe générées lors de l'ébauche sont très élevées, ce qui produit une surface de mauvaise qualité, tant du point de vue de la forme que du point de vue de l'état de surface.

Pour respecter les tolérances (forme et rugosité) imposées sur la surface finie, on doit, dans la plupart des cas, réaliser une ou deux passes supplémentaires pour obtenir la précision voulue, ce qui correspond aux passes de semi-finition et de finition.

Lorsqu'il faut obtenir un très bon état de surface, on doit effectuer une passe de superfinition. Pour exécuter celle-ci, on fait appel à des techniques d'usinage particulières comme le rodage ou la rectification.

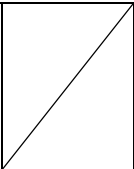
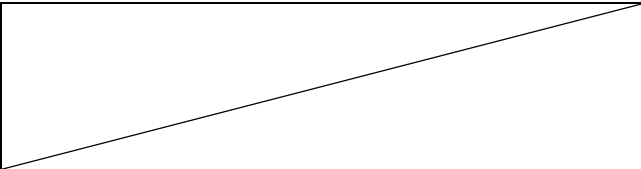
C'est le cas des fûts de cylindres dont la surface est obtenue par honage (action de rayer les parois afin de faire adhérer l'huile).

Outre la définition des engagements, la définition de la gamme inclut également, pour chaque opération, le choix :

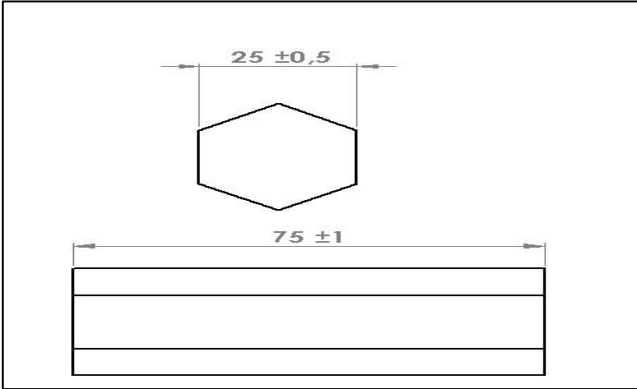
- de la machine-outil et de l'outil,
- de la prise de pièce,
- des conditions de coupe (vitesse de coupe, avance, ...)
- de la trajectoire de l'outil.

<b>Etabli par :</b> SEDRAOUI Selma				<b>Année 2022</b>  <b>Département :</b> génie mécanique <b>Spécialité :</b> fabrication mécanique et productive	
<b>Elément :</b> Axe de moule <b>Nombre d'éléments :</b> 03 <b>Matière :</b> XC48				<b>Feuille d'analyse de fabrication</b>	
N° de phase	Désignation des phases sous- phases et opérations	Machine utilisée	Appareillages Outils-coupants Vérification	T(h)	Croquis phase
10	<b>Débitage</b> Couper 03 ébauches hexagones $S=25^{\pm 0.5}$ ; $L=135^{\pm 1}$ .	EBS360		30min	
20	<b>Contrôle</b>	Poste de contrôle	Pied à coulisse		

30	<b>Tournage</b>				
31	<b>Dressage + Centrage</b>				
	<b>Montage en l'air</b> défini par :				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Centrage long N(1, 2, 3,4).</li> <li>appui ponctuel N (5).</li> </ul>		Porte plaquette		
	<b>Dressage</b> la face (A) en		PCLNR 32-		
	- Ebauche $\varnothing 25$ $L=133^{\pm 0.5}$		32P12 ;		
311	- Finition $\varnothing 25$ $L=131^{\pm 0.5}$		Plaquette		
	<b>Centrage</b> de la face (A) en finition	16D20	CNMG12-04-		
	Cf2= $6.3^{+0.015}_0$ ; Cf3= $14^{\pm 0.5}$		08RN ;		
312	<b>Chariotage+découpage</b>		Foret à	2h	
	<b>Montage mixte</b> Défini par :		centrer $\varnothing 6.3$ ;		
32	Centrage long N (1, 2).				
	pointe tournante N (3, 4).				
	appui ponctuel N (5).				
	<b>Chariotage</b>		Outil à découper		
321	En Finition				
	Cf4= $121^{\pm 0.5}$ ; Cf5= $\varnothing 13.20^{-0.2}_{-0.1}$				
322	<b>Découpage</b>				
	mise longueur en finition $L=120^{+0.5}_0$				

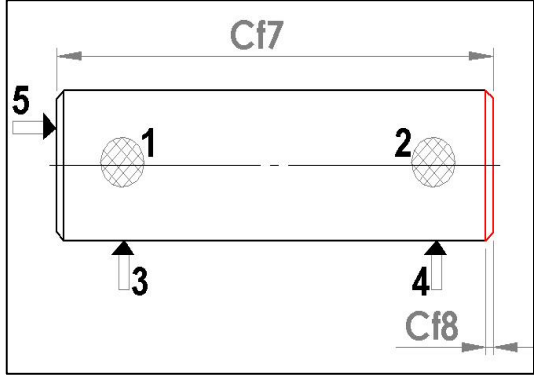
40	Contrôle	Poste de contrôle	pied à coulisse		
----	----------	----------------------	-----------------	---	---

**Tableau III.3.** Gamme d'usinage axe de moule

<b>Etabli par :</b> SEDRAOUI Selma				<b>Année 2022</b> <b>Département :</b> génie mécanique <b>Spécialité :</b> fabrication mécanique et productique	
<b>Élément :</b> Axe de centrage <b>Nombre d'éléments :</b> 02 <b>Matière :</b> XC48				<b>Feuille d'analyse de fabrication</b>	
N° de phase	Désignation des phases sous- phases et opérations	Machine utilisée	Appareillages Outils-coupants Vérification	T(h)	Croquis phase
<b>10</b>	<b>Débitage</b> Couper 03 ébauches hexagones $S=25\pm 0,5$ ; $L=75\pm 1$ .	<b>EBS360</b>		<b>30min</b>	
<b>20</b>	<b>Contrôle</b>	Poste de contrôle	Pied à coulisse	/	/

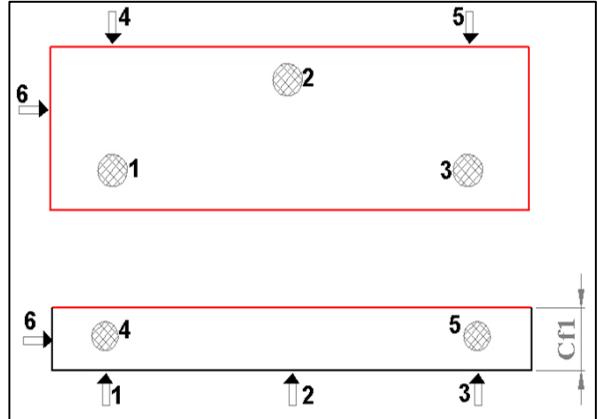
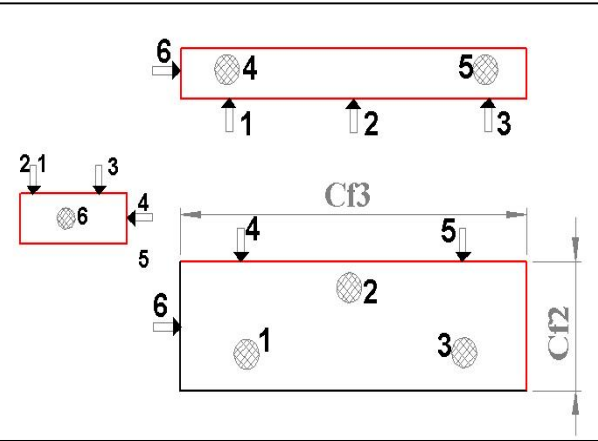
30	<b>Tournage</b>	<b>16D20</b>	Porte plaquette PCLNR 32- 32P12	<b>2h</b>	
31	<b>Dressage + Centrage</b>				
	<b>Montage en l'air</b> défini par :				
	Centrage long N (1, 2, 3, 4)				
	appui ponctuel N (5)				
311	<b>Dressage</b> la face (A) en				
	- Ebauche $\varnothing 25$ $L=73^{\pm 0.5}$				
	- Finition $\varnothing 25$ $L=71^{\pm 0.5}$				
312	<b>Centrage</b> la face (A)				
32	$Cf2=\varnothing 6.3^{+0.015}_0$ ; $Cf3=14^{\pm 0.5}$ .		Plaquette CNMG12- 04-08RN		<b>Vue en coupe :</b>
	<b>Chariotage+Chanfreinage</b>				
	Centrage long N (1, 2)				
	pointe tournante N (3, 4)				
	appui ponctuel N (5)				
321	<b>Chariotage</b> en				
322	Finition $Cf4=62^{\pm 0.5}$ ;				
	$Cf5=\varnothing 18^{-0.2}_{-0.1}$				
	<b>Chanfreinage</b>				
	$Ch=1 \times 45^\circ$				



<p><b>33</b></p>	<p><b>Découpage + Chanfreinage</b>  <b>Un montage en l'aire</b> définie par :                  Centrage long N (1, 2, 3, 4)                  appui ponctuel N (5)  <b>Découpage</b>                  Mise longueur en Finition  <math>Cf7=60^{\pm 0.5}</math> ; <math>\varnothing 18^{-0.2}</math>  <b>Chanfreinage :</b>  <math>Cf8=Ch=1*45^\circ</math></p>	<p><b>16D20</b></p>	<p>Outil à découper</p>		
<p><b>40</b></p>	<p><b>Contrôle</b></p>	<p>Poste de contrôle</p>	<p>Table vernier et pied coulisse</p>		

**Tableau III.4.** Gamme d'usinage axe de centrage

<b>Etabli par :</b> SEDRAOUI Selma				<b>Année 2022</b> <b>Département :</b> génie mécanique <b>Spécialité :</b> fabrication mécanique et productique	
<b>Elément :</b> Châssis sup <b>Nombre d'éléments :</b> 01 <b>Matière :</b> XC48				<b>Feuille d'analyse de fabrication</b>	
N° de phase	Désignation des phases sous- phases et opérations	Machine utilisée	Appareillages Outils-coupants Vérification	T(h)	Croquis phase
<b>10</b>	<b>OXYCOUPAGE</b> Oxycouper 01 tôle $E_p = 50 \pm 0,2 * 300 \pm 1 * 100 \pm 0,5$	<b>CT2040</b>		<b>30 min</b>	<p>The drawing shows two rectangular parts. The top part has a length of <math>300 \pm 1</math> and a height of <math>100 \pm 0,5</math>. The bottom part has a height of <math>50 \pm 0,2</math>.</p>
<b>20</b>	<b>Contrôle</b>	Poste de contrôle	Pied à coulisse		

<p>30</p>	<p><b>FRAISAGE</b> Un Montage défini par : Appui plan N (1, 2, 3). Appui linéaire N (4, 5). Appui ponctuelle N(6).</p>				
<p>31</p>	<p><b>Surfaçage</b> en finition: <b>Cf1=35<sup>±0.5</sup></b></p>	<p><b>Fraiseuse conventionnelle</b> <b>huron MU6.</b></p>	<p>Fraise tourteau 125mm ;  Plaquette SPKN12-03EDR carré.</p>		
<p>32</p>	<p><b>surfaçage</b> Tourner la pièce En finition: <b>Cf2=290<sup>+0.3</sup></b> <b>Cf3=90<sup>+0.2</sup></b></p>			<p>5h</p>	

<p><b>33</b> <b>331</b></p>	<p><b>Surfaçage :</b> Réaliser le méplat de 20mm sur longueur en finition: <b>Cf4=270<math>\pm</math>0.03</b></p>		<p>Fraise tourteau 80mm ; Plaquette TPKN22-04PDR triangle.</p>		
<p><b>332</b></p>	<p>Réalisé le chanfrein Finition : <b>Ch=10x45°</b></p>		<p>Fraise tourteau 25mm ; Plaquette TPKN22-04PDR triangle.</p>		
<p><b>40</b></p>	<p><b>Contrôle</b></p>	<p>Poste de contrôle</p>	<p>Pied à coulisse</p>		

<p><b>50</b></p>	<p><b>FRAISAGE CNC</b> Réaliser le contournage suivant croquis en E F/2 F</p>	<p><b>SXB</b></p>	<p>Fraise (ravageuse) 10×22 HSSC08 ; Fraise tourteau 25mm ; Plaquette TPKN22-04PDR triangle ; Fraise (ravageuse)5×12 HSSC08.</p>	<p>The drawing shows a mechanical part with two views. The top view (upper part) shows a rectangular plate with three U-shaped cutouts. Dimensions include a total width of 34.50 ± 0.35, a total length of 15 ± 0.15, and individual cutout widths of 52.4 ± 0.4, 70 ± 0.2, 70 ± 0.2, and 80 ± 0.3. Radii of R7.50, R4.50, and R2.50 are indicated. Callouts 1, 2, 3, 4, 5, and 6 point to specific features. The side view (lower part) shows a thickness of 11.6 ± 0.1 and callouts 1, 2, 3, 4, 5, and 6 corresponding to the top view.</p>
<p><b>60</b></p>	<p><b>Contrôle</b></p>	<p>Poste contrôle</p>	<p>Pied à coulisse</p>	

Tableau III.5. Gamme d’usinage châssis sup

<b>Etabli par :</b> SEDRAOUI Selma		<b>Année 2022</b>			
<b>Elément :</b> Châssis inf. <b>Nombre d'éléments :</b> 01 <b>Matière :</b> XC48		<b>Département :</b> génie mécanique <b>Spécialité :</b> fabrication mécanique et productique			
		<b>Feuille d'analyse de fabrication</b>			
N° de phase	Désignation des phases sous- phases et opérations	Machine utilisée	Appareillages Outils-coupants Vérification	T(h)	Croquis phase
<b>10</b>	<b>OXYCOUPAGE</b> Oxycouper 01 tôle Ep= $50 \pm 0.2 * 300 \pm 1 * 100 \pm 0.5$	<b>CT2040</b>		<b>30 min</b>	
<b>20</b>	<b>Contrôle</b>	Poste de contrôle	Pied coulis		

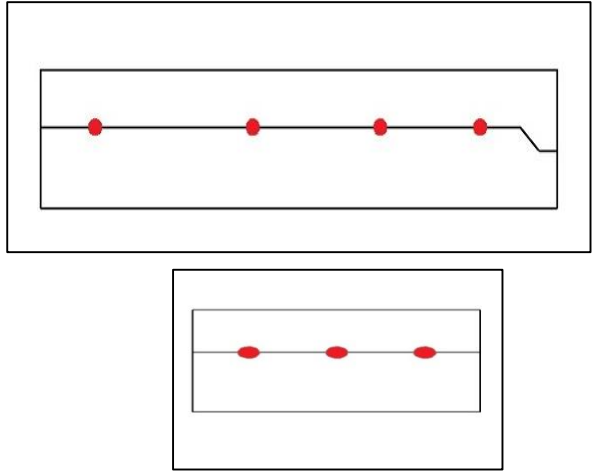
<p><b>30</b></p>	<p><b>FRAISAGE</b> Un Montage défini par : Appui plan N (1, 2, 3). Appui linéaire N (4, 5). Appui ponctuelle N(6).</p>				
<p><b>31</b></p>	<p><b>Surfaçage</b> en finition: <b>Cf1=35<sup>±0.5</sup></b></p>	<p><b>Fraiseuse conventionnelle huron MU6.</b></p>	<p>Fraise tourteau 125mm ;  Plaquette SPKN12-03EDR carré.</p>		
<p><b>32</b></p>	<p><b>surfaçage</b> Tourner la pièce En finition: <b>Cf2=290<sup>+0.3</sup></b> <b>Cf3=90<sup>+0.2</sup></b> <b>Cf3=90<sup>-0.1</sup></b></p>			<p><b>5h</b></p>	

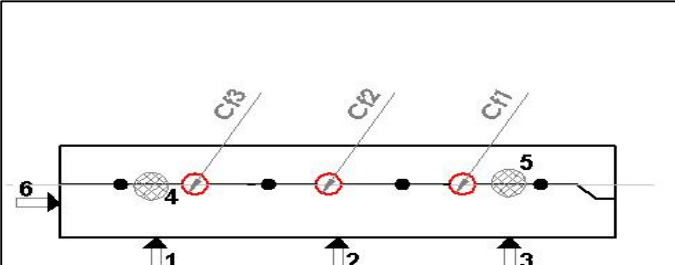
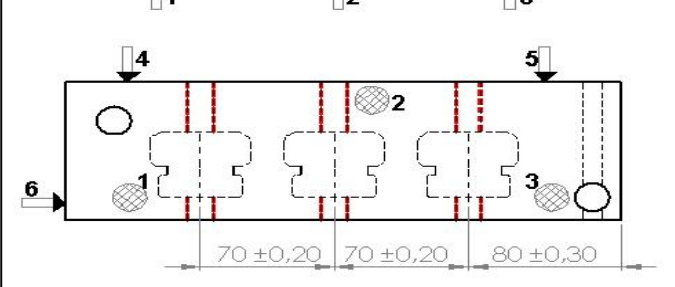
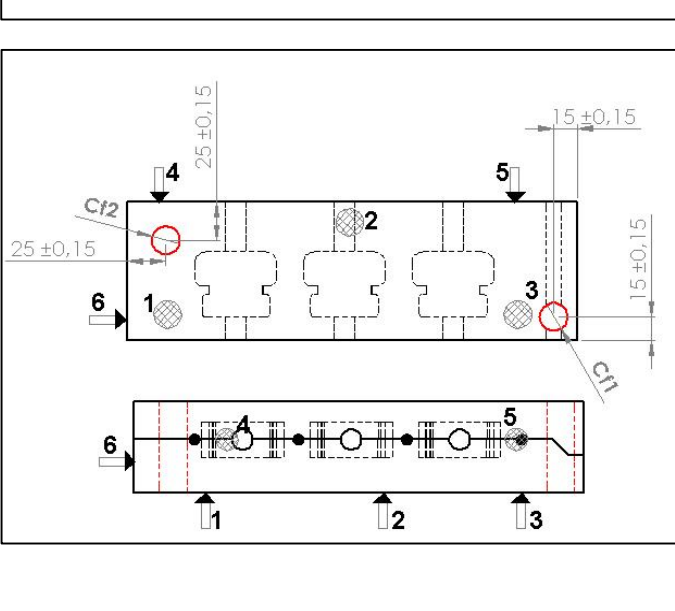
<p><b>33</b></p> <p><b>331</b></p> <p><b>332</b></p>	<p><b>Surfaçage :</b></p> <p>Réaliser le méplat de 20mm sur longueur en finition: <b>Cf4=10<sup>±0.03</sup></b></p> <p>2</p> <p>Réalisé le chanfrein en Finition : <b>Ch=10×45°</b></p>		<p>Fraise tourteau 80mm ; Plaquette TPKN22-04PDR triangle.</p> <p>Fraise tourteau 25mm ; Plaquette TPKN22-04PDR triangle.</p>		
<p><b>40</b></p>	<p><b>Contrôle</b></p>	<p>Poste de contrôle</p>	<p>Pied à coulisse</p>		



<p><b>50</b></p>	<p><b>FRAISAGE CNC</b> Réaliser le contournage suivant croquis En E F/2 F</p>	<p><b>SXB</b></p>	<p>Fraise (ravageuse) 10×22 HSSC08 ; Fraise tourteau 25mm ; Plaquette TPKN22- 04PDR triangle ; Fraise (ravageuse)5×12 HSSC08.</p>		<p>The drawing shows a technical drawing of a CNC milled part. The top view (upper part) shows a rectangular part with three U-shaped cutouts. Dimensions include a total width of 34,50 ± 0,35, a total height of 22,2 ± 0,2, and individual cutout widths of 52,4 ± 0,4, 43,4 ± 0,4, and 80 ± 0,3. Radii of R7,50, R4,50, and R2,50 are indicated. Tool callouts 1, 2, 3, 4, 5, and 6 are placed around the part. The side view (lower part) shows a length of 70 ± 0,2, a total length of 11,6 ± 0,1, and a thickness of 15 ± 0,15. Tool callouts 1, 2, 3, 4, and 5 are also present in the side view.</p>
<p><b>60</b></p>	<p><b>Contrôle</b></p>	<p>Poste contrôle</p>	<p>Pied à coulisse</p>		

**Tableau III.6.** Gamme d’usinage châssis inf.

<b>Etabli par :</b> SEDRAOUI Selma				<b>Année 2022</b>	
				<b>Département :</b> génie mécanique	
				<b>Spécialité :</b> fabrication mécanique et productique	
<b>Elément :</b> Assemblage du moule				<b>Feuille d'analyse de fabrication</b>	
<b>Nombre d'éléments :</b> 01					
<b>Matière :</b> XC48					
N° de phase	Désignation des phases sous- phases et opérations	Machine utilisée	Appareillages Outils-coupants Vérification	T(h)	Croquis phase
10	<b>SOUDURE</b> Réaliser l'assemblage avec soudure suivant croquis	Poste soudure	L'électrode enrobée	30 min	
20	<b>Contrôle</b>	Poste de contrôle	Pied à coulisse		

<p><b>30</b></p>	<p><b>Fraisage</b></p> <p>Un Montage défini par :</p> <p>Appui plan N (1, 2, 3).</p> <p>Appui linéaire N (4, 5).</p> <p>Appui ponctuelle N(6).</p>				
<p><b>31</b></p>	<p><b>Perçage</b></p> <p>percer 02 trou suivant le croquis</p> <p>en E F/2 F.</p> <p><math>Cf1=Cf2=18^{+0.2}_{+0.1}</math></p>	<p><b>Fraiseuse conventionne</b></p>	<p>Foret Ø8.5</p> <p>Foret Ø15</p> <p>Foret Ø18</p>		
<p><b>32</b></p>	<p><b>Perçage</b></p> <p>perser 3 trou suivant le croquis</p> <p>en E F/2 F.</p> <p><math>Cf1=Cf2=Cf3=13.2^{+0.2}_{+0.1}</math></p> <p>débouchant à l'entraxe <math>70^{±0.2}</math></p>	<p><b>lle huron MU6.</b></p>	<p>Foret Ø5</p> <p>Foret Ø10.4</p> <p>Foret Ø13.2</p>	<p><b>5h</b></p>	

<p><b>33</b></p>	<p><b>Surfaçage et mise longueur</b> En finition <math>Cf1=280^{+0.3}_{+0.2}</math>; <math>Cf2=80^{+0.2}_{-0.1}</math> Démontage des deux parties du moule.</p>		<p>Fraise tourteau 125mm  Plaquette SPKN12-03EDR carré</p>	<p><b>1h</b></p>	<p>The diagram shows two views of a mold assembly. The top view is a horizontal rectangle with a red border, containing six numbered circles (1-6) and arrows indicating their positions. The bottom view is a larger rectangle with a red border, also containing six numbered circles (1-6) and arrows. Dimensions Cf1 and Cf2 are indicated with arrows. Cf1 is the horizontal distance between two points, and Cf2 is the vertical distance between two points.</p>
<p><b>60</b></p>	<p><b>Contrôle</b></p>	<p>Poste de contrôle</p>	<p>Pied à coulisse</p>		

**Tableau III.7.** Gamme d'usinage d'assemblage

#### **I.4. Le contrat de phase :**

Le contrat de phase est un document contractuel, il précise ce qu'il doit être respecté dans le cadre de la mise en œuvre de la phase d'usinage pour permettre l'obtention d'une pièce finie conforme au dessin de définition du produit finie en fonction de la gamme opérationnelle choisie.

Ce document destiné aux ateliers pour application doit être le plus explicatif possible pour faciliter la table des ouvriers à cet effet, il doit de tailler toutes les manipulations (PH. S/PH. Et opération), indiquer les outils à utiliser et le régime de coupe du système MO.D.O.P. Dans chacune des séquences de travail, la mise en place des pièces doit être nettement indiquée sur le contrat de phase.

Réalisé à partir de l'avant projet de fabrication, le contrat de phase permet à l'opérateur de :

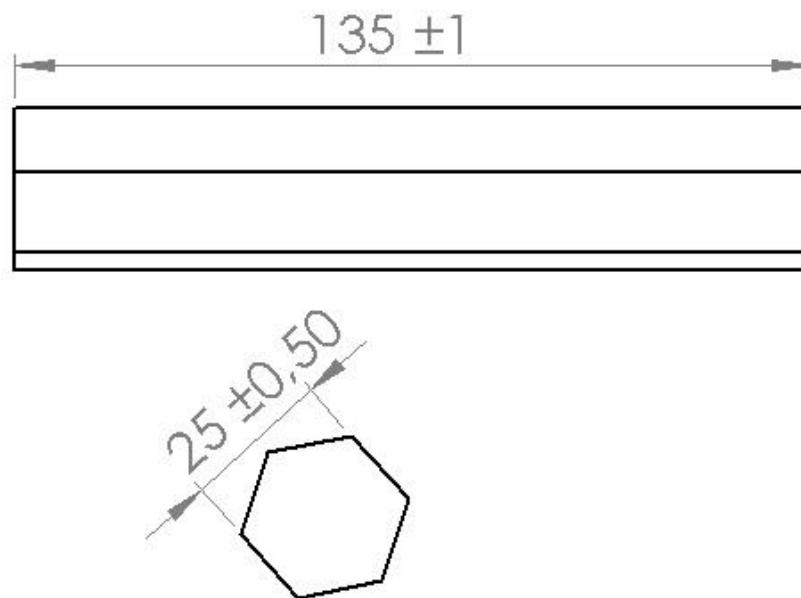
- déterminer la cotation de fabrication,
- de mettre en place les montages d'usinage,
- de préparer le poste de contrôle.

##### **I.4.1. Les contrats phase d'axe de moule :**

<b>CONTRAT DE PHASES</b>	<b>Ensemble</b> : CF moule	<b>NOM</b> : SEDRAOUI
	<b>Pièce</b> : axe de moule	<b>Prénom</b> : Selma
<b>PHASE N°:10</b>	<b>Matière</b> : XC48	<b>Année</b> : 2022

**DESIGNATION** : DEBITAGE

**MACHINE-OUTIL** : EBS360

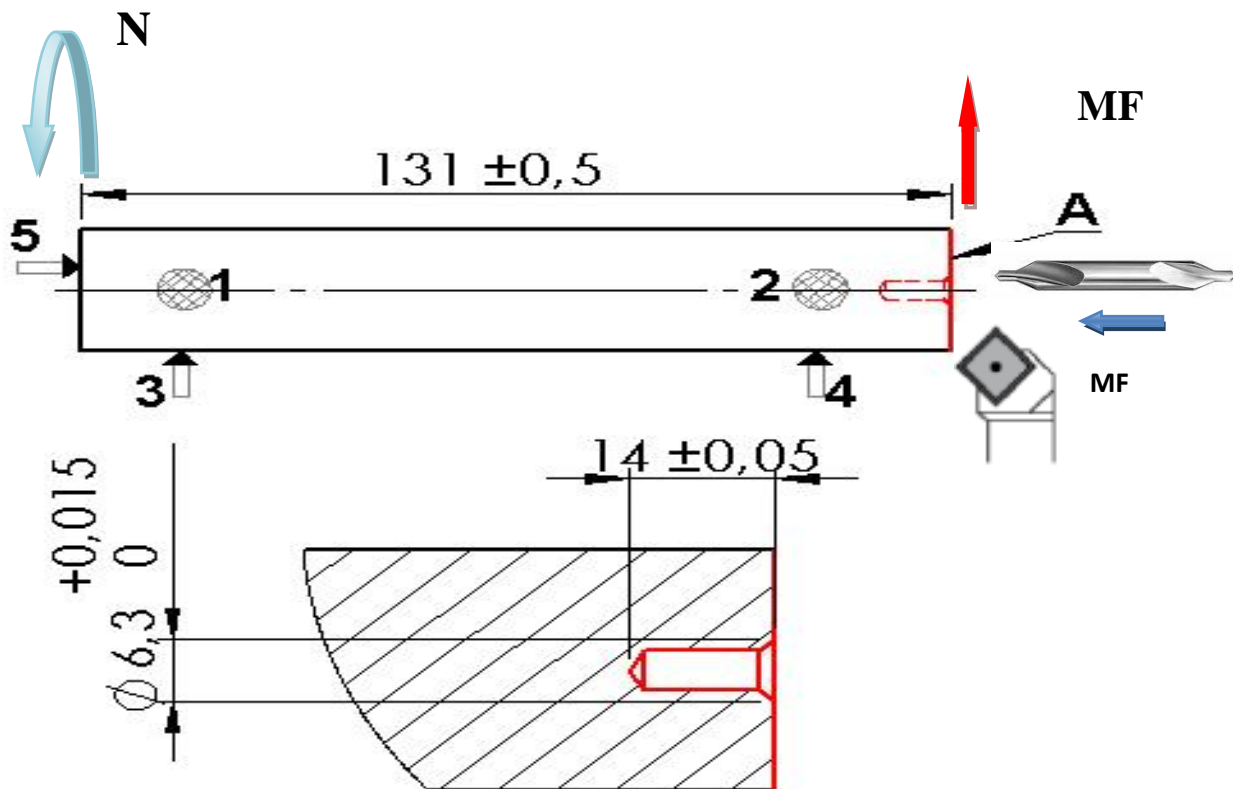


Désignation Des sous-phases et opérations	Paramètre de coupe					Outillage		Montage
	V <sub>c</sub> m/min	N tr/min	a mm	F mm/tr	V <sub>f</sub> mm/min	fabrication	Vérification	
<b>10</b> Découpage -sciage S=25 <sup>±0.5</sup> ; L=135 <sup>±1</sup>	/	/	/	/	/	Scie	/	Étau usinage
<b>20</b> contrôle des cotes	/	/	/	/	/	/	Pied à coulisse	

<b>CONTRAT DE PHASES</b>	<b>Ensemble</b> : CF moule	<b>NOM</b> : SEDRAOUI
	<b>Pièce</b> : axe de moule	<b>Prénom</b> : Selma
<b>PHASE N°:30</b> <b>SOU PHASE N° :31</b>	<b>Matière</b> : XC48	<b>Année</b> : 2022

**DESIGNATION** : TOURNAGE

**MACHINE-OUTIL** : TOUR 16D20

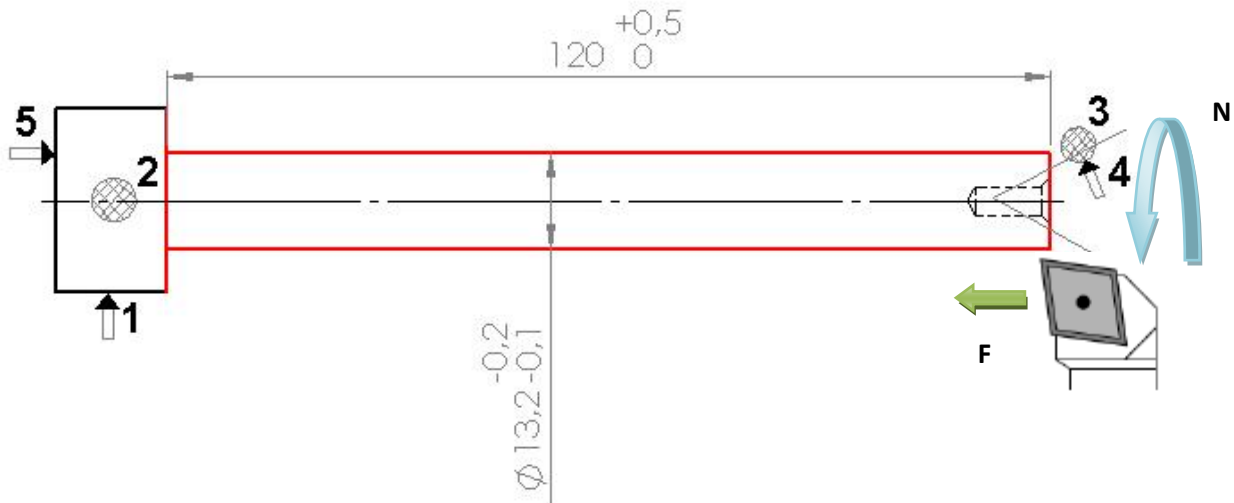


Désignation Des sous-phases et opérations	Paramètre de coupe					Outillage	
	$V_c$ m/min	N tr/min	p	F mm/tr	$V_f$ mm/min	fabrication	Montage
<b>311</b> Dressage de la face (A) - Ebauche $\varnothing 25$ $L=133 \pm 0,5$ - Finition $\varnothing 25$ $L=131 \pm 0,5$	<b>55.73</b>	<b>710</b>	<b>2</b>	<b>0.16</b>	<b>113.6</b>	Outil de dressage (plaquette carbure)	En l'air (mandrin 3 mors)
<b>312</b> Centrage de la face (A) $\varnothing 6,3$ $+0,015 / 0$ ; $L=14 \pm 0,5$	<b>25</b>	<b>500</b>	<b>3.14</b>	<b>0.18</b>	<b>90</b>	Foret a centrer $\varnothing 6.3$	

<b>CONTRAT DE PHASES</b>	<b>Ensemble</b> : CF moule	<b>NOM</b> : SEDRAOUI
	<b>Pièce</b> : axe de moule	<b>Prénom</b> : Selma
<b>PHASE N°:30</b> <b>SOU PHASE N°:32</b>	<b>Matière</b> : XC48	<b>Année</b> : 2022

**DESIGNATION** : TOURNAGE

**MACHINE-OUTIL** : TOUR 16D20



Désignation Des sous-phases et opérations		Éléments de coupe					Outillage		
		V <sub>c</sub> m/min	N tr/min	a mm	F mm/tr	V <sub>f</sub> mm/mi n	fabrication	Vérification	Montage
321	Chariotage Finition Ø13.20 <sup>-0.2</sup> / <sub>-0.1</sub> ; L=121 <sup>±0.5</sup>	96	1222	4.5	0.09	110	Outil de chariotage (plaquette carbure)		Montage mixte (mandrin à 3 mors)
322	Découpage L=120 <sup>+0.5</sup> / <sub>0</sub>	25	500	3.14	0.18	90	Outil à découpage		
40	Contrôle							Pied à coulisse	

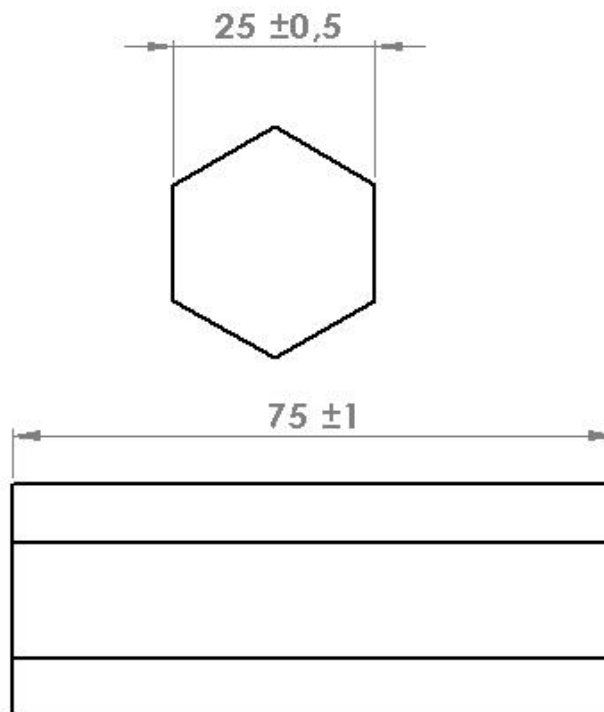


I.4.2. Les contrats phase d'axe de centrage :

<b>CONTRAT DE PHASES</b>	<b>Ensemble</b> : CF moule	<b>NOM</b> : SEDRAOUI <b>Prénom</b> : Selma
	<b>Pièce</b> : axe de centrage	
<b>PHASE N°:10</b>	<b>Matière</b> : XC48	<b>Année</b> : 2022

**DESIGNATION** : DEBITAGE

**MACHINE-OUTIL** : EBS360

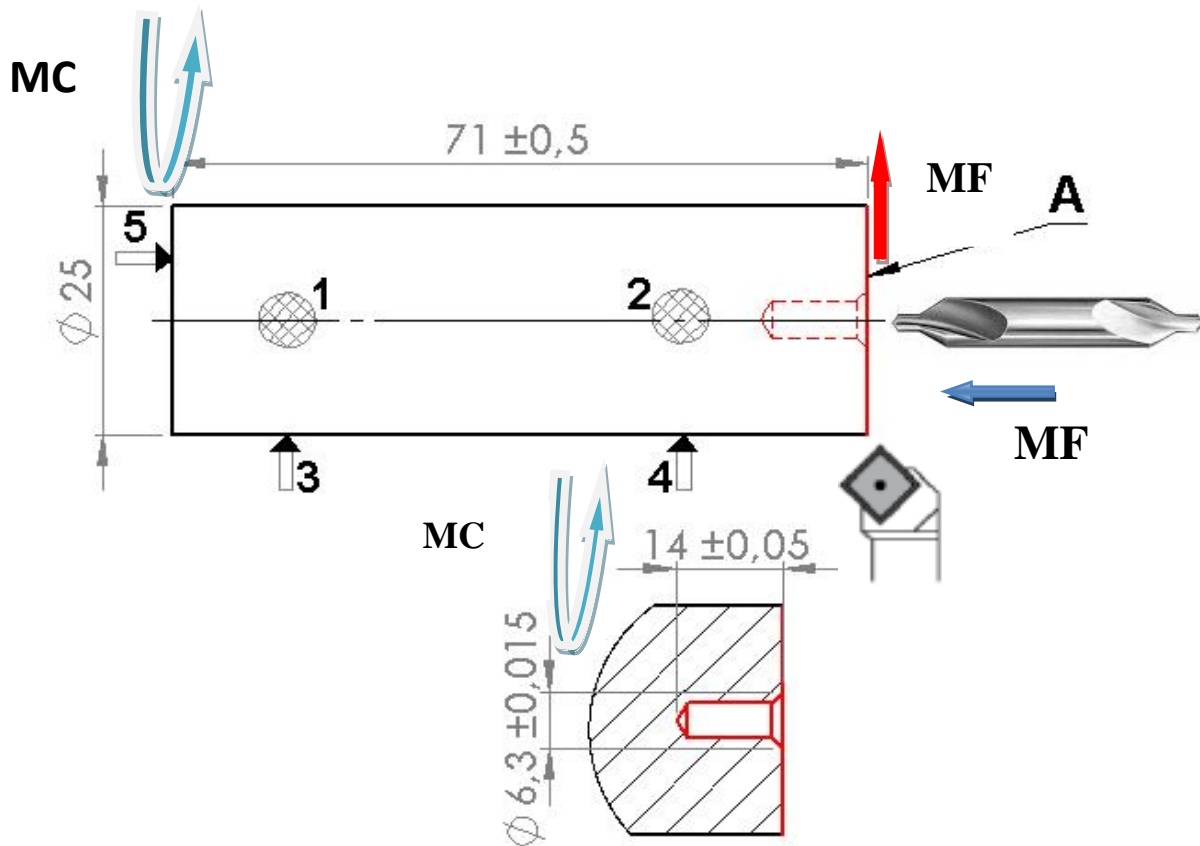


Désignation Des sous-phases et opérations	Paramètre de coupe					Outillage		Montage
	V <sub>c</sub> m/min	N tr/min	a mm	F mm/tr	V <sub>f</sub> mm/min	fabrication	Vérification	
<b>10</b> Découpage -sciage S=25 <sup>±0.5</sup> ; L=75 <sup>±1</sup>	/	/	/	/	/	Scie	/	Etau usinage
<b>20</b> Contrôle des cotes	/	/	/	/	/	/	Pied à coulisse	/

<b>CONTRAT DE PHASES</b>	<b>Ensemble</b> : CF moule	<b>NOM</b> : SEDRAOUI
	<b>Pièce</b> : axe de moule	<b>Prénom</b> : Selma
<b>PHASE N°:30</b> <b>SOU PHASE N° :31</b>	<b>Matière</b> : XC48	<b>Année</b> : 2022

**DESIGNATION** : TOURNAGE

**MACHINE-OUTIL** : TOUR 16D20

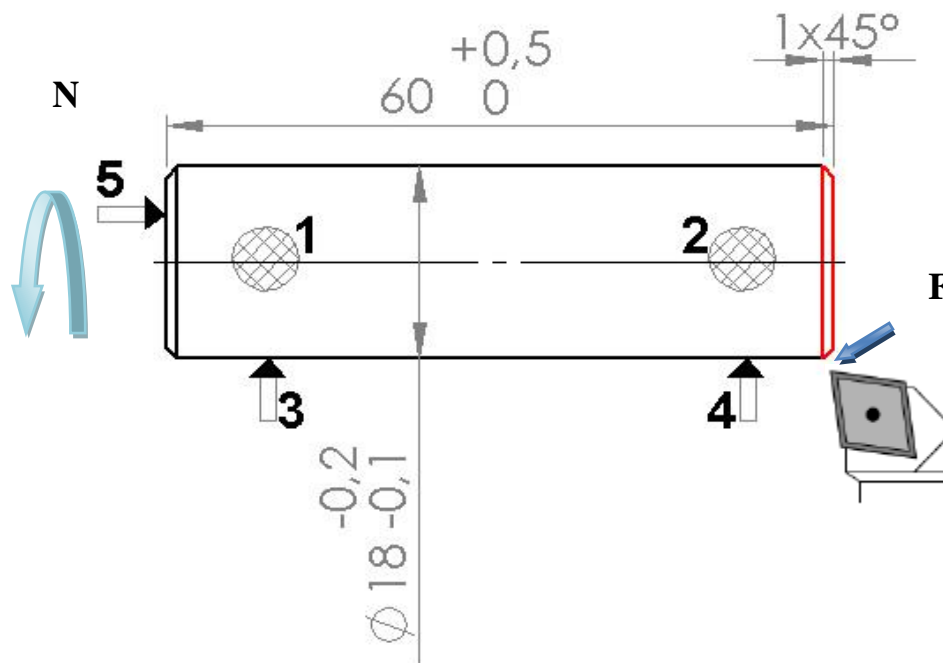


Désignation Des sous-phases et opérations		Éléments de coupe					Outillage	Montage
		V <sub>c</sub> m/min	N tr/min	p	F <sub>z</sub> mm/dent	V <sub>f</sub> mm/min	fabrication	
311	Dressage de la face (A) - Ebauche Ø25 L=73±0.5 - Finition Ø25 L=71±0.5	<b>55.73</b>	<b>710</b>	<b>2</b>	<b>0.16</b>	<b>113.6</b>	Outil de dressage	En l'air (mandrin 3 mors)
312	Centrage de la face (A) Ø6.3 <sup>+0.015</sup> <sub>0</sub> ; L=14±0.5	<b>25</b>	<b>500</b>	<b>3.14</b>	<b>0.18</b>	<b>90</b>	Foret a centrer Ø6.3	

<b>CONTRAT DE PHASES</b>	<b>Ensemble</b> : CF moule	<b>NOM</b> : SEDRAOUI
	<b>Pièce</b> : axe de centrage	<b>Prénom</b> : Selma
<b>PHASE N°:30</b> <b>SOI PHASE N°:32</b>	<b>Matière</b> : XC48	<b>Année</b> : 2022

**DESIGNATION** : TOURNAGE

**MACHINE-OUTIL** : TOUR 16D20



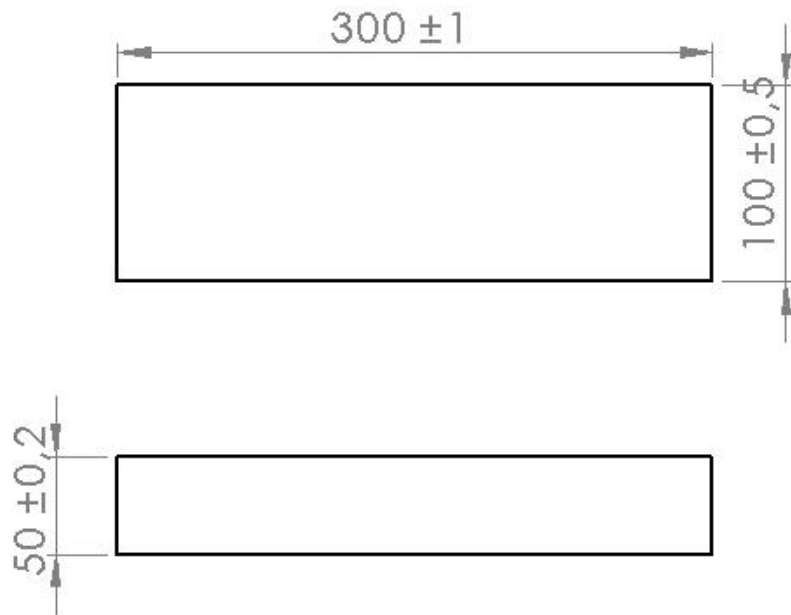
Désignation Des sous-phases et opérations	Éléments de coupe					Outillage fabrication	Montage
	V <sub>c</sub> m/min	N tr/min	a mm	F mm/tr	V <sub>f</sub> mm/min		
321 Découpage Mise longueur en Finition $\varnothing 18^{-0,2}_{-0,1}$ ; $L=60^{+0,5}_0$	96	1222	4.5	0.09	110	Outil de chariotage (plaquette en carbure)	En l'air (mandrin 3 mors)
322 Chanfreinage Ch=1x45°							

I.4.3. Les contrats phase des cassis sup et inf :

<b>CONTRAT DE PHASES</b>	<b>Ensemble:</b> CF moule.	<b>NOM :</b> SEDRAOUI
	<b>Pièce :</b> châssis sup et inf.	<b>Prénom :</b> Selma
<b>PHASE N°:10</b>	<b>Matière :</b> XC48	<b>Année :</b> 2022

**DESIGNATION :** Oxycoupage

**MACHINE-OUTIL :** CT2040

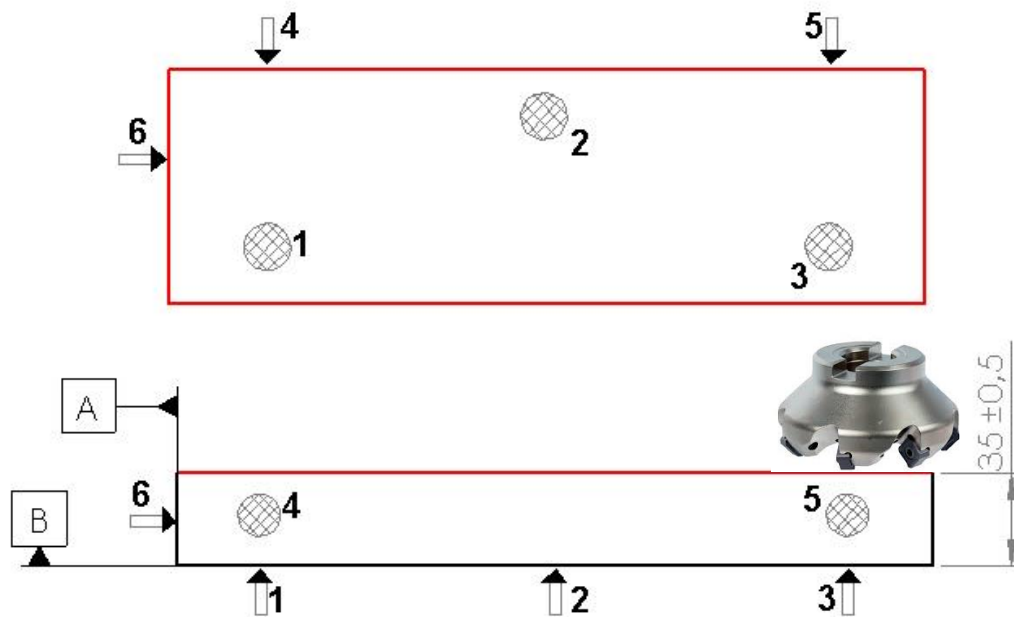


Désignation Des sous-phases et opérations		Éléments de coupe					Outillage	
		V <sub>c</sub> m/min	N tr/min	A mm	F <sub>z</sub> mm/dnt	V <sub>f</sub> mm/min	fabrication	vérification
10	Oxycouper 02 tôl Ep= $50^{\pm 0.2} * 300^{\pm 1} * 100^{\pm 0.5}$	/	/	/	/	/	/	/
20	contrôle des cotes	/	/	/	/	/	/	pied à coulisse

<b>CONTRAT DE PHASES</b>	<b>Ensemble:</b> CF moule	<b>NOM :</b> SEDRAOUI
	<b>Pièce :</b> châssis sup et inf.	<b>Prénom :</b> Selma
<b>PHASE N°:30</b>	<b>Matière :</b> XC48	<b>Année :</b> 2022

**DESIGNATION :** Fraisage

**MACHINE-OUTIL :** Fraiseuse conventionnelle huron MU6

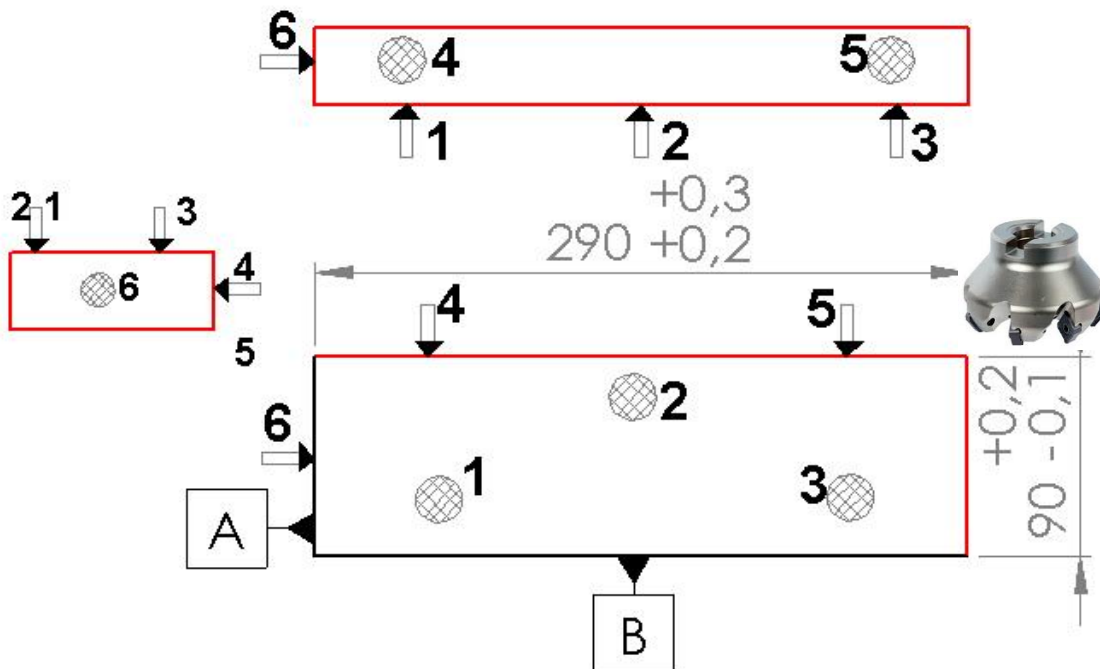


	Désignation Des sous-phases et opérations	Éléments de coupe					Outillage	
		V <sub>c</sub> m/min	N tr/min	A mm	F <sub>z</sub> mm/dnt	V <sub>f</sub> mm/min	fabrication	vérification
31	Surfacer en finition: Cf=35±0.5	235.3	600	3	0.2	720	Fraise a surfacer Ø125	ped à coulisse

<b>CONTRAT DE PHASES</b>	<b>Ensemble:</b> CF moule	<b>NOM :</b> SEDRAOUI
	<b>Pièce :</b> châssis sup et inf.	<b>Prénom :</b> Selma
<b>PHASE N°:30</b>	<b>Matière :</b> XC48	<b>Année :</b> 2022

**DESIGNATION :** Fraisage

**MACHINE-OUTIL :** Fraiseuse conventionnelle huron MU6

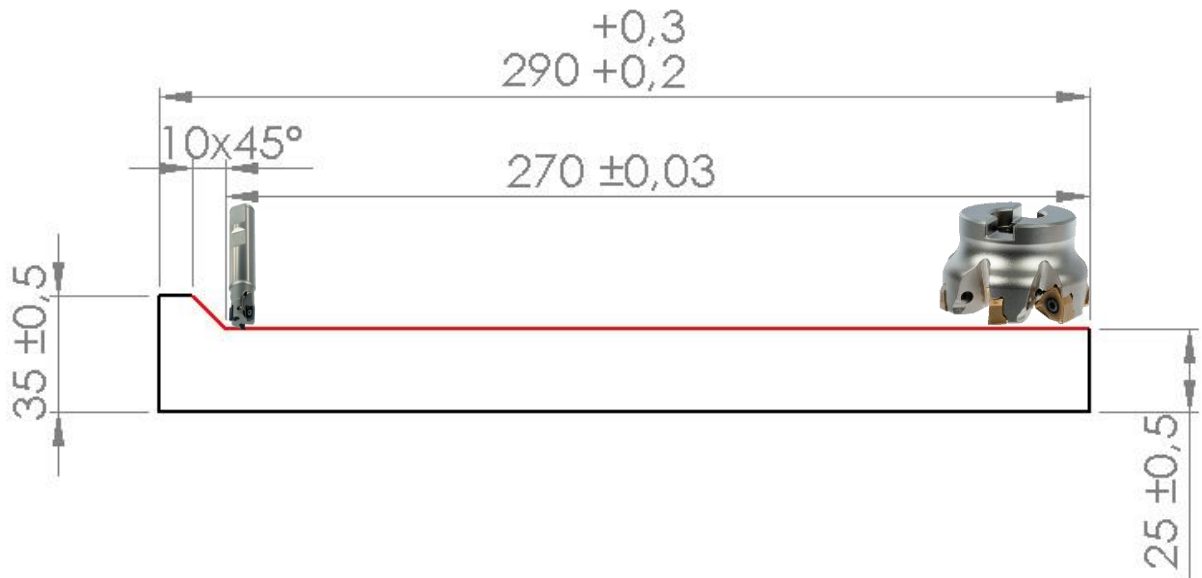


Désignation Des sous-phases et opérations	Éléments de coupe					Outillage	
	V <sub>c</sub> m/min	N tr/min	A mm	F <sub>z</sub> mm/dnt	V <sub>f</sub> mm/min	fabrication	vérification
32 Surfacer en finition: Cf=290 <sup>+0,3</sup> / <sub>+0,2</sub> Cf=90 <sup>+0,2</sup> / <sub>-0,1</sub>	235.3	600	10	0.2	720	Fraise a surfacer Ø125	piéd à coulisse

<b>CONTRAT DE PHASES</b>	<b>Ensemble:</b> CF moule.	<b>NOM :</b> SEDRAOUI
	<b>Pièce :</b> châssis sup.	<b>Prénom :</b> Selma
<b>PHASE N°:30</b> <b>SOU PHASE N° :33</b>	<b>Matière :</b> XC48	<b>Année :</b> 2022

**DESIGNATION :** Fraisage

**MACHINE-OUTIL :** Fraiseuse conventionnelle huron MU6

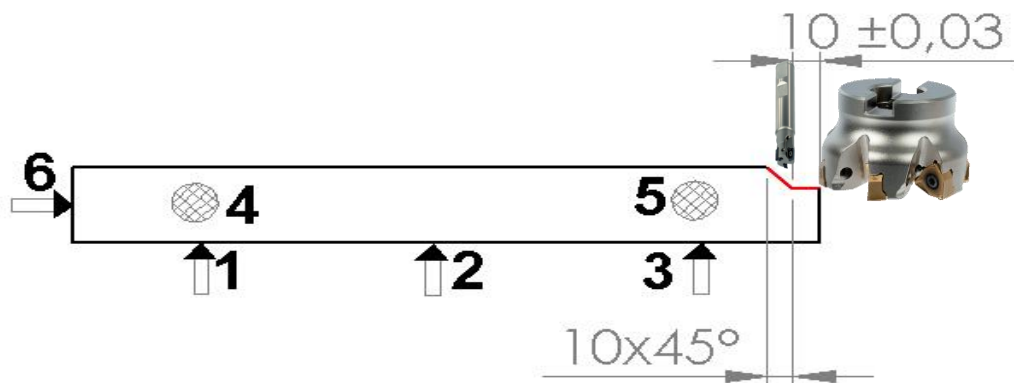


Désignation Des sous-phases et opérations		Éléments de coupe					Outillage	
		V <sub>c</sub> m/min	N tr/min	A mm	F <sub>z</sub> mm/dnt	V <sub>f</sub> mm/min	fabrication	vérification
<b>331</b>	Surfacer en finition: <b>Cf=270±0.03</b>	167.8	668	10	0.2	801.6	Fraise a surfacer Ø80	pied à coulisse
<b>332</b>	Chanfrein finition <b>Ch=10×45°</b>	120	955	3	0.2	436	Fraise 2T Ø25	

<b>CONTRAT DE PHASES</b>	<b>Ensemble:</b> CF moule.	<b>NOM :</b> SEDRAOUI
	<b>Pièce :</b> châssis inf.	<b>Prénom :</b> Selma
<b>PHASE N°:30</b> <b>SOU PHASE N° :33</b>	<b>Matière :</b> XC48	<b>Année :</b> 2022

**DESIGNATION :** Fraisage

**MACHINE-OUTIL :** Fraiseuse conventionnelle huron MU6



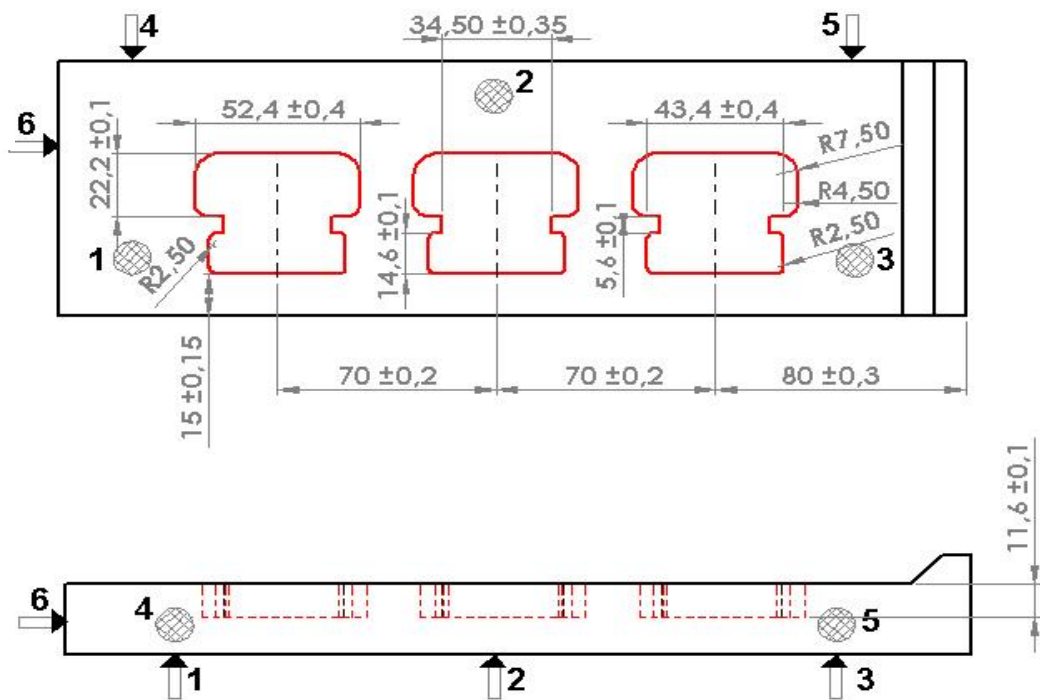
Désignation Des sous-phases et opérations		Éléments de coupe					Outillage	
		V <sub>c</sub> m/min	N tr/min	A mm	F <sub>z</sub> mm/dnt	V <sub>f</sub> mm/min	fabrication	vérification
<b>331</b>	Surfacer en finition: <b>Cf=10<sup>±0.03</sup></b>	167.8	668	10	0.2	801.6	Fraise a surfacer Ø80	pied à coulisse
<b>332</b>	Chanfrein finition <b>Ch=10x45°</b>	120	955	3	0.2	436	Fraise 2T Ø25	



<b>CONTRAT DE PHASES</b>	<b>Ensemble</b> : CF moule	<b>NOM</b> : SEDRAOUI
	<b>Pièce</b> : châssis sup et inf.	<b>Prénom</b> : Selma
<b>PHASE N°:50</b>	<b>Matière</b> : XC48	<b>Année</b> : 2022

**DESIGNATION** : FRAISAGE

**MACHINE-OUTIL** : fraiseuse CNC SXB



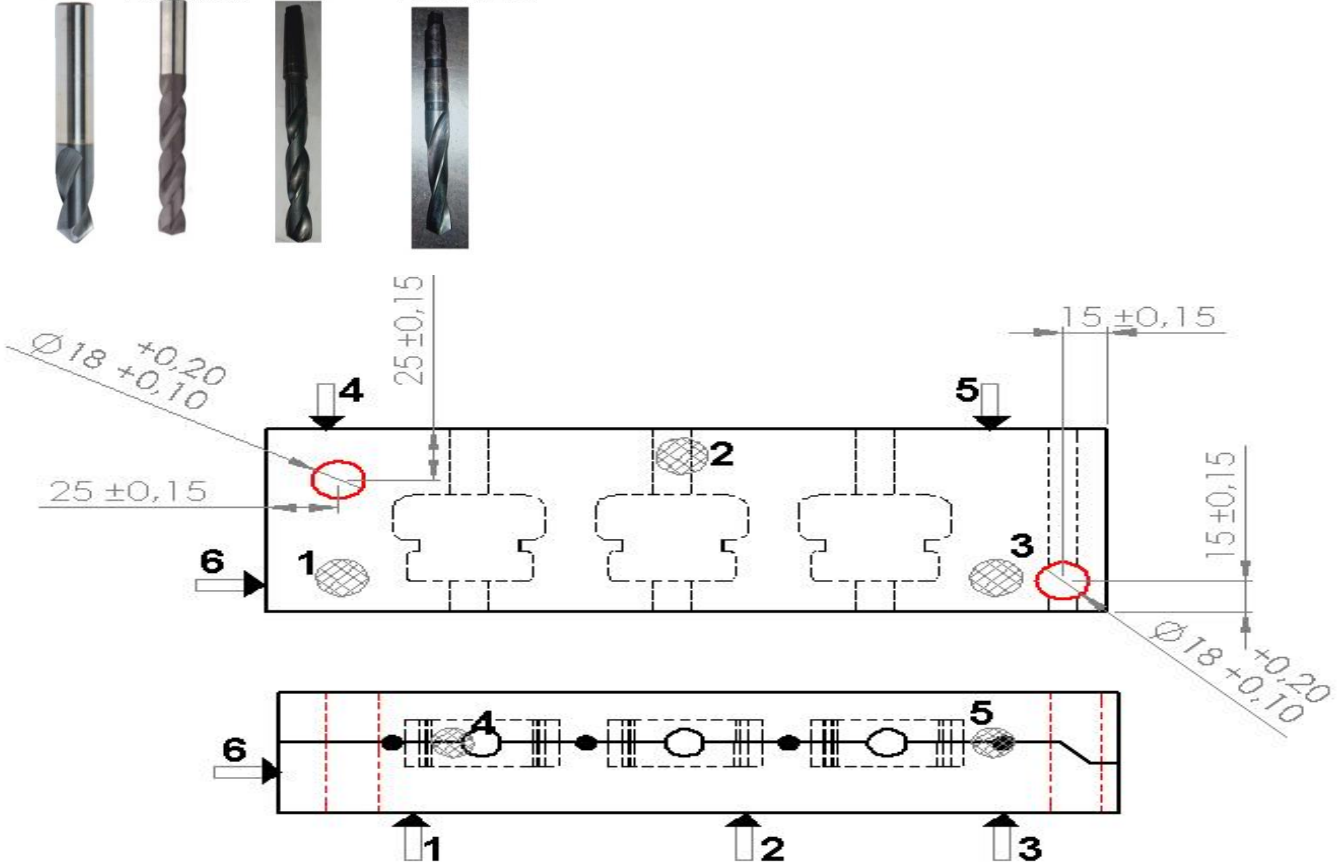
Désignation Des sous-phases et opérations		Éléments de coupe					Outillage fabrication
		V <sub>c</sub> m/min	N tr/min	p	F <sub>z</sub> mm/dent	V <sub>f</sub> mm/min	
501	Pointer en ébauche	31.4	1000	4	0.15	600	Fraise (ravageuse 4T) Ø10
502	Contourner en f/2	78.5	1000	4	0.3	600	Fraise tourteau Ø25
503	Contourner en finition	15.7	1000	4	0.15	600	Fraise (ravageuse 4T) Ø5

<b>CONTRAT DE PHASES</b>	<b>Ensemble</b>	<b>NOM : SEDRAOUI</b>
	<b>Pièce : Assemblage de moule</b>	<b>Prénom : Selma</b>
<b>PHASE N°:31</b>	<b>Matière : XC48</b>	<b>Année : 2022</b>

**DESIGNATION** : perçage

**MACHINE-OUTIL** : fraiseuse conventionnelle huron MU6

Foret à pointer    Foret Ø8.5    Foret Ø15    Foret Ø18



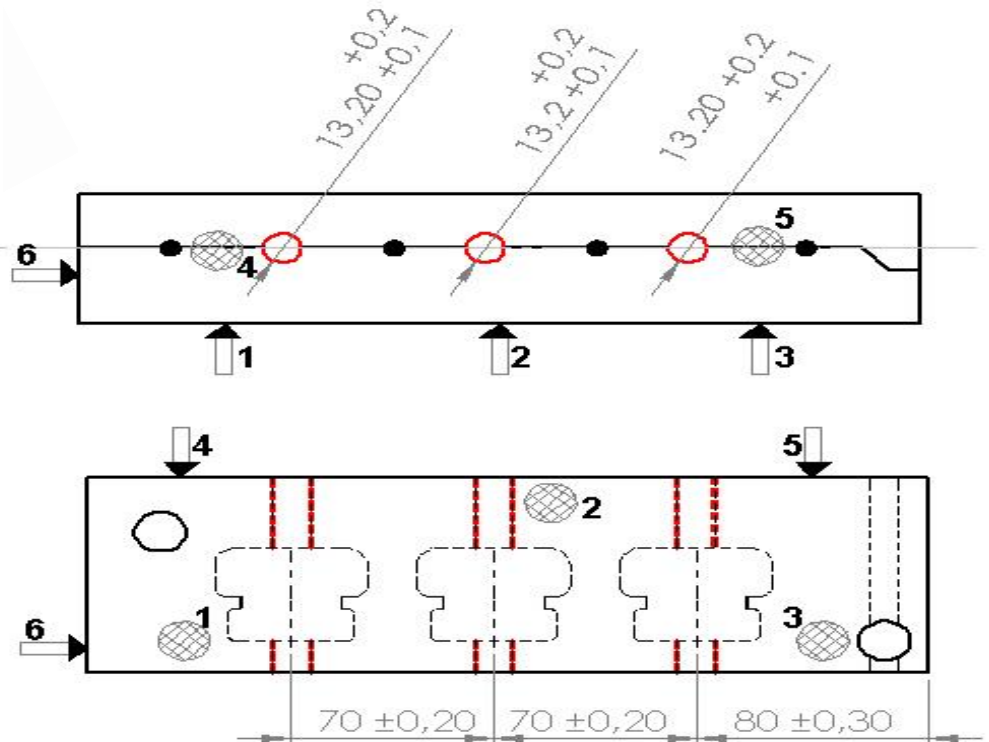
Désignation Des sous-phases et opérations		Éléments de coupe					Outillage fabrication
		V <sub>c</sub> m/min	N tr/min	p	F <sub>z</sub> mm/tr	V <sub>f</sub> mm/min	
311	pointer	60	1250	3	0.7	175	Foret a pointer
312	Percer en ébauche	20	750	8.5	0.08	120	Foret Ø8
313	percer en F/2	18.36	390	7.5	0.15	117	Foret Ø15
314	Percer en finition	16	280	9	0.18	100	Foret Ø18

<b>CONTRAT DE PHASES</b>	<b>Ensemble</b>	<b>NOM : SEDRAOUI</b>
	<b>Pièce : Assemblage de moule</b>	<b>Prénom : Selma</b>
<b>PHASE N°:32</b>	<b>Matière : XC48</b>	<b>Année : 2022</b>

**DESIGNATION** : perçage

**MACHINE-OUTIL** : fraiseuse conventionnelle huron MU6

Foret à pointer Ø5 Ø10.4 Ø13.2



Désignation Des sous-phases et opérations	Éléments de coupe					Outillage fabrication
	V <sub>c</sub> m/min	N tr/min	p	F <sub>z</sub> mm/tr	V <sub>f</sub> mm/min	
311 pointer	60	1250	3	0.7	175	Foret à pointer
312 Percer en ébauche	20	750	5	0.05	120	Foret Ø5
313 percer en F/2	18.36	390	10.4	0.10	117	Foret Ø10.4
314 Percer en finition	16	280	13.2	0.13	100	Foret Ø13.2

## II.5. Matériaux utilisés :

Acier xc48

### III.5.1. Analyse chimique moyenne :

	C %	Mn %	Si %	S %	P %
XC 48	0,50 - 0,52	0,50 - 0,80	0,40 maxi	≤ 0,035	≤ 0,035

**Tableau III.8.** Composition chimique acier XC48

### III.5.2. Propriétés physique et mécanique :

Matière en œuvre : Acier de construction non allié XC48 Acier carbone à teneur plus élevée que pour les aciers C35 et C40, utilisée en mécanique générale de par sa bonne usinabilité et ses caractéristiques mécaniques et son aptitude aux traitements thermiques : ex. à l'huile 820 - 860°CXC48 Acier mi-dur de haute qualité pouvant être utilisé à l'état traité ou recuit ou à l'état trempé.

### III.5.3. Utilisation :

Acier XC48 utilisé en mécanique générale. Bonne usinabilité et excellentes caractéristiques mécaniques. Idéal pour les pièces soumises aux chocs et nécessitant une bonne résistance (axes, engrenages, vis sans fin, paliers, pignons, boulonnerie, forge).

### III.5.4. Domaines d'Application :

Plaque et carcasses de moules matières plastiques à faible niveau de résistance mécanique.

### III.5.5. Caractéristiques :

Etat normalisé :

	Rm (N/mm <sup>2</sup> )	Re (N/mm <sup>2</sup> )	A %
XC 48	560 / 620	275 / 340	14 / 16

**Tableau III.9.** Caractéristiques mécaniques moyennes (état normalisé)

Dureté : 55 HRC

Densité 7,85.

Conductibilité thermique à 20° : 49W (m.K).

Module d'élasticité à 20°C : 205 000 N/mm<sup>2</sup>.

### III.6. les machines utilisées



Figure III.13. Fraiseuse conventionnelle huron



Figure III.14. Fraiseuse CNC SXB



Figure III.15. Tour conventionnelle 16D20

#### III.6.1. Caractéristique des machines :

##### a. Machine CNC SXB :

- Axe X (longitudinal) : 1650 mm
- Axe Y (transversal) : 730 mm
- Axe Z (vertical) : 1030 mm
- Type de CNC : HEIDENHAIN TNC 150
- Vitesse de rotation de la broche : 17 à 2 000 tr / min
- Longueur de la table : 1635 mm
- Largeur de table : 700 mm

- Charge maximale sur la table : 3200 kg
- Cône de broche : ISO 50
- Capacité du moteur de broche : 15 kW

**b. Fraiseuse conventionnelle huron MU 6**

- Course longitudinale - X : 1500 mm
- Course transversale - Y : 700 mm
- Course verticale de la table : 550 mm
- Surface de la table : 2000x460 mm
- Cône de la broche : ISO 50
- Nombre de rainures : 5
- Distance maxi entre l'axe de broche et la table : 540 mm
- Nombre de vitesses de broche : 27
- Vitesse de broche : 30 à 2066 tr/mn
- Nombre d'avances longitudinales et transversales : 27
- Avances longitudinales et transversales automatiques : 1,6 à 820 mm/mn
- Avances verticales : 0,8 à 410 mm/mn
- Avance rapide X et Y : 2800 mm/mn
- Avance rapide Z : 1400 mm/mn
- Moteur : 10 cv
- Moteur des avances : 3,5 cv
- Poids approximatif : 4000 kg
- Encombrement : 2335x2462x1740 mm

**c. Machine tour parallèle 16D20**

- Distance entre les centres : 1000 mm
- Passage max au-dessus du banc : 400 mm
- Passage max au-dessus du chariot : 220 mm

### III.7. Fabrication des moules:

Le Master est la pièce maîtresse d'un moule, sa morphologie est celle de la pièce finie.

Il est aussi appelé maître modèle ou mère de moule qui est réalisé en matériaux rigides, son état de surface donne celui de l'intérieur du moule et donc celui de la pièce qui en sortira. Il est recommandé de passer beaucoup de temps sur sa finition afin d'en tirer un outillage le plus correct possible.

Une fois l'acier est coupé avec une scie, on a réalisé des axes du moule et de centrage sur un tour. Et après l'oxycoupage des plaques d'acier la préparation de ca sur les assemble avec des pointes de soudures et offrir au moule la forme qui correspond à la future pièce brute.

On use des baguettes du soudure pour assemblés les parties supérieur et inférieur du moule avec des pointes de soudures pour fait des trous de fixations les axes d'un système de guidage sur fraise conventionnelle

Afin d'assembler tout les parties du moule on moulée la pièce demandé.

#### III.7.1. Préparation du brut :

Avant de passé a l'usinage, on a choisi le brut c'est un deux tol d'acier de dimension épaisseur  $ep=50 \times 100 \times 300$ .

On a coupé les tôles d'acier avec une machine d'oxycoupage.



**Figure III.16.** Oxycoupage du brut



**Figure III.17.** Les plaquettes d'acier

En suite on a coupé trois hexagones de s25 ;L=135<sup>±1</sup> et deux hexagones de S=25 ; L=70<sup>±1</sup>



**Figure III.18.** Hexagone d'acier xc48

### III.7.2. Usinage des axes de moule et centrage :

Après que préparé le brut et dans la machine tour parallèle et à partir de la gamme d'usinage on à usine avec un hexagone de Ø25mm, trois axes des moule et deux axes de centrage :



**Figure III.19.** Axe de moule usiné



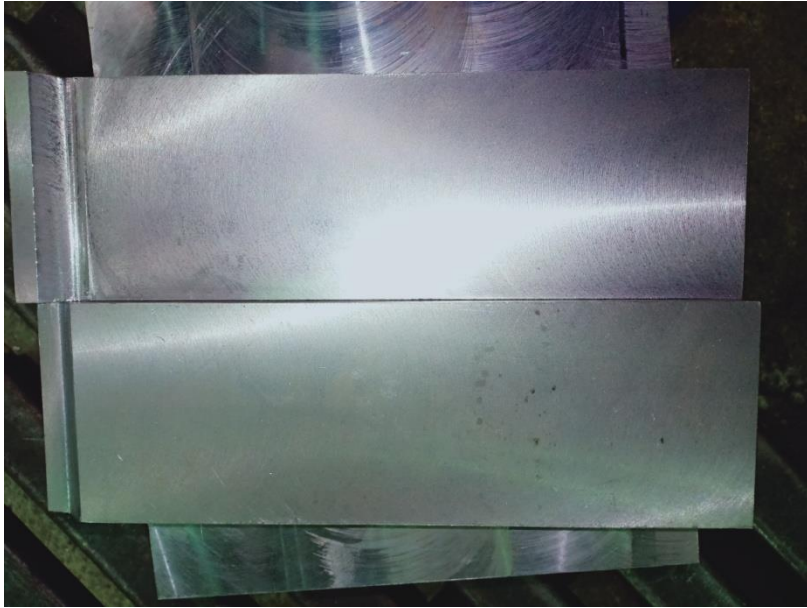
**Figure III.20.** Axe de centrage usiné

### III.7.3. Usinage des châssis sup et inf du moule :

Après que préparé le brut et à partir de la gamme d'usinage on à usine avec deux plaques d'acier XC48 les deux partie du moule dans deux machine (fraiseuse conventionnelle et cnc)



- Sur fraiseuse conventionnelle huron MU6



**Figure III.21.** les deux parties de moule

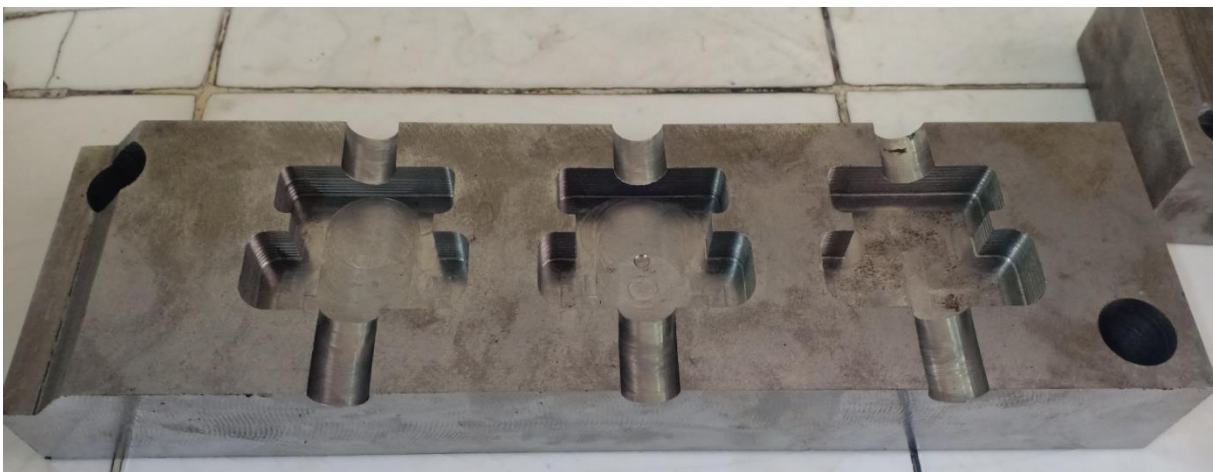
- Sur fraiseuse CNC



**Figure III.22.** les empreintes du moule usiné en CNC



**Figure III.23.** La partie sup du moule usinée



**Figure III.24.** La partie sup du moule usinée



**Figure III.25.** Le moule complet après l'usinage

### III.8. Programme machine

#### ➤ PROGRAMME HEIDENHAIN

```
0 BEGIN PGM 10 mm
1 BLK FORM 0.2 Z X0 Y0 Z0
2 BLK FORM 0.2 X+200 Y+35 Z0
3 TOOL DEF 50 L0 R+12.5
4 TOOL CALL50 Z S 1200
5 FN 0 : Q1= +10
6 FN 0 : Q2= +10
7 L X0 Y0 Z= +100 R0 F9998 M03
8 L Z+10
9 LBL 77
10 L Z-Q1 R F100 M
11 L Y+8.5 R F600 M
12 L Y-8.5
13 L Y0
14 FN 1 :Q1=+Q1 + +0.5
15 FN 12 : IF +Q1 LT +Q2 GOTO LBL 77
16 L Z+250 R0 F9998 M06
17 TOOL DEF 1 L0 R+2.920
18 TOOL CALL 1 Z S 700
19 FN 0 : Q1 = +20
20 FN 0 : Q2 = +20
21 L X0 Y0 Z+100 R0 F9998 M03
22 L Z+20
23 LBL 33
```

24 L Z-Q1 X0 Y0 R F100

25 L Y+21.3 RR F50

26 L X+26.4

27 RND R7.5

28 L IY-22.2

29 RDN R4.5

30 L IX-9.15

31 L IY-5.7

32 L IX+4.575

33 L IY-14.7

34 L IX-43.65

35 L IX+14.7

36 L IX+4.575

37 L IY+5.7

38 L IX9.15

39 RND R4.5

40 L IY+22.2

41 RND R7.5

42 L X0

43 L Y0 R0

44 FN 1 : Q1 = +Q2N + +2

45 FN 12 : IF +Q1 LT +Q2 GOTO LBL 33

46 L Z+250 R0 F9998 M02

➤ **Programme ISO :**

%102 G71

N10 G30 G17 X-40 Y-40 Z-50

N20 G31 G90 X+40 Y+40 Z0

N30 G99 T1 L0 R+3

N40 T1 G17 S1000

N50 D00 Q1 P01 +10

N60 D00 Q2 P01 +5

N70 G01 G40 G90 X0 Y0 Z100 F999 M03

N80 G01 G90 Z+10

N90 G01 G90 Z-Q1

N100 G01 G42 G90 Y+21.3 F600

N110 G01 G90 X+26.4

N120 G01 G91 Y-22.2

N130 G01 G91 X-9.15

N140 G01 G91 Y-5.7

N150 G01 G91 X+4.575

N160 G01 G91 Y-14.7

N170 G01 G91 X-43.65

N180 G01 G91 Y+14.7

N190 G01 G91 X+4.575

N200 G01 G91 Y+5.7

N210 G01 G91 X-9.15

N220 G01 G91 Y+22.2

N230 G01 G90 X0

N240 G01 G40 G90 Y0

N250 G01 G40 G90 Z100 F9999 M02

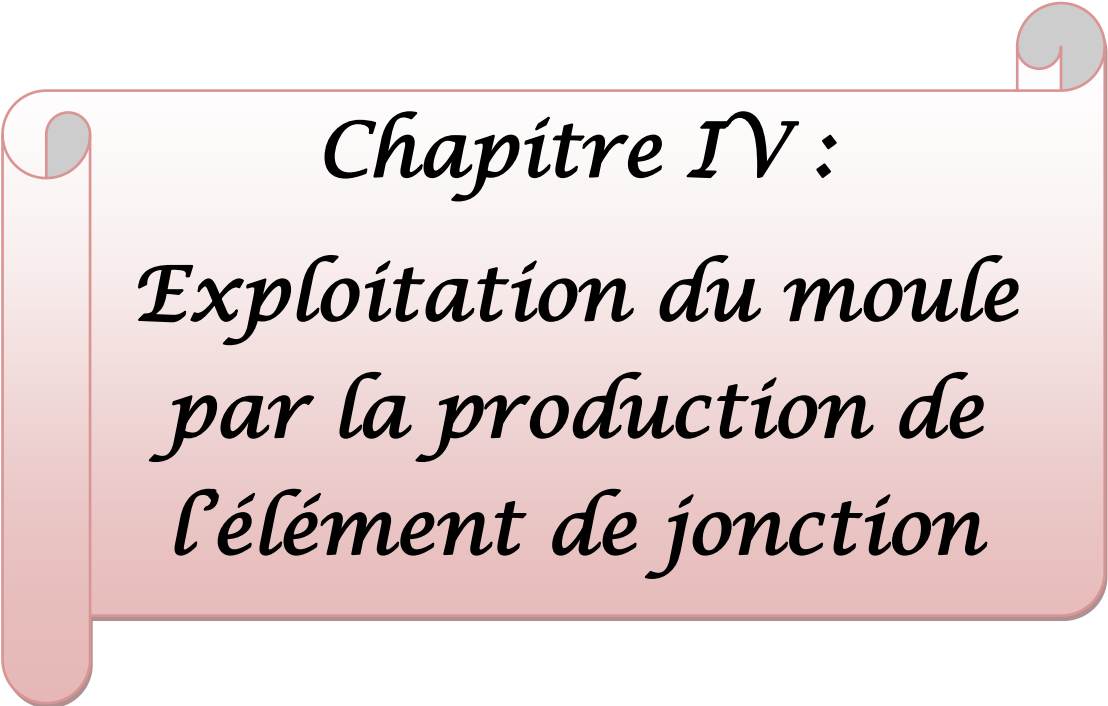
N9999 %102 G71



**Figure III.26.** Simulation sur machine CNC (SXB) vue en 2D

### **III.9. CONCLUSION :**

L'optimisation de la gamme d'usinage en fabrication mécanique consiste à déterminer la suite ordonnée des opérations à exécuter sur les différentes machines en tenant compte de plusieurs paramètres, dont la vitesse de coupe, la vitesse d'avance et la profondeur de passe. Un choix optimal des outils conduit évidemment à de meilleurs résultats sur le plan technico-économique.



*Chapitre IV :*  
*Exploitation du moule*  
*par la production de*  
*l'élément de jonction*

### **IV.1. Introduction :**

Ce chapitre on a parlé sur la partie pratique du mémoire ou le moulage du jonction s'est réalisé

### **IV.2. Moulage**

Dans une presse de moulage par compression, les ébauches subissent sous l'effet de la pression, la vulcanisation. qui est un processus chimique de réticulation donnant à la pièce moulée son aspect fini ou semi-fini. Le phénomène de vulcanisation est inhérent aux caoutchoucs.

Le processus de polymérisation des thermoplastiques se fait à la température ambiante (pour les polyuréthanes).

Le moule est installé sur une machine spéciale (presse), constitué le de deux coquilles (partie fixe et partie mobile) qui sont fortement pressées l'une contre l'autre au moment du moulage puis écartées pour permettre l'éjection de la pièce moulée. Outre ces coquilles, le moule peut comporter un ou plusieurs noyaux destinés à former les parties creuses de la pièce et des La vulcanisation est une réaction chimique qui se produit généralement à température élevée (140 –200 °C). Elle crée un réseau tridimensionnel grâce à la formation de liaisons chimiques «ou ponts» entre les chaînes macromoléculaires, cette opération est irréversible.

Les conséquences sur le caoutchouc sont les suivantes :

- Amélioration considérable de l'élasticité et dans une moindre mesure des propriétés mécaniques,
- Amélioration de la tenue thermique, ce qui supprime sa thermo plasticité (le caoutchouc ne peut plus ainsi « s'écouler » avec la chaleur).

### **IV.3. La matière utilisée :**

#### **IV.3.1. Définition du caoutchouc nitrile :**

Le caoutchouc nitrile, également appelé NBR, Buna-N et caoutchouc acrylonitrile-butadiène, est un caoutchouc synthétique copolymère d'acrylonitrile (ACN) et de butadiène.

Bien que ses propriétés physiques et chimiques varient en fonction de la composition du polymère en nitrile, ce type particulier de caoutchouc synthétique a la particularité d'être généralement résistant aux huiles, aux carburants et autres produits chimiques. Ainsi, plus le



polymère contient de nitrile, plus la résistance aux huiles est élevée, mais plus la flexibilité du matériau est faible.

#### IV.3.2. Les propriétés du caoutchouc Nitrile :

Les propriétés du caoutchouc Nitrile sont diverses. Nitrile NBR a été spécialement développé pour empêcher la corrosion par l'huile. Ce caoutchouc est souvent utilisé pour faire des joints dans les secteurs industriels et dans l'industrie alimentaire, à condition qu'elle soit conforme à la FDA. La feuille NBR est surtout utilisée dans la construction de plateformes pétrolières en raison de son excellente résistance aux huiles.

#### IV.3.3. Les caractéristiques mécaniques :

Température	155 C°- 175 C°
La densité	1.22 – 1.26
Dureté	60 – 65 (shore (A))
Resistance à la rupture	16.4 MPa
Allongement rupture	230%
Résistance déchirement	34 daN/cm
La pression	10 bar

Tableau VI.10. Les caractéristiques mécaniques du caoutchouc nitrile

#### IV.3.4. Avantages du caoutchouc nitrile :

- Bonne résistance aux huiles, carburants, solvants polaires et aromatiques.
- Forte conductivité
- Bonnes caractéristiques mécaniques : résistance au déchirement, à l'abrasion, résilience,
- Température : -40°C à +100°C
- Limites: Très inflammable, Faible résistance au froid, au vieillissement, à l'ozone, aux intempéries

#### IV.3.5. Application :

Le nitrile est l'élastomère le plus utilisé aujourd'hui dans l'industrie des joints.

Il est utilisé dans l'industrie automobile et aéronautique pour fabriquer

- Des tuyaux flexibles,
- Des joints du câble,
- Des passe-câbles,

- Des réservoirs de carburant auto-scillants, car les caoutchoucs ordinaires ne peuvent pas être utilisés.

Il est utilisé dans l'industrie nucléaire pour fabriquer :

- Des gants de protection.

La capacité du NBR à résister à une plage de température de -40 à + 108 ° C en fait un matériau idéal pour les applications aéronautiques. Le butadiène nitrile est également utilisé pour créer :

- Des produits moulés,
- Des chaussures,
- Des adhésifs,
- Des scellants,
- Des éponges,
- Des mousses expansées et des tapis de sol.

#### **IV.4. Le choix d'une presse :**

Le choix d'une presse dépend essentiellement, des critères suivants :

- La capacité d'injection.
- L'encombrement entre colonnes.
- La force de fermeture.
- Epaisseur minimale du moule (fermeture maximale des plateaux).

##### **IV.4.1. Présentation de la presse utilisée :**

Dans ce cas, la presse à moins d'encombrements, l'axe de la vis est vertical et l'ouverture du moule est dans un plan horizontal. Ce type de presse s'utilise pour des moules comportant des insertions de prisonniers métallique mais le démoulage de la pièce nécessite un transfert. Cette presse préoccupe peu de place au sol.



Figure IV.27. Presse vertical

#### IV.5. Présentation de la pièce moulée

Nom de la pièce	Élément de jonction
Longueur de la pièce	42mm
Diamètre de la pièce	23mm
Matériau de la pièce	Caoutchouc nitrile

Tableau IV.11. Présentation de la pièce moulée

#### IV.6. L'emplacement de installation la pièce et son rôle :

Un élément de jonction (guide de câble) est installé sur un porte câble d'un chariot transfert de pont roulant pour la protection de câble électrique comme un amortisseur de chouque (voir annex)

#### IV.7. Préparation des mélanges :

Le malaxage est un mélangeage des ingrédients pesés dans des mélangeurs internes et externes en vue de l'obtention d'une pâte homogène à laquelle le calandrage donnera la forme et les dimensions désirées pour l'étape de l'ébauche.

## IV.8. Préparation de l'opération du moulage :

### IV.8.1. Paramètres de moulage :

- La quantité de matière.
- Les vitesses de fermeture de la presse.
- La pression sur la matière : la pression exercée par la presse sur l'ensemble du moule est de 200kg /cm<sup>2</sup>
- La température du moule : la température du chauffage du moule est 156 C°

### IV.8.2. Opération de moulage :

- **Chauffage du moule :**

Le sera placer dans une presse hydraulique est chauffé a l'aide des résistances de la presse jusqu'a une température de 160 degré.

- **Mise de la matière première dans le moule ouvert :**

On charge les axes du moule avec le caoutchouc



**Figure IV.28** Chargement du caoutchouc sur le moule

- **Fermeture du moule :**

On place la partie supérieure du moule sur la partie inférieure position correct selon le plan du joint.

- **Pressage :**

Placer le moule remplié de la matière dans la presse hydraulique pour obliger la matière à remplir le moule, l'excès de matière est évacué par des canalisations (coupes gommés) faites pour ce but.



**Figure IV.29.** Le moule dans la presse

- **Maintien :**

Dans notre cas la matière c'est le caoutchouc nitrile, temps de maintien de la chauffe et de la pression jusqu'à la fin de la cuisson (réticulation).

- **Echauffement du moule :**

L'échauffement sera à la température ambiante.

- **Ouverture du moule et récupération de la pièce :**

Après que le moule est refroidie on ouvre le moule et extraire les pièces (Elément de jonction).



**Figure IV.30.** La pièce moulée avec des gommés

- **Coupe gomme :**

Après avoir extraire la pièce on coupe l'excès de matière dans le plan de joint qui est évacuée par des canalisations (coupe gomme) faites pour ce but, pour avoir un bon état de surface de la pièce.



**Figure IV.31.** La pièce dans le moule après la coupe de gomme



**Figure IV.32.** L'élément de jonction moulé

#### **IV.9. Conclusion :**

On a trouvé le moulage par compression pour faciliter la fabrication des pièces en caoutchouc.

## **Conclusion Générale :**

La réalisation de notre projet au sein de l'entreprise « AMM » a été pour moi d'une importance capitale tant sur le plan pratique que sur le plan théorique, et cela non seulement m'a permis d'élargir mes connaissances dans le domaine de la conception et la fabrication mais aussi de mettre en œuvre les acquis théoriques dans le milieu professionnel.

Cette étude m'a permis :

- D'approfondir nos connaissances dans le domaine des matériaux non ferreux et son importance dans le domaine industriel ;
- De connaître et comprendre les procédés de mise en œuvre de ce matériau en général et le procédé de moulage par compression en particulier ;
- de prendre en considération tous les paramètres nécessaires et les éléments influents dans la conception d'un moule à compression et des matériaux adéquats ;
- mise en disposition du système MODOP et réalisation du projet ;
- L'exploitation de notre moule pour fabriquer la pièce.

A travers ce projet j'ai pu élargir mes compétences en matière de numérisation de dessin technique.

En fin, ce travail était, une occasion de faire nos premiers pas dans le vaste terrain de la conception et la fabrication des moules, dans le sens où nous étions amenés à concevoir un moule de compression qui nous était totalement méconnu auparavant.

Une recherche sur le principe de fonctionnement pour me permettre d'imaginer des solutions adéquates, simples et réalisables dans les limites du cahier des charges.

## Références Bibliographiques :

- [1] Modélisation CAO et Stratégies d'usinage pour la réalisation des à géométrie compliquée (Surfaces Libres), thèse de doctorat en science, ameddah hacène, université HADJ LAKHDAR BATNA, 2013.
- [2] N. Aifaoui, Intégration CAO/Calcul, une approche par les features de calcul, Thèse de Doctorat, Université de Valenciennes, Juillet 2003.
- [3] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Conception\\_assist%C3%A9e\\_par\\_ordinateur&usq=AFQjCNHfdLMfV51ubq3CefDEup6xNa\\_jkA](https://fr.wikipedia.org/wiki/Conception_assist%C3%A9e_par_ordinateur&usq=AFQjCNHfdLMfV51ubq3CefDEup6xNa_jkA).
- [4] <https://www.keyence.fr/ss/products/measure-sys/machining/peripherals/mold.jsp>
- [5] <https://www.keyence.fr/ss/products/measure-sys/machining/peripherals/mold.jsp>.
- [6] <https://www.universalis.fr/encyclopedie/acier-technologie/2-structure-des-aciers/>.
- [7] <https://www.galvanisation-de-bourgogne.fr/actualite-les-avantages-de-lacier-262.html>.
- [8] [construiracier.fr/wp-content/uploads/2018/08/quest-ce-que-lacier.pdf](http://construiracier.fr/wp-content/uploads/2018/08/quest-ce-que-lacier.pdf).
- [9] Etude et Conception et Fabrication d'une poignée d'une brouette avec le procédé de Moulage Injection- Compression, Thème de master, MOHAMMEDI Mohamed Mr, LEHAD Mehdi, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2019.
- [10] [prototechasia.com/moulage-par-compression-prototypes-silicone-et-caoutchouc](http://prototechasia.com/moulage-par-compression-prototypes-silicone-et-caoutchouc)
- [11] [universalis.fr/encyclopedie/elastomeres-caoutchoucs/](http://universalis.fr/encyclopedie/elastomeres-caoutchoucs/).
- [12] [seal-france.fr/es](http://seal-france.fr/es)
- [14] ADNANE BOUKAMEL «modélisations mécaniques et numériques des matériaux et structures en élastomères » thèse de doctorat, 05/10/2006



# Annexe :

