

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT

SUPERIEURET DE LA

RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA

Faculté des Technologie

Département de génie Mécanique

PROJET DE FIN D'ETUDE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER 2:

Spécialité : Fabrication mécanique et production

Conception et réalisation d'un moule de mise en forme de prothèse oculaire

**Présenté Par :**

- Keddari Amina
- Fekir Nour el Houda

**Encadré Par :**

Dr. Mourad Abada

**Co-Encadrant :**

Mr. Yacine Aicha

2022/2023

## **Résumé**

Le travail présenté dans ce mémoire c'est la réalisation et la conception du moule de mise en forme des prothèses oculaires.

Le travail que nous avons réalisé est basé sur l'utilisation de logiciel de dessin assisté par ordinateur INVENTOR, et l'usinage par des commandes numériques, Ce qui nous permet de dessiner et de réaliser le moule de mise en forme

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

## **Mots clés**

Prothèses oculaires, usinage par des commandes numériques, le moule, usinage conventionnel, non conventionnel.

## **Abstract**

The work presented in this thesis is the realization and design of the mold for shaping ocular prostheses. The work we have accomplished is based on the use of computer-aided design software, specifically INVENTOR, and machining through numerical controls. This enables us to design and produce the shaping mold. Moreover, this project has allowed us to acquire competence and experience in both conventional and unconventional machining methods.

## **Keywords**

Ocular prostheses, machining through numerical controls, the mold, conventional machining, unconventional machining.

## ملخص

العمل المقدم في هذه الرسالة هو تنفيذ وتصميم قالب لتشكيل الأطراف الاصطناعية للعين. يعتمد العمل الذي قمنا به على استخدام برنامج الرسم المساعد بالحاسوب INVENTOR والتصنيع بواسطة أوامر رقمية، مما يتيح لنا رسم وتنفيذ قالب التشكيل. بالإضافة إلى ذلك، ساعدنا هذا المشروع على اكتساب الكفاءة والخبرة في تصنيع بواسطة التصنيع التقليدي وغير التقليدي.

## الكلمات المفتاحية

الأطراف الاصطناعية للعين، قالب التشكيل، التصنيع التقليدي وغير التقليدي.

# Remerciements

*Je remercie tout d'abord ALLAH de m'avoir prêté santé et volonté pour mener à terme ce projet de fin d'étude.*

*Je tiens à remercier tout particulièrement mon encadrant, Monsieur MOURAD ABADA pour m'avoir initié à la recherche et de m'avoir proposé ce sujet passionnant et de m'avoir encadré tout le long de ces années d'études, merci d'avoir suivi ce travail avec grande disponibilité, de m'avoir fait bénéficier de son expérience et de m'avoir accordé une large liberté d'action pour mener ce travail dans d'excellentes conditions. Je leur suis reconnaissant de la confiance et de l'intérêt qu'il a pu m'apporter durant ces années. Merci pour les discussions scientifiques.*

*J'adresse des remerciements particuliers à mon co-encadrant YACINE Aicha d'abord pour m'avoir guidé, encouragé et nourri de sa grande compétence durant mon séjour au sein de l'entreprise, merci pour les nombreuses discussions toujours enthousiastes que nous avons eues ensemble.*

*Je remercie toutes les personnes de l'entreprise qui ont participé, de près ou de loin, à ces travaux.*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail*

*A mon père qui m'a donné durant la vie; Camour, soutien pendant les*

*moments difficiles et leur disponibilité tout au long de mes études.*

*A ma chère mère qui a bien veillé à notre éducation et qu'elle n'arrête jamais de nous guider et soutenir par tous les moyens.*

*A mes frères; Abd el fettah; Ibrahim el khalil, mouhamed, et ma sœur khaoula, Un grand merci à ma belle sœur soumia qui m'a aidée dans ce mémoire; et mon binôme Nour el Houda Fekir et à ma meilleure amie fella bedrina et sans oublier mon*

*partenaire de vie, Imad eddine*

*je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.*

*Keddari Amina*

*La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma gratitude.*

*Je remercie ma mère Fatima, qui a toujours été là pour moi. Je remercie mes sœurs Mériem Soumia et Nour El Imane, mon*

*partenaire de vie, cher mari Lamine. pour leurs encouragements. Un grand merci à mon binôme, Amina keddari dans ce mémoire de recherche, et je souhaite que nous arriverons à réaliser nos rêves*

*comme nous avons réalisé notre mémoire ensemble.*

*Je voudrais exprimer ma reconnaissance envers les amis intimes Amel, Katia et Khadidja et collègues qui m'ont apporté leur soutien moral et intellectuel tout au long de ma démarche.*

*À tous ces intervenants, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.*

*Fekir Nour El Houda*

## Table des matières

<b>Introduction Générale :</b> .....	1
<b>1. Historique :</b> .....	3
<b>2. Introduction :</b> .....	3
<b>3. Définition :</b> .....	3
<b>4. Les origines des matières plastiques :</b> .....	4
<b>5. Atomes composant les matières plastiques :</b> .....	4
<b>6. Familles de plastique et leurs usages :</b> .....	4
<b>6.1. Les thermoplastiques :</b> .....	5
<b>6.2. Les thermodurcissables :</b> .....	8
<b>6.3. Les élastomères :</b> .....	8
<b>7. Définition de polymère :</b> .....	8
<b>1. Définition :</b> .....	11
<b>2. Compositions de moule d'injection :</b> .....	11
<b>3. Types de moule en plastique</b> .....	14
<b>3.1. Moule d'injection :</b> .....	14
<b>3.2. Moule de soufflage :</b> .....	15
<b>3.3. Moule d'extrusion :</b> .....	16
<b>3.4. Moule de compression :</b> .....	17
<b>3.5. Moule de thermoformage :</b> .....	18
<b>4. Conclusion</b> .....	19
<b>1. Introduction :</b> .....	21
<b>2. Définition d'une empreinte en moule :</b> .....	21
<b>3. Remplissage des empreintes d'un moule :</b> .....	21
<b>3.1. Les éléments constitutifs du moule</b> .....	22
<b>3.2. Plan de joint :</b> .....	23
<b>3.3. Empreinte :</b> .....	23
<b>3.4. Goujon :</b> .....	24
<b>3.5. NOYAUX :</b> .....	25
<b>3.6. LA RECHAUSSE :</b> .....	25
<b>3.7. REMPLISSAGE DES EMPREINTES :</b> .....	25
<b>3.8. ALIMENTATION DE L'EMPREINTE :</b> .....	26
<b>3.9. Section d'alimentation empreinte :</b> .....	26

<b>4. Système de refroidissement :</b>	28
<b>4.1. Circuit de refroidissement :</b>	28
<b>4.2. Description du circuit de refroidissement :</b>	28
<b>4.3. Le temps de refroidissement :</b>	29
<b>4.4. Temps de cycle :</b>	29
<b>5. Conclusion</b>	29
<b>1. Introduction :</b>	31
<b>2. Définition de la société :</b>	31
<b>3. La définition du moule :</b>	32
<b>4. Conception et réalisation du moule par Inventor :</b>	33
<b>4.1. Les étapes du processus suivis :</b>	33
<b>4.1.1. Partie A</b>	33
<b>4.1.2. Partie B</b>	38
<b>5. La gamme d'usinage du moule</b>	40
<b>6. Dessins de définition des différents éléments du moule</b>	42
<b>7. Les machines utilisées dans la réalisation du moule</b>	44
<b>7.1. Tour numérique :</b>	44
<b>7.2. Fraiseuse numérique :</b>	46
<b>8. La réalisation finale du moule</b>	47
<b>8.1. Les empreintes des prothèses</b>	47
<b>8.2. Les façades du moule</b>	48
<b>9. La partie essaie</b>	49
<b>9.1. 1ere étape : matières et matériaux utilisés</b>	49
<b>9.1.1. Les matières</b>	49
<b>9.1.2. Le matériel</b>	49
<b>9.2. 2ème étape : la bille</b>	50
<b>9.3. 3ème étape : prothèse oculaire</b>	51
<b>10. Conclusion :</b>	52

# Liste des figures :

## *Chapitre 01 :*

Figure 1. 1 Production globale de plastique.....	5
Figure 1. 2 Vue microscopique de polymère.....	9
Figure 1. 3 Structure organique d'un polymère .....	9
Figure 1. 4 Compositions d'un moule.....	12
Figure 1. 5 Matériaux des éléments du moules d'injections .....	14
Figure 1. 6 Procédure de production des bouteilles par un moule de soufflage.....	15
Figure 1. 7 Points de consommation des ressources et d'émissions dans le procédé d'extrusion de profilés .....	16
Figure 1. 8 Procédure de fabrication par moule de compression.....	17
Figure 1. 9 Le principe de thermoformage .....	18

## *Chapitre 02 :*

Figure 2. 1 Moule avec empreinte.....	22
Figure 2. 2 Plan de joint.....	23
Figure 2. 3 Empreinte.....	24
Figure 2. 4 Bloc Empreinte mobile.....	24
Figure 2. 5 Dispositif d'équilibrage.....	27
Figure 2. 6 Section des canaux.....	27
Figure 2. 7 circuit obtenu à partir des canaux.....	29

## *Chapitre 03 :*

Figure 3. 1 moule de mise en forme des prothèses oculaires.....	32
Figure 3. 2 la vue de face .....	33
Figure 3. 3 la révolution des empreintes.....	34
Figure 3. 4 plan du joint au milieu.....	34
Figure 3. 5 contour extérieur des empreintes.....	35
Figure 3. 6 trou de guidage.....	35
Figure 3. 7 les méplats .....	36
Figure 3. 8 trou de taraudage .....	37

Figure 3. 9 le repère .....	38
Figure 3. 10 le guide .....	39
Figure 3. 11 le moule final. ....	39
<i>Figure 3. 12 Partie A</i> .....	42
<i>Figure 3. 13 Partie B</i> .....	42
<i>Figure 3. 14 Support</i> .....	42
<i>Figure 3. 15 Le guide</i> .....	43
<i>Figure 3. 16 La vue générale du moule</i> .....	43
Figure 3. 17 Tour numérique .....	44
Figure 3. 18 Composants du tour numérique :	45
Figure 3. 19 fraiseuse numérique .....	46
<i>Figure 3. 20 les empreintes du moule</i> .....	47
<i>Figure 3. 21 les façades du moule.</i> .....	48
Figure 3. 22 les matières utilisées (polyméthacrylate 'PMMA') .....	49
Figure 3. 23 Le polymérisateurFigure 3. 22 les matières utilisées (polyméthacrylate 'PMMA')	49
Figure 3. 23 Le polymérisateur .....	50
Figure 3. 24 Les billes obtenuesFigure 3. 23 Le polymérisateur .....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 3. 24 Les billes obtenues.....	51
Figure 3. 25 prothèses oculairesFigure 3. 24 Les billes obtenues .....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 3. 25 prothèses oculaires .....	52
Figure 3. 25 prothèses oculaires.....	Erreur ! Signet non défini.

# Liste des tableaux :

## *Chapitre 01 :*

Tableau 1. 1 caractéristiques et usage des thermoplastiques.....	6
Tableau 1. 2 Désignations des éléments constitutifs d'un moule .....	13

## *Chapitre 02 :*

Tableau 2. 1 valeurs de coefficient de fluidité au fonction de la matière .....	26
---	----

## *Chapitre 03 :*

Tableau 3. 1 Gamme d'usinage du moule .....	40
---	----

# *Introduction*

## *Générale*

## **Introduction Générale :**

L'industrie mécanique représente un secteur très important dans l'économie d'un pays. Elle est l'une des contraintes au progrès et au développement, c'est le niveau d'évolution de la modernité d'une nation.

La fabrication mécanique occupe une grande partie dans le développement industriel, elle participe à l'amélioration des performances des moyens de production locaux. La nouvelle stratégie industrielle mondiale est basée sur la haute technologie et la modernité acquise par les grands constructeurs internationaux.

Les plastiques sont les matériaux les plus courants pour produire tout type de pièces et de produits finis, allant de simples produits de consommation à des dispositifs médicaux. Les plastiques constituent une catégorie de matériaux très polyvalents, avec des milliers de combinaisons polymères possibles, chacun présentant des propriétés mécaniques spécifiques.

Durant les soixante dernières années, les matériaux polymères ont beaucoup évolué avec une expansion de production mondiale qui atteint les 140 million tonne par an, désormais on les trouve dans divers domaines à savoir l'emballage, le bâtiment, les équipements électriques et électroniques ou même dans le domaine médical

A travers de cette étude, nous intéressons à la conception d'un moule de mise en forme des prothèses oculaire fabriqué en polymères.

L'objectif de notre travail est la modélisation du moule avec ses différentes empreintes qui permettent l'obtention de prothèse oculaire, sous le logiciel de modélisation 3D INVENTOR réalisé par la société Autodesk

Pour mener ce travail, nous avons commencé par un aperçu général sur les matières et le moule en plastique.

Ensuite le deuxième chapitre montre une présentation sur les empreintes.

Le troisième chapitre présente en détail les étapes de conception du moule à l'aide du logiciel INVENTOR, sa gamme d'usinage et la réalisation expérimentale du moule

Le mémoire est clôturé par une conclusion générale.

# **Chapitre 01**

***Partie A :***

***Généralités***

***sur la matière***

***en plastique***

### **1. Historique :**

Les plastiques de synthèse ont été introduits en 1865 avec le Celluloïd et leur structure a été mieux définie vers 1930. Cependant, leur développement n'a vraiment commencé qu'à partir de 1960 et leur production a dépassé celle des métaux depuis 1980. Actuellement, les plastiques sont utilisés dans tous les domaines d'activité humaine, de l'emballage à la construction de fusées interplanétaires. Cette suprématie des plastiques s'explique non seulement par leur faible coût, mais aussi par la variété des formes et des propriétés qu'ils peuvent avoir, ainsi que par les nombreux procédés de fabrication qui permettent de réaliser des formes complexes sans usinage. Ce succès est le fruit des efforts de la communauté scientifique pour découvrir de nouvelles structures de molécules, créer des monomères multiples, développer des procédés de polymérisation catalytique et concevoir des machines innovantes. En somme, nous pouvons considérer que nous sommes entrés dans l'ère des plastiques.

### **2. Introduction :**

Les matières plastiques sont de nos jours indissociable de notre environnement et de notre quotidien. Ils se sont imposés comme des matériaux symboles de la société de consommation et ses utilisations est en net augmentation vu ses qualités hygiène, résistance aux chocs et son adaptabilité aux variations de température, sa facilité de mise en forme, lui ont rapidement permis de se rendre indispensable dans toutes les domaines.

Donc c'est quoi exactement le plastique ? une matières plastique est un mélange contenant une matière de base (pétrole, biomasse...) qui peut être moulé façonnée en général à chaud et sous pression afin de conduire a un produit ou un objet

### **3. Définition :**

Les plastiques ont progressivement remplacé les matériaux traditionnels tels que le bois ou le métal dans de nombreuses applications industrielles. Les plastiques offrent de bonnes propriétés physiques, sont légers, hygiéniques, résistants et durables. Grâce à toutes ces qualités, ils sont devenus omniprésents et irremplaçables dans les objets de notre vie quotidienne.

La matière plastique est composée d'un mélange qui contient une substance de base qui peut être moulée. Cette substance de base est généralement un mélange de macromolécules, qui sont des polymères organiques ou semi-organiques ayant des propriétés résineuses. Ces macromolécules sont généralement produites par une réaction

## **CHAPITRE 01 PARTIE A : Généralités sur la matière en plastique**

de polycondensation ou de polymérisation, qui implique la fusion de plusieurs molécules d'un composé pour créer une molécule de grande taille.

### **4. Les origines des matières plastiques :**

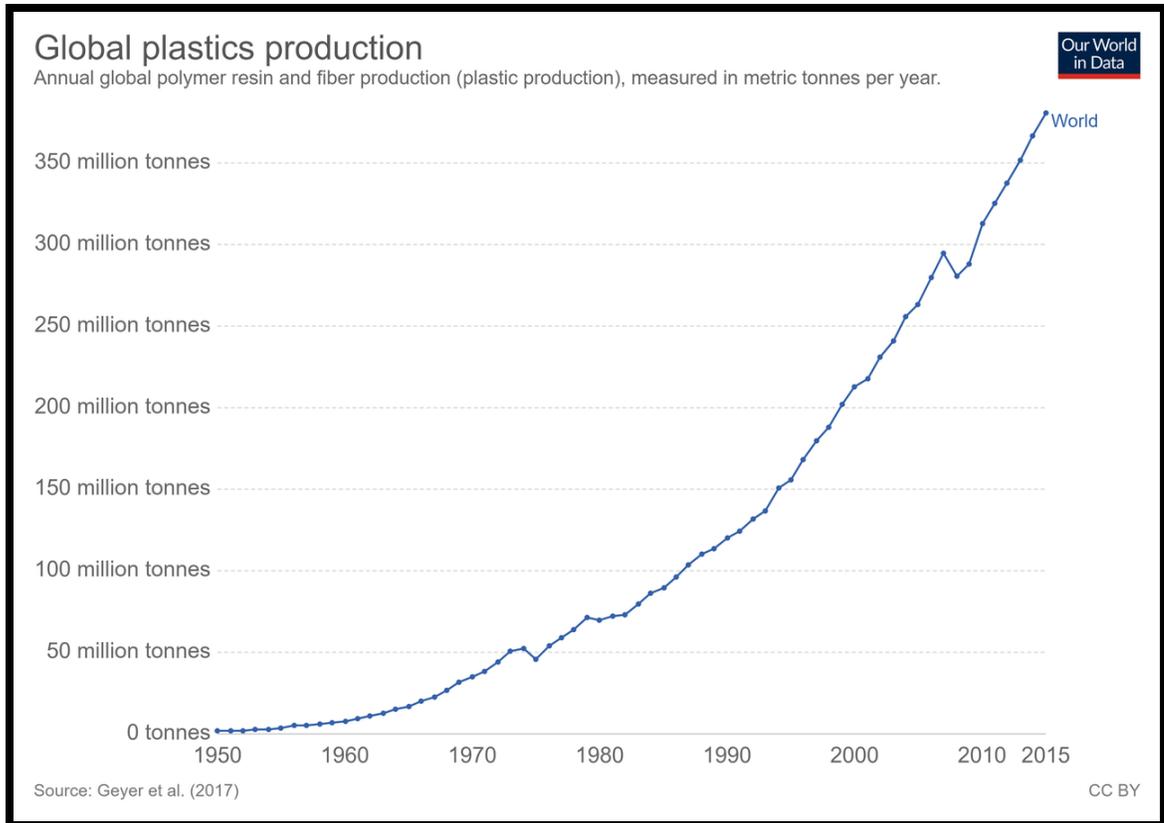
Au départ, la majorité des matières plastiques étaient fabriquées à partir de résines obtenues à partir de matières végétales telles que la cellulose (extraite du coton), le furfural (extrait de céréales), les huiles (obtenues à partir de graines), les dérivés d'amidon ou le charbon. Seule la caséine, extraite du lait, était une matière non végétale utilisée dans la fabrication de plastiques.

### **5. Atomes composant les matières plastiques :**

Les matières plastiques sont constituées d'atomes tels que l'hydrogène, le chlore, le carbone, l'azote, le soufre et le fluor. Dans les polymères, qui sont des matériaux organiques, le carbone est considéré comme la « colonne vertébrale » de la structure. En fonction du matériau, les atomes de carbone peuvent être liés uniquement à des atomes d'hydrogène (dans les cas du polyéthylène ou du polypropylène), à de l'hydrogène et du chlore (comme dans le PVC), ou encore à du fluor exclusivement (comme dans le PTFE).

### **6. Familles de plastique et leurs usages :**

Les plastiques sont des matériaux qui peuvent être facilement moulés ou modelés sous pression à chaud, ce qui les rend déformables. Leur facilité de mise en forme, leur résistance aux chocs, aux variations de température, à l'humidité et aux détergents les rendent utiles dans une variété de domaines, tels que l'emballage, le bâtiment, l'automobile, l'électricité, etc. Les plastiques se distinguent en trois grandes catégories selon leurs propriétés : les thermoplastiques, les thermodurcissables et les élastomères.



*Figure 1. 1 Production globale de plastique.*

## **6.1. Les thermoplastiques :**

Les thermoplastiques sont des matériaux qui deviennent malléables et souples sous l'effet de la chaleur, ce qui permet de leur donner différentes formes qui resteront en place après refroidissement. Cette transformation est réversible et peut être répétée de nombreuses fois, ce qui rend les thermoplastiques facilement recyclables. Cependant, ils ne sont pas biodégradables et leur durée de vie est de plusieurs centaines d'années. Les thermoplastiques, tels que le PE et le PVC, sont les matières plastiques les plus couramment utilisées.

## CHAPITRE 01 PARTIE A : Généralités sur la matière en plastique

Tableau 1. 1 caractéristiques et usage des thermoplastiques.

Nom et abréviation	Caractéristiques	Usages
Polyéthylène (PE)	<p>Translucide, inerte, facile à manier, résistant au froid. On distingue deux familles: -le PEBD (polyéthylène basse densité) bonne résistance chimique, olfactivement, gustativement et chimiquement neutre, facilement transformé et soudé.</p> <p>- le PEHD (polyéthylène haute densité)</p>	<p>Utilisé dans la moitié des emballages plastiques et dans les domaines les plus divers. PEBD : produits souples : sacs, films, sachets, bidons, récipients et bouteilles souples (sauces, shampoing, crèmes ...)* PEHD: objets rigides (bouteilles, flacons, bacs poubelles, tuyaux, jouets, ustensiles ménagers, boîtes de conservation, sacs plastiques</p>
Polypropylène (PP)	<p>Très facile à colorer. N'absorbe pas l'eau. Aspect brillant et résistant à la température (160°C). Difficile à recycler surtout s'il est imprimé</p>	<p>Pièces moulées d'équipements automobiles (parechocs, tableaux de bord, ...), mobilier de jardin, Film d'emballage, bouteilles rigides, boîtes alimentaires résistantes à la température du lavevaisselle. Fibres de tapis, moquettes, cordes, ficelles</p>
Polystyrène (PS)	<p>Dur et cassant. Trois types: - polystyrène "cristal" transparent - polystyrène "choc" (HIPS) ; acrylonitrile butadiène styrene ABS) - polystyrène expansé (PSE), inflammable et combustible</p>	<p>Usages variés : mobilier, emballages, jouets, verres plastiques, pots de yaourt, ... -"cristal": nombreux types de boîtes, boîtiers CD... -ABS : produits rigides, légers et moulés (bacs à douche...) -PSE : emballage « anti chocs », isolant thermique</p>
Polycarbonate (PC)	<p>Excellentes propriétés mécaniques, bonne résistance thermique jusqu'à 120°C, très</p>	<p>casques de moto, boucliers de police, CD et DVD, vitres pare-balle , phares, feux arrière et clignotants</p>

## CHAPITRE 01 PARTIE A : Généralités sur la matière en plastique

	transparent, physiologiquement neutre Mauvaise résistance aux contacts prolongés avec l'eau, aux agents chimiques et aux rayons ultraviolets	d'automobile, matériel médical et prothèses, biberons incassables, profilés de toiture, vitres de cabine téléphonique...
Polyacétals ou polyoxyméthylène (POM)	Solides et avec des qualités de métaux. Résistant à la plupart des agents chimiques, faible coefficient de frottement. Densité élevée. Assez faible résistance thermique.	Pièces à fortes exigences mécaniques : engrenages, poulies. La recherche vise à augmenter leur résistance au choc pour permettre la réalisation de plus grosses pièces
Polychlorure de vinyle (PCV)	Rigide ou souple selon les ingrédients qu'on lui incorpore. PVC rigide : aspect lisse et dur	Dans l'industrie de l'ameublement, bâtiment, le génie civil et dans l'alimentaire : pots de margarine, blisters, bouteilles d'eau, emballage alimentaire ... PVC rigide : utilisé pour les tuyaux de canalisation. PVC souple: recouvre certains manches de pinces...
Polyamides (PA)	Différents types de PA (selon la longueur des chaînes) distingués par des chiffres. Bon compromis entre qualités mécaniques, thermiques et chimiques. Hydrophiles	Pièces moulées dans l'appareillage ménager et automobile, tapis et moquettes, pièces de robinetterie, de serrurerie, engrenages, ... Textiles (lingerie et voilages)...
Polyméthacrylate de méthyle (PMMA)	Transparent, même avec une très grande épaisseur (jusqu'à 33 cm d'épaisseur); à la différence du verre L'ajout de PMMA dissout permet aux huiles lubrifiantes et fluides hydrauliques de conserver leur liquidité au froid (jusqu'à - 100°C	Nom commercial Plexiglas, Lucite, Altuglas, ... Utilisé pour remplacer le verre pour des vitres incassables, les surfaces des baignoires et des évier, pour les vitres de grands aquariums résistantes à la pression de l'eau... feux arrière et clignotants, hublots d'avion, fibres optiques, enseignes lumineuses...

## **CHAPITRE 01 PARTIE A : Généralités sur la matière en plastique**

- Les thermoplastiques ne peuvent pas être utilisés pour des produits chauds tels que la confiture qui est encore très chaude et mise dans des pots de verre, car leur température de ramollissement est inférieure à celle du verre.
- Les sacs en polyéthylène haute densité (PEHD) se froissent aisément au toucher avec un bruit caractéristique de craquement, mais retrouvent rapidement leur forme initiale. En revanche, les sacs en polyéthylène basse densité (PEBD) se froissent sans produire de bruit et se performent facilement. Leur texture est plus douce et soyeuse que celle des sacs en PEHD.

### **6.2. Les thermodurcissables :**

Les plastiques thermodurcissables prennent une forme définitive lors de leur premier refroidissement, devenant ainsi rigides et ne se ramollissant plus après moulage. Bien que leur processus de fabrication soit complexe, ces matériaux sont extrêmement solides et résistants aux produits chimiques et à la chaleur. Parmi les thermodurcissables, les aminoplastes sont les plus couramment utilisés.

### **6.3. Les élastomères :**

Les élastomères sont des matériaux élastiques qui ont la capacité de se déformer et de retrouver leur forme initiale, et qui peuvent supporter de très grandes déformations avant de se rompre. Contrairement aux plastiques, les élastomères ne sont pas considérés comme tels. À l'origine, le caoutchouc naturel issu de l'Hévéa, un arbre d'Amazonie, était le seul élastomère connu. Cependant, grâce aux méthodes modernes de fabrication, une grande variété de matériaux a été développée en ajoutant des additifs, des accélérateurs et des agents de protection (comme les anti-UV et les anti-oxygène), et en les combinant avec d'autres matériaux tels que les métaux, les textiles et autres plastiques. Les élastomères sont classés en trois grandes catégories, chacune comprenant de nombreux produits aux propriétés variées

## **7. Définition de polymère :**

Le macromolécule terme polymère désigne une molécule de masse moléculaire élevée généralement organique ou semi-organique. Une constituée d'un enchaînement d'un grand nombre d'unités de répétition, d'un ou de plusieurs monomères, unis les uns aux autres par des liaisons covalentes.

## CHAPITRE 01 PARTIE A : Généralités sur la matière en plastique



Figure 1. 2 Vue microscopique de polymère

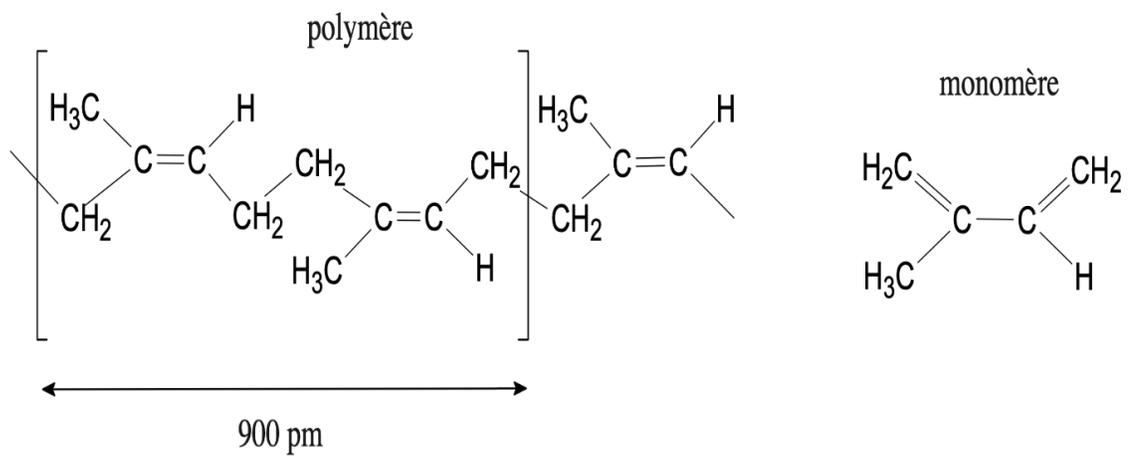


Figure 1. 3 Structure organique d'un polymère

# **Chapitre 01 :**

***Partie B :***

***Moule de  
plastique***

## **1. Définition :**

Moule en plastique est un outil utilisé dans le processus de fabrication par injection des pièces en matière plastique. Il est constitué de deux parties, le moule mobile et le moule fixe, qui sont généralement fabriquées en acier. Le moule est conçu pour donner à la matière plastique fondue une forme spécifique en utilisant une combinaison de la force de fermeture, de la pression de l'injection et de la température. La matière plastique est injectée dans la cavité du moule, où elle se refroidit et se solidifie pour prendre la forme désirée. Le moule est ensuite ouvert pour éjecter la pièce et le processus peut être répété pour produire des pièces en série.

## **2. Compositions de moule d'injection :**

Les moules d'injection, qui sont utilisés pour produire des pièces en plastique par injection, sont généralement fabriqués en acier choisi en fonction des conditions d'utilisation et des exigences de production. Les principaux composants d'un moule d'injection comprennent :

- **Le corps de moule** : il s'agit de la partie principale du moule qui maintient tous les autres composants ensemble et qui se fixe à la machine d'injection.
- **La cavité de moule** : elle est conçue pour donner la forme désirée à la pièce en plastique. Elle est généralement composée de deux parties, la partie supérieure et la partie inférieure.
- **Les inserts** : ces pièces sont souvent fabriquées en acier spécial et sont utilisées pour ajouter des détails supplémentaires à la pièce moulée.
- **Les éjecteurs** : ces composants permettent d'éjecter la pièce moulée du moule après la solidification.
- **Les canaux d'injection** : ces canaux permettent à la matière première fondue d'être injectée dans la cavité du moule.
- **Les canaux de refroidissement** : ces canaux permettent de refroidir le moule et la pièce moulée après l'injection pour que la pièce puisse être éjectée en toute sécurité.
- **Les systèmes de régulation de la température** : ces systèmes sont utilisés pour maintenir une température constante dans le moule pendant le processus d'injection afin de garantir des pièces de haute qualité et de minimiser les temps de cycle.



## CHAPITRE 01 PARTIE B : Moule de plastique

*Tableau 1. 2 Désignations des éléments constitutifs d'un moule*

<b>Élément</b>	<b>Indications</b>
1	Plaques fixation AV
2	Plaque intermédiaire
3	Plaque porte empreinte AV
4	Plaque porte empreinte AR
5	Plaque intermédiaire
6	Entretoise d'éjection
7	Plaque fixation AR
8	Plaque porte éjecteurs
9	Plaque d'éjection
10	Rondelle de centrage AV
11	Buse moule
12	Colonne de guidage
13	Bague de guidage
14	Bague de guidage
15	Goupille de centrage
16	Plan de joint
17	Tiroir
18	Doigt de démoulage
19	Coin de verrouillage tiroir
20	Plaque d'usure
21	Tube d'éjection
22	Broche de moulage
23	Rondelle de centrage AR
24	Arrache carotte
25	Douille arrache carotte
26	Ejecteur
27	Remis de zéro éjection
28	Plot de repose batterie
29	Queue d'éjection
30	Rondelle sous arrache carotte
31	Butée d'éjection
32	Ressort de rappel batterie
33	Vis de queue d'éjection
34	Vis de batterie
35	Vis d'assemblage AR
36	Vis d'assemblage AV
37	Anneau de levage
38	Bague de guidage éjection
39	Chandelle d'éjection

### 3. Types de moule en plastique

Il existe de nombreux types de moules en plastique utilisés dans l'industrie de la fabrication de pièces en plastique. Voici quelques-uns des types de moules les plus courants :

#### 3.1. Moule d'injection :

Ce type de moule est utilisé pour fabriquer des pièces en injectant du plastique fondu dans un moule sous haute pression. Les moules d'injection sont couramment utilisés pour fabriquer des pièces en plastique complexes et précises.

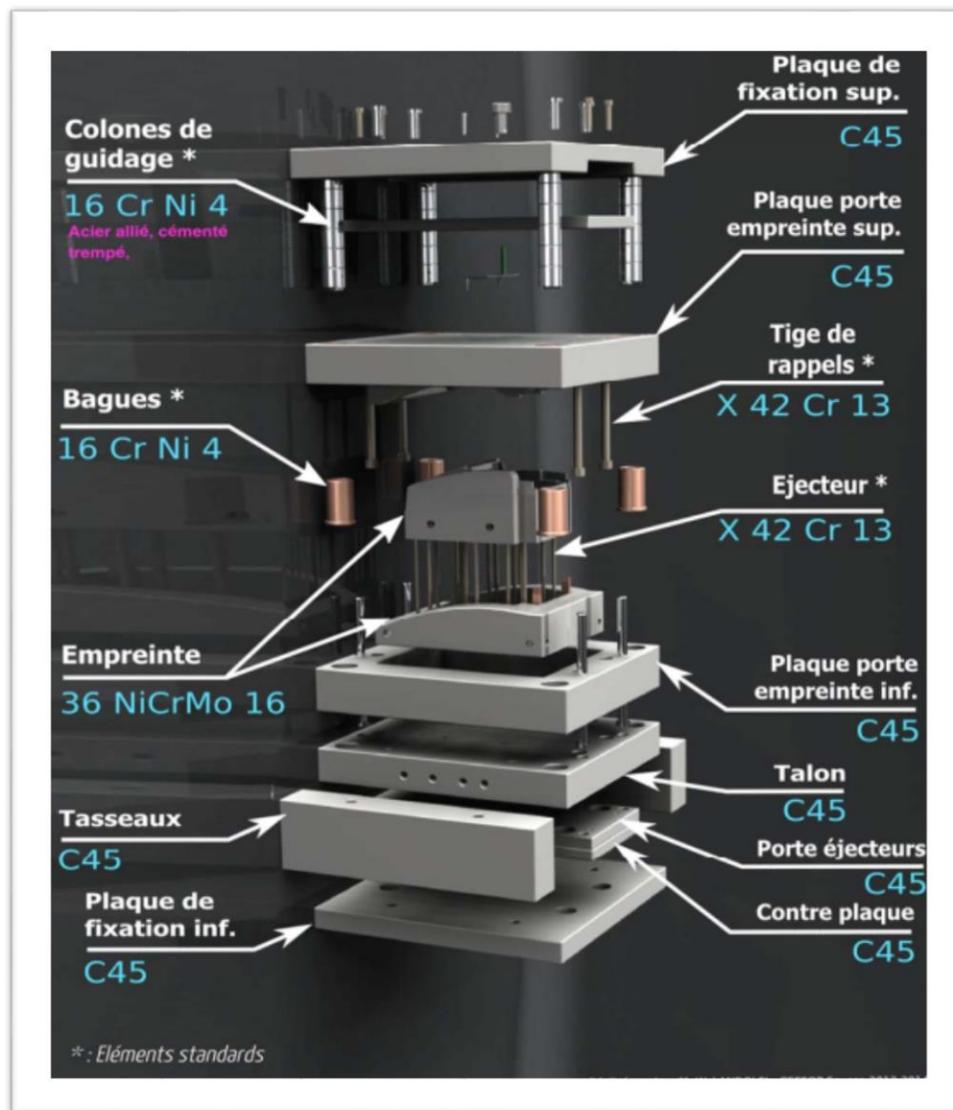
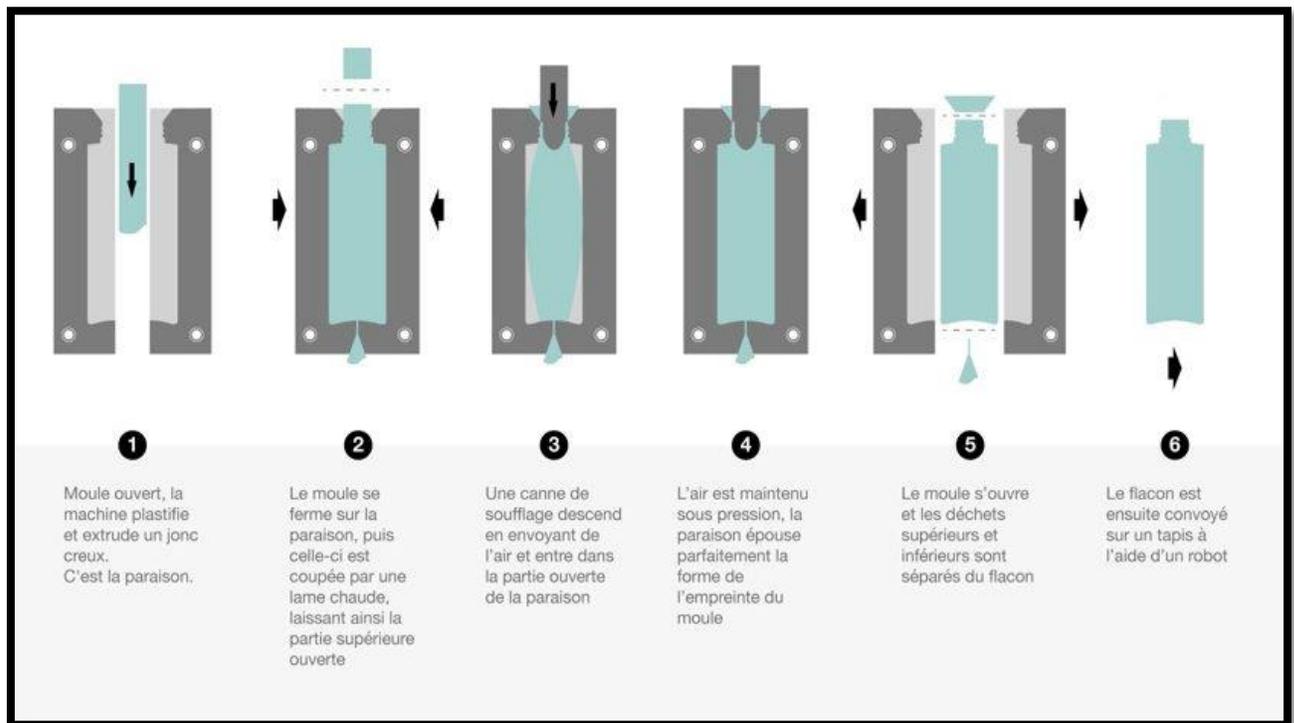


Figure 1. 5 Matériaux des éléments du moules d'injections

### **3.2. Moule de soufflage :**

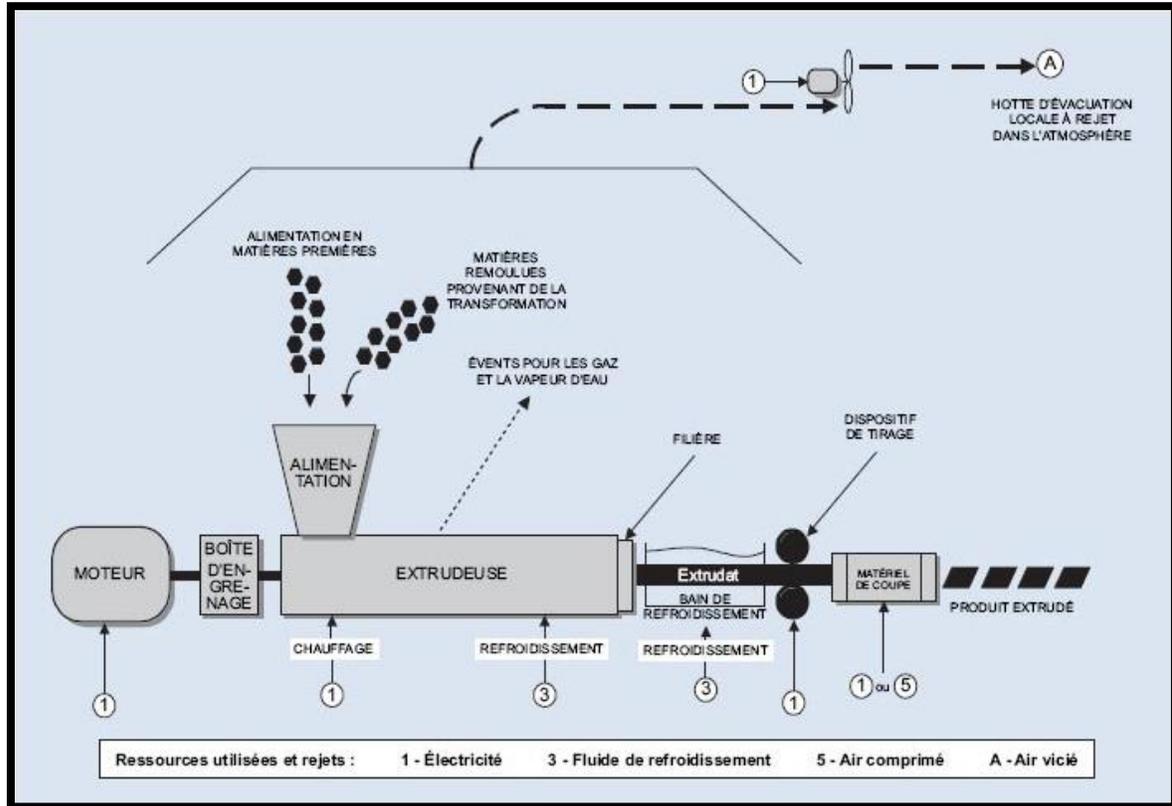
Ce type de moule est utilisé pour produire des pièces creuses en plastique telles que des bouteilles, des réservoirs et des conteneurs. Le plastique fondu est soufflé dans le moule pour prendre la forme souhaitée.



*Figure 1. 6 Procédure de production des bouteilles par un moule de soufflage*

**3.3. Moule d'extrusion :**

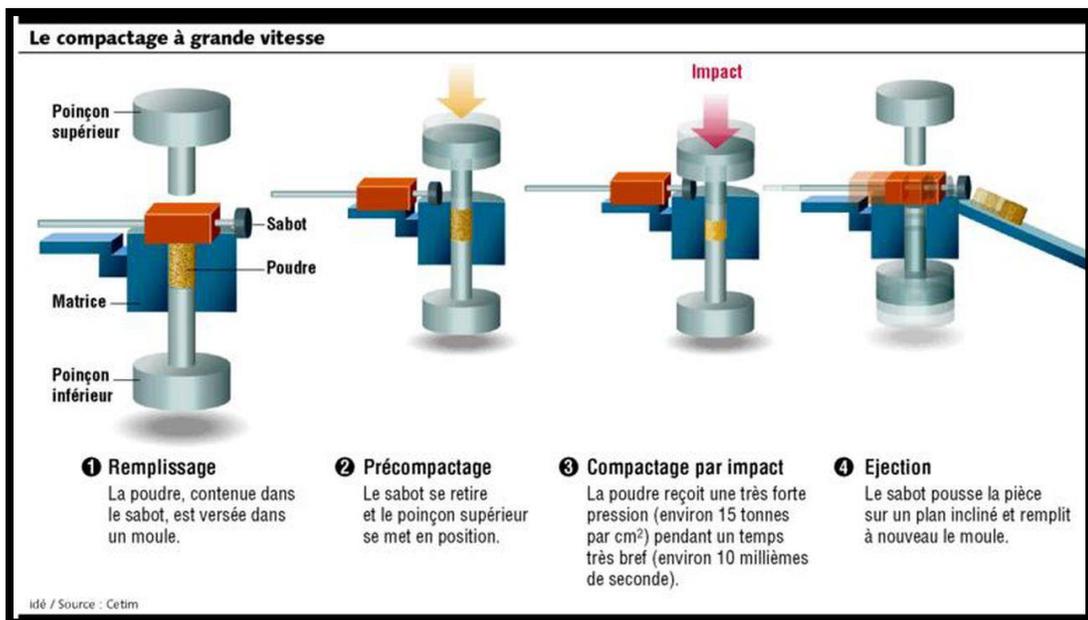
Ce type de moule est utilisé pour produire des pièces en plastique de forme continue telles que des tubes, des profilés et des feuilles. Le plastique fondu est poussé à travers une buse pour former une forme continue.



*Figure 1. 7 Points de consommation des ressources et d'émissions dans le procédé d'extrusion de profilés*

### 3.4. Moule de compression :

Un moule de compression est utilisé pour produire des pièces en matière plastique, caoutchouc ou en matériaux composites en utilisant la compression pour former la pièce finale. Contrairement à un moule d'injection, le matériau est ajouté dans l'empreinte du moule et celui-ci est ensuite fermé, comprimant ainsi la matière première pour lui donner la forme désirée. Les moules de compression peuvent être fabriqués en différents matériaux tels que l'acier, l'aluminium ou le laiton. Ils sont utilisés pour produire des pièces en grandes quantités avec une bonne précision dimensionnelle et une finition de surface élevée dans de nombreuses industries telles que l'automobile, l'aérospatiale, les dispositifs médicaux et l'emballage. Les processus de conception, de fabrication et de maintenance des moules de compression sont complexes et nécessitent une expertise en ingénierie et en technologie de moules.



*Figure 1. 8 Procédure de fabrication par moule de compression*

### 3.5. Moule de thermoformage :

ce type de moule est utilisé pour produire des pièces en plastique en chauffant une feuille de plastique jusqu'à ce qu'elle soit souple, puis en la pressant contre un moule pour lui donner la forme souhaitée.

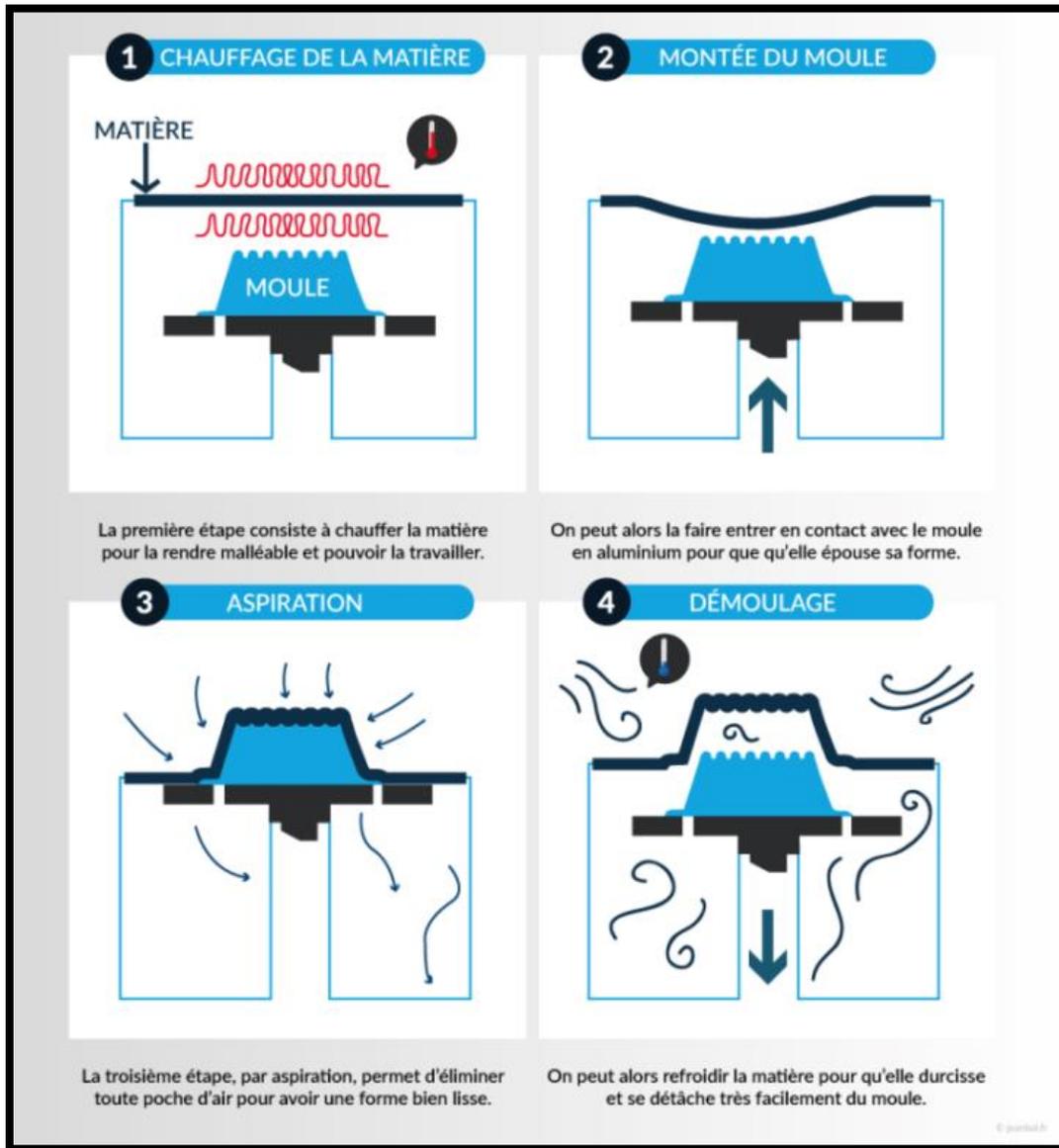


Figure 1. 9 Le principe de thermoformage

#### **4. Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons déterminé la matière et le moule en plastique avec ses différentes dimensions qui nous permettent d'employer dans plusieurs domaines comme l'injection de plastique

Nous avons aussi étudié le polymère qu'on va l'utiliser dans la partie expérimentale de l'étude

**Chapitre 02 :**  
**empreintes**  
**d'un moule**

## **1. Introduction :**

L'empreinte d'un moule est une technique largement utilisée pour reproduire des objets avec précision. Elle offre une méthode efficace et polyvalente pour la production en série ou la création d'œuvres d'art et est utilisée dans de nombreux domaines pour créer des copies fidèles d'objets existants une reproduction tridimensionnelle d'un objet ou d'une forme réalisée à l'aide d'un matériau moulant tel que le plâtre, le silicone ou le caoutchouc. Cette technique est largement utilisée dans de nombreux domaines, tels que l'industrie manufacturière, l'art, la médecine et l'architecture

## **2. Définition d'une empreinte en moule :**

L'empreinte d'un moule est la cavité ou la forme interne du moule qui est utilisée pour former ou façonner une pièce en plastique. Cette empreinte est conçue pour correspondre exactement à la forme et aux dimensions de la pièce en plastique que l'on souhaite produire.

Lorsque du plastique fondu est injecté, soufflé, comprimé ou thermoformé dans le moule, il prend la forme de l'empreinte et se solidifie pour former la pièce en plastique. L'empreinte du moule peut être fabriquée à partir de différents matériaux tels que l'acier, l'aluminium, le cuivre, le laiton ou même le plastique, en fonction de la quantité de production, de la complexité de la pièce et des exigences de qualité.

L'empreinte du moule est un élément crucial dans le processus de fabrication de pièces en plastique, car elle détermine la forme et la qualité de la pièce finale. Les moulistes professionnels et les ingénieurs doivent donc être très précis dans la conception de l'empreinte du moule afin de garantir que les pièces en plastique produites répondent aux exigences de qualité et de spécifications de conception.

## **3. Remplissage des empreintes d'un moule :**

Le remplissage des empreintes d'un moule est le processus par lequel un matériau de base, tel que du plastique fondu, est injecté, soufflé, comprimé ou thermoformé dans la cavité ou la forme interne de l'empreinte d'un moule pour former une pièce en plastique.

Le remplissage des empreintes est une étape critique dans le processus de fabrication de pièces en plastique, car il détermine directement la qualité, la précision et la performance de la pièce finale. Il est donc important de contrôler le remplissage des empreintes avec précision pour garantir des pièces de haute qualité et sans défaut.

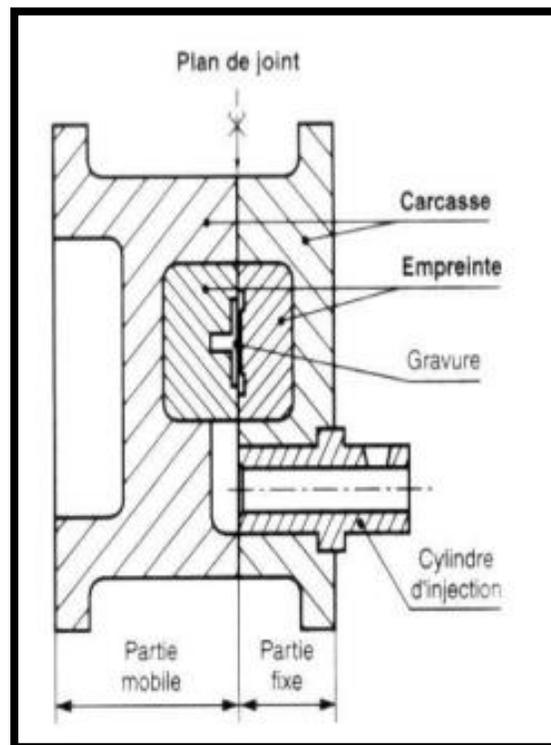
Le remplissage des empreintes dépend de plusieurs facteurs, tels que la température de fusion, la pression d'injection, le temps de remplissage et le taux de refroidissement, qui doivent être ajustés pour s'adapter à la forme et à la taille de l'empreinte du moule. Les

moulistes professionnels utilisent des techniques de simulation numérique telles que la modélisation par éléments finis pour optimiser le remplissage des empreintes et minimiser les défauts de fabrication.

Après le remplissage de l'empreinte, la pièce en plastique doit être maintenue dans le moule jusqu'à ce qu'elle se solidifie complètement pour prendre la forme de l'empreinte. Ensuite, la pièce est éjectée du moule pour être soumise à d'autres processus de fabrication tels que le polissage, l'usinage ou le traitement de surface.

### **3.1. Les éléments constitutifs du moule**

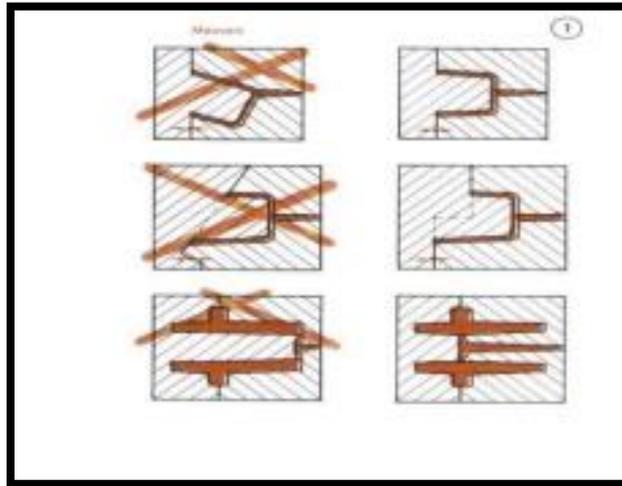
Les moules d'injection ou sous pression sont généralement de grandes dimensions et sont constitués de plusieurs éléments. Les carcasses ont pour fonction de maintenir et de supporter toutes les parties du moule. Elles assurent également l'encastrement des blocs empreints, guident et bloquent les noyaux, guident les injecteurs, permettent de guider la douille ou cylindre d'injection et matérialisent le plan de joint de moule. En outre, elles assurent la fixation du moule sur les plateaux de la machine et garantissent le positionnement des deux parties du moule l'une par rapport à l'autre. Il est important qu'elles aient une surface suffisante pour éviter toute déformation et projection d'alliage à l'extérieur du moule lors de l'injection. En général, elles sont réalisées en acier moulé.



*Figure 2. 1 Moule avec empreinte*

### **3.2. Plan de joint :**

Le plan de joint est la surface qui sépare la partie mobile de la partie fixe du moule. Lors de la fermeture du moule, il est essentiel que le joint soit bien ajusté et étanche. Cependant, choisir l'emplacement du plan de joint peut s'avérer délicat dans certaines situations, notamment lorsque les angles d'inclinaison ne sont pas compatibles avec les fonctions de la pièce à mouler, ce qui peut compliquer la réalisation du moule.

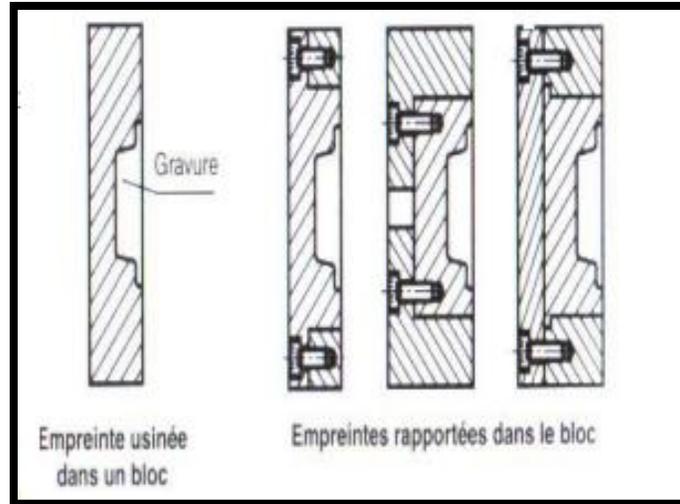


*Figure 2. 2 Plan de joint.*

### **3.3. Empreinte :**

Les blocs empreints sont des éléments clés dans le processus de moulage. Ils contiennent les motifs en relief ou en creux de la pièce à fabriquer et sont équipés d'éjecteurs qui facilitent le retrait de la pièce moulée.

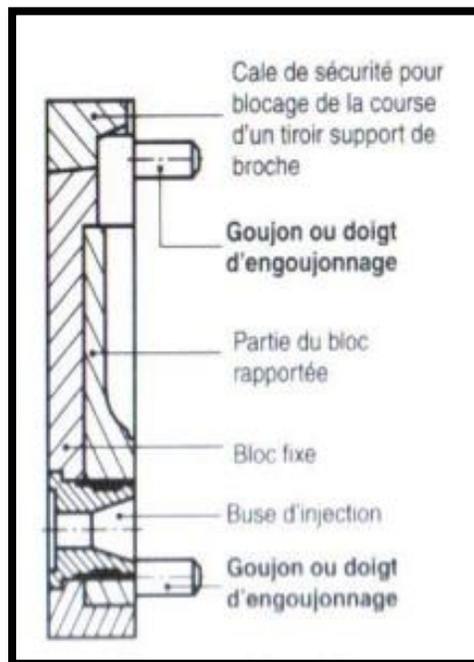
Les blocs empreints sont également responsables de guider les noyaux et les broches, ainsi que d'accélérer la solidification de la pièce en utilisant des circuits internes de refroidissement. Fabriqués en acier forgé allié trempé revenu, les blocs empreints sont conçus pour résister à de nombreuses injections, généralement entre 200 000 et 300 000. Enfin, trois regarnissages sont généralement nécessaires pour le traitement de la vis du moule.



*Figure 2. 3 Empreinte.*

### **3.4.Goujon :**

Pour assurer un positionnement précis de deux parties de moule, quatre doigts d'engoujonnage sont utilisés. Cette méthode permet une grande précision dans la mise en place des parties du moule.



*Figure 2. 4 Bloc Empreinte mobile*

### **3.5.NOYAUX :**

Les noyaux sont des éléments mobiles du moule qui permettent de créer une cavité dans la pièce moulée ou d'obtenir une contre-dépouille. Les noyaux de petite taille sont souvent appelés " tiroirs ". Les noyaux sont actionnés par des vérins hydrauliques qui assurent leur mouvement et leur guidage à l'aide d'un coulisseau. Le positionnement et la stabilité des noyaux sont essentiels pour garantir la précision et la géométrie des pièces moulées. Ces critères dépendent du choix du type de portée, de leurs dimensions, de la nature des dépouilles, ainsi que de l'importance et de la disposition des jeux de remoulage et de coiffage.

### **3.6.LA RECHAUSSE :**

La prolongation de la gravure sert de guide lors des mouvements des noyaux et assure leur verrouillage lors de la fermeture totale du moule avant l'injection. Ce mécanisme de verrouillage empêche les noyaux de reculer lors de l'injection de matière plastique dans le moule.

### **3.7.REMPLISSAGE DES EMPREINTES :**

Le remplissage de l'empreinte du moule dépend de l'écoulement de la matière entre les parois, qui est influencé par l'évolution de la viscosité du polymère ainsi que par le nombre et le type des alimentations. Les épaisseurs moyennes des pièces injectées varient entre 0.8 et 3 mm, tandis que pour les pièces plus importantes, elles peuvent atteindre 6 à 8 mm, ce qui peut entraîner des défauts tels que des retassures, un gauchissement ou des traces d'écoulement. Pour calculer l'épaisseur minimale  $C$  (en mm) d'un élément en fonction de son emplacement par rapport à l'alimentation et de la fluidité de la matière injectée, il est possible d'utiliser l'équation suivante :

$$C = (0.5 + 0.01L)k$$

Où  $L$  représente la longueur d'écoulement dans l'empreinte (en mm) et  $k$  est un coefficient de fluidité qui dépend de la matière utilisée. Il convient toutefois de considérer que cette équation donne des résultats approximatifs en raison de la complexité du processus d'injection.

*Tableau 2. 1 valeurs de coefficient de fluidité au fonction de la matière*

<b>MATIERE</b>	<b>K</b>
PE basse densité	0.5 -0.7
PE haute densité	0.7 -1.0
Poly oxyméthylène	0.7 -1.0
polyamide	0.8
PVC plastifié	0.8
polypropylène	0.8 -1.5
polystyrène choc	1.0 -1.5
polycarbonate	0.8-2
PMMA	2

### **3.8.ALIMENTATION DE L'EMPREINTE :**

L'alimentation de l'empreinte se fait par une série de canaux reliant la buse à la cavité moulante passant par la carotte. Les canaux d'alimentation permettent de répartir les flux de matière entre toutes les empreintes et d'équilibrer les remplissages afin d'assurer une homogénéité de production d'une empreinte à une autre (moule à plusieurs empreinte). Les seuils sont choisis en fonction des pièces et des cadences de production. Il est très difficile de définir les dimensions du seuil minimum en fonction (e, I, L ou  $\phi$ , L).

### **3.9.Section d'alimentation empreinte :**

Le remplissage des empreintes est en fonction du type de point d'injection et de sa position.

Ce choix expliquera les déformations, les retraits et les zones de soudures (zones de fragilité)

Les écoulements de la matière les voudraient courts et de faible section,

Les contraintes d'écoulement les préférant de forte section de diamètre simplifiée, on peut définir la section S par :

$$S = K \times M \times L$$

Avec:

L : longueur du canal

M : masse de la pièce

K : fonction de la viscosité matière

## CHAPITRE 02 : Empreinte d'un moule

-dans un moule avec plusieurs empreintes, la présence d'un dispositif d'équilibrage des pertes de charge facilite la mise au point pour remplir la cavité en même temps.

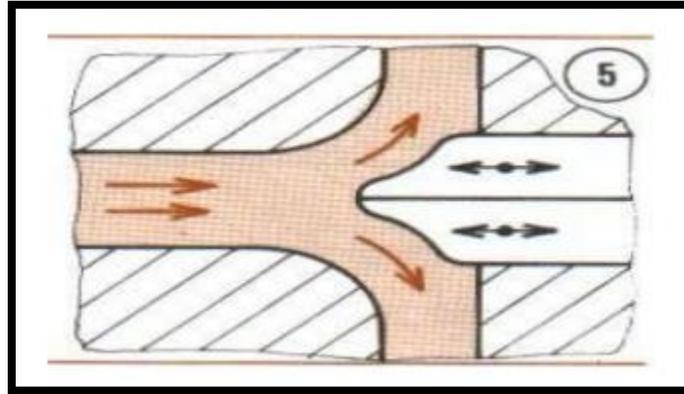


Figure 2. 5 Dispositif d'équilibrage

### 3.10. Forme de la section des plans des canaux :

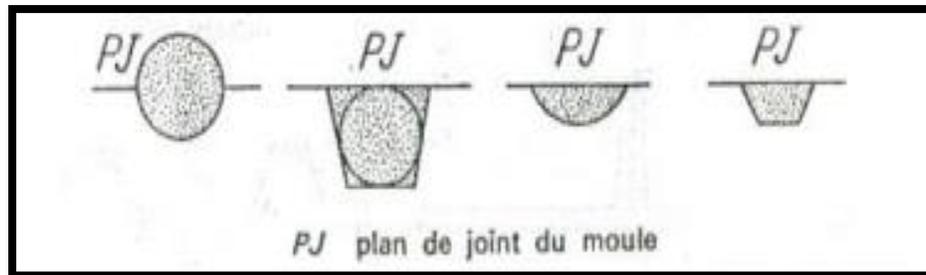


Figure 2. 6 Section des canaux

La longueur des canaux ne doit pas dépasser 100 mm.

-La forme la mieux adaptée est la section circulaire les demis circulaires

-La surface doit être parfaitement polie pour éviter le collage.

## **4. Système de refroidissement :**

Le système de refroidissement dans le moule est essentiel pour le processus d'injection de la matière plastique. Il permet de contrôler la température de l'empreinte et de la pièce moulée, afin d'obtenir une solidification homogène et rapide de la matière. Le circuit d'eau fermé permet de faire circuler de l'eau froide dans des canaux situés à proximité de l'empreinte pour refroidir la matière plastique en cours de solidification. Les caractéristiques thermiques de la matière plastique, notamment sa température de fusion et sa vitesse de solidification, sont prises en compte pour adapter le refroidissement en conséquence. Une bonne gestion du système de refroidissement permet d'optimiser la qualité de la pièce moulée et d'augmenter la productivité du processus d'injection.

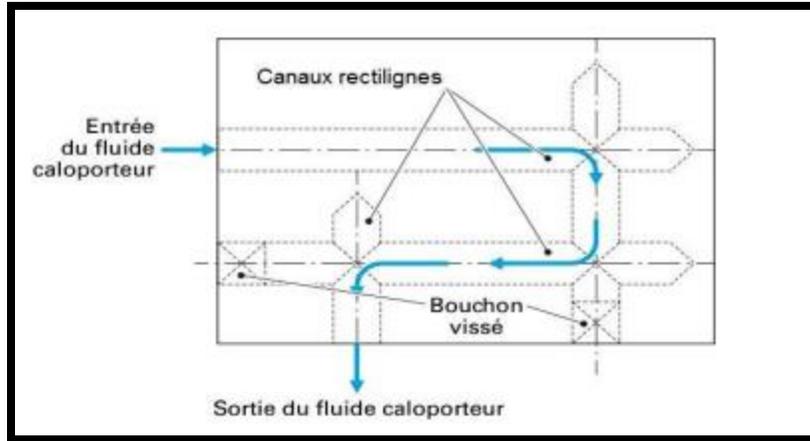
### **4.1. Circuit de refroidissement :**

En effet, l'échange thermique entre le matériau thermoplastique et le moule est crucial dans le processus de moulage par injection. L'objectif est de refroidir le matériau de manière homogène et contrôlée pour atteindre l'état stable recherché, tout en optimisant les performances économiques du moule. Le temps de refroidissement total dépend de divers facteurs, tels que la température initiale du mélange plastique, sa masse et sa chaleur spécifique, ainsi que de la température de démoulage souhaitée. Un bon système de refroidissement doit être intégré au moule pour extraire efficacement l'énergie calorifique et assurer un refroidissement homogène.

### **4.2. Description du circuit de refroidissement :**

Effectivement, la conception du système de refroidissement est cruciale pour éviter toute déformation ou gauchissement de la pièce moulée. Les circuits de refroidissement linéaires ou en spirale sont utilisés pour assurer une distribution homogène de la température dans le moule. Cela permet de minimiser les variations de vitesse de refroidissement et donc de réduire les risques de déformation de la pièce.

Il est également possible de réguler la température des différents circuits de refroidissement afin de minimiser les variations de température dans le moule et ainsi éviter la déformation de la pièce.



*Figure 2. 7 circuit obtenu à partir des canaux*

### **4.3. Le temps de refroidissement :**

Le temps nécessaire pour que la matière plastique injectée atteigne sa température maximale permettant le démoulage est appelé "temps de refroidissement". Ce temps dépend de la géométrie de la pièce et l'échange de chaleur entre la matière plastique et le fluide de refroidissement se fait par conduction thermique à travers le moule. En général, la durée de refroidissement représente environ 80% de la durée totale du cycle.

### **4.4. Temps de cycle :**

Un cycle complet se divise en plusieurs étapes :

- Une étape de mouvement à vide de la machine, qui est définie par les constructeurs de la presse et enregistrée dans l'atelier.
- Une étape de remplissage théorique, qui peut être calculée à partir du débit de la presse et du poids de la pièce.
- Une étape de refroidissement, qui peut également être calculée.
- Un temps supplémentaire, variable en fonction de l'expérience et des difficultés particulières de démoulage (présence de bossages, de nervures, de mouvements de coquilles, etc.).

## **5. Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons expliqué et détaillé l'empreinte d'un moule et son remplissage, par la suite nous avons décrit les éléments constitutifs du moule en expliquant le système de refroidissement.

**Chapitre 03 :**  
**Conception et**  
**réalisation**  
**d'un moule**

## **1. Introduction :**

Dans ce chapitre, nous allons tenter d'expliquer la manière dont on peut concevoir et réaliser un moule destiné à la mise en forme de prothèses oculaires, en utilisant une nouvelle méthode qui n'a jamais été utilisée auparavant.

## **2. Définition de la société :**

**AICHA MOHAMED YACINE : AJUSTAGE – TOURNAGE – FRAISAGE** est une entreprise spécialisée dans la conception, l'étude et la réalisation de systèmes mécaniques pour les entreprises dans divers secteurs d'activité.

Ils offrent une gamme complète de services de conception, de modélisation, de prototypage et de fabrication pour répondre aux besoins de leurs clients.

Leurs équipes d'ingénieurs et de techniciens qualifiés sont en mesure de concevoir des systèmes mécaniques, Moules et outils personnalisés pour répondre à vos exigences spécifiques.

Ils sont en mesure de travailler sur des projets de toutes tailles.

Ils utilisent les dernières technologies de modélisation 3D pour assurer une précision maximale dans la conception de leurs systèmes mécaniques.

Ils offrent également des services de prototypage rapide pour les projets urgents et les tests de concept.

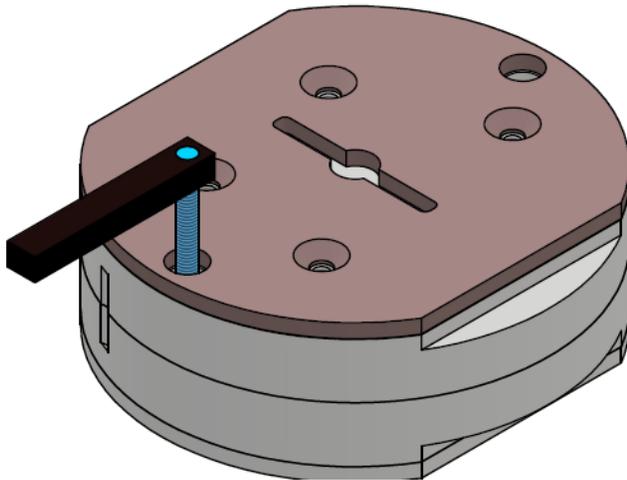
Leur équipement de fabrication de pointe leur permet de produire des prototypes fonctionnels à partir de matériaux variés.

En plus de la conception et de la fabrication de systèmes mécaniques personnalisés, ils offrent également des services d'assistance à l'installation, la mise en service et la maintenance pour assurer que le système fonctionne de manière optimale tout au long de sa durée de vie.

### **3. La définition du moule :**

Le moule utilisé dans cette étude est un moule de mise en forme des prothèses oculaires, qui se compose des cylindres en inox médical ayant la forme négative de la prothèse ; appelée en mécanique l'empreinte du produit.

Les deux cylindres qui composent le moule sont positionnée entre eux par deux guides précis afin d'obtenir la forme exacte de la prothèse



*Figure 3. 1moule de mise en forme des prothèses oculaires*

#### **A. Dimensions du moule :**

- Épaisseur : 20mm
- Diamètre : 140 mm

#### **B. Masse du moule :**

- 5 Kg.

#### **C. Type de régulation :**

- Thermorégulateur (eau)
- Outillage 27 empreintes
- Moule deux plaques
- Cadence normale

#### **D. Température de régulation :**

- 100°C

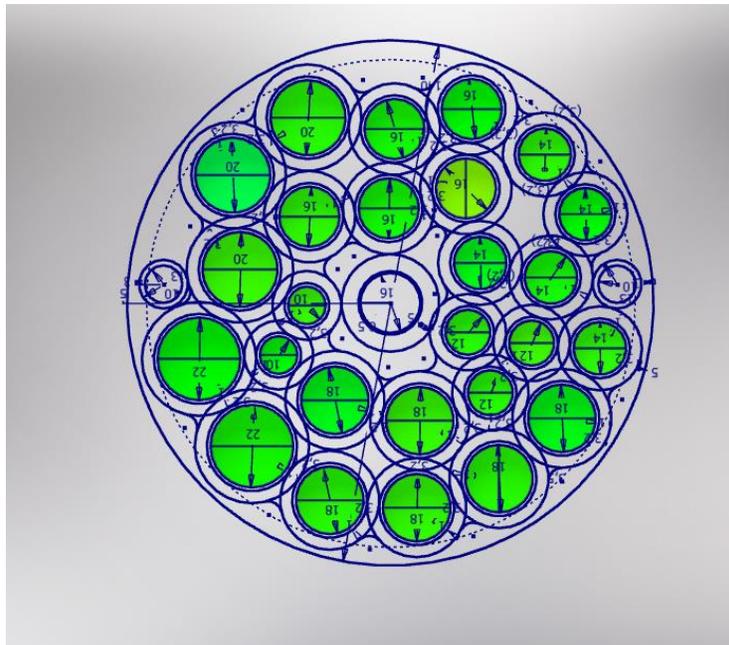
## **4. Conception et réalisation du moule par Inventor :**

### **4.1. Les étapes du processus suivis :**

#### **4.1.1. Partie A**

- **1<sup>ère</sup> étape :**

Dans cette étape nous allons dessiner la vue de face de notre première pièce présentée dans la figure 1



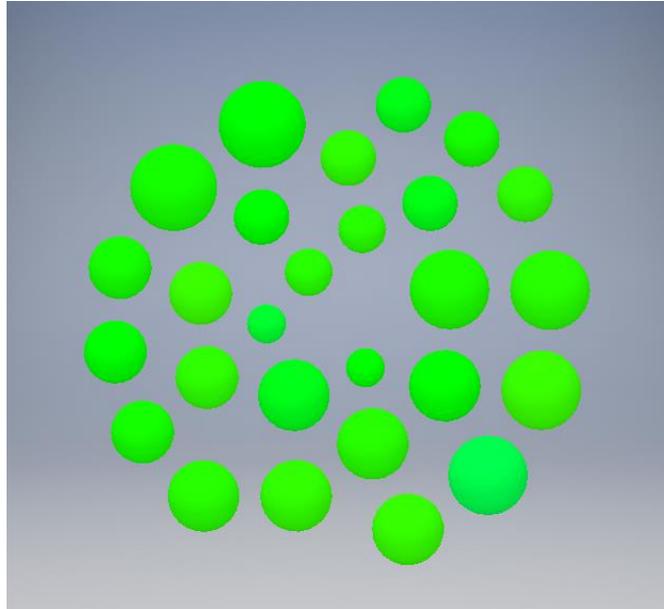
*Figure 3. 2 la vue de face*

1. Dessiner un cylindre à partir du plan (le plan de face) :
  - $\varnothing$  140 mm
  - On réduit le diamètre à 135 mm (-5mm) de l'intérieur
2. Dessiner des cercles dans le cylindre, ces derniers vont devenir des empreintes :
  - 27 empreintes (chaque empreinte a son propre diamètre ;  $\varnothing$  10,  $\varnothing$  12,  $\varnothing$  14,  $\varnothing$  16,  $\varnothing$  18,  $\varnothing$  20,  $\varnothing$  22)
  - L'espace entre chaque empreinte est de 3.2 mm

## CHAPITRE 03 : Conception et réalisation d'un moule

- 2<sup>ème</sup> étape :

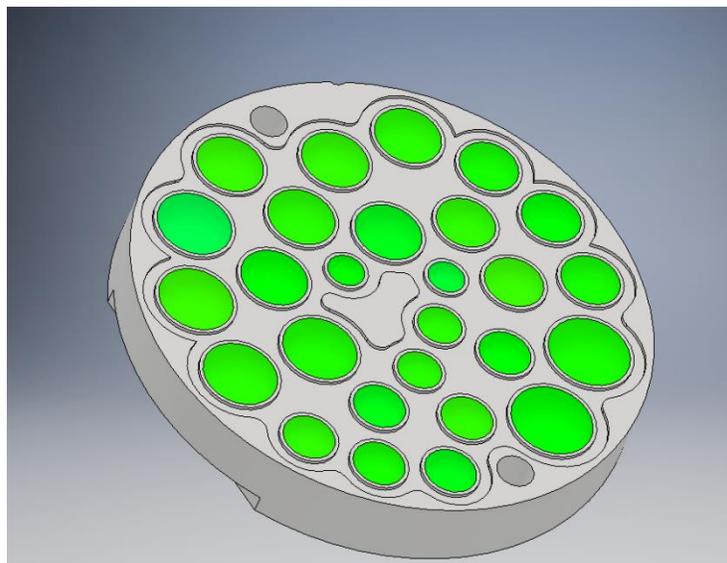
Dans cette étape on va faire la révolution de chaque empreinte, cela va nous donner un prototype de l'empreinte.



*Figure 3.3 la révolution des empreintes*

- 3<sup>ème</sup> étape :

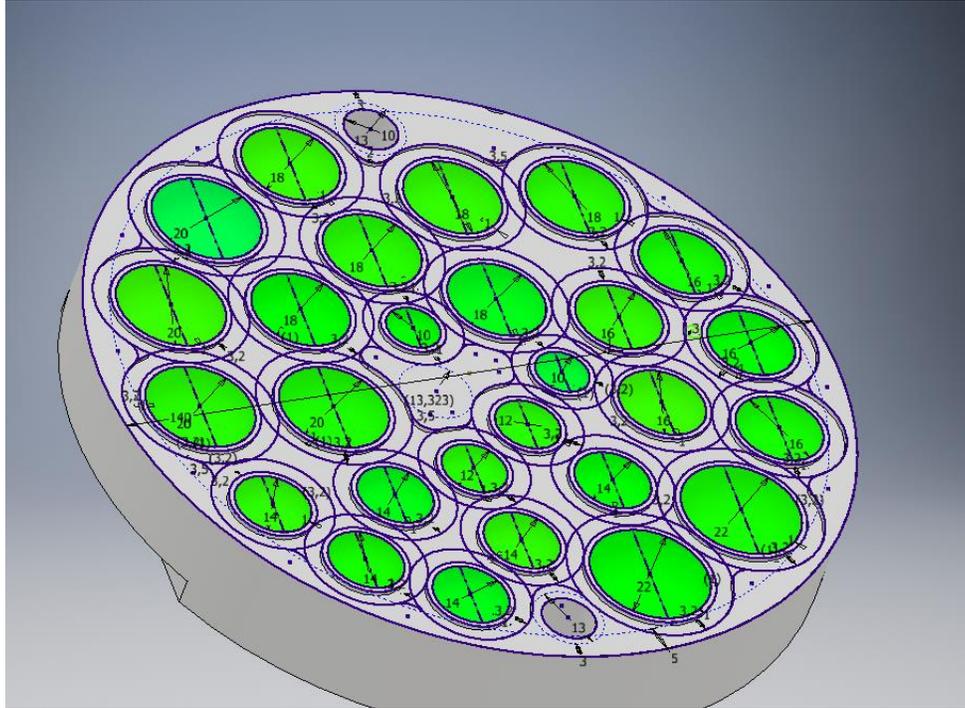
Dans cette étape nous allons faire le plan de joint au milieu des empreintes en utilisant la fonction **EXTRUDE** (épaisseur 20 mm).



*Figure 3.4 plan du joint au milieu*

• **4<sup>ème</sup> étape :**

Dans cette étape nous allons faire le contour extérieur de la partie A avec la fonction **EXTRUDE** ( $\updownarrow$  1mm).

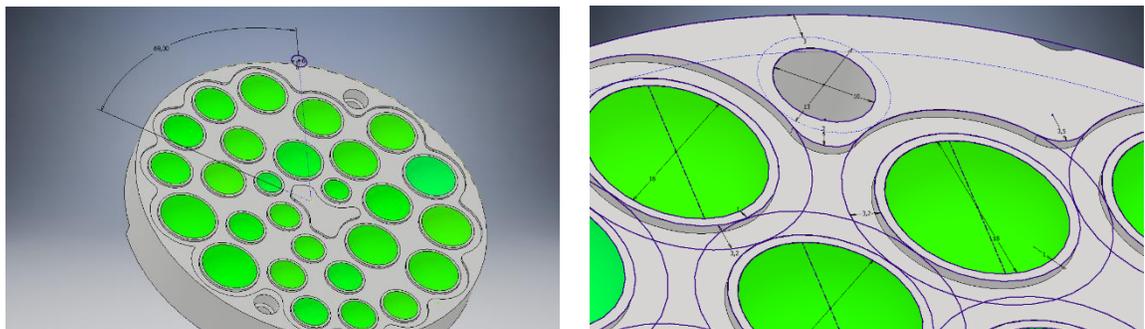


*Figure 3. 5 contour extérieur des empreintes.*

• **5<sup>ème</sup> étape :**

Dans cette étape on fait :

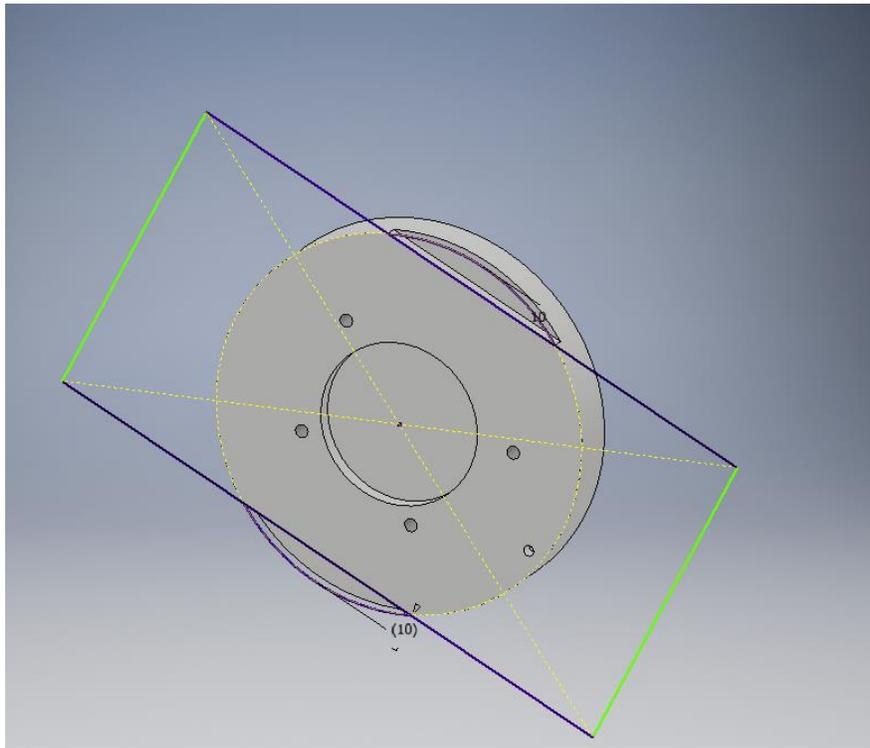
- Des trous en utilisant la fonction **COMBINE** ;
- Le trou de guidage avec la fonction **HOLE 3**.



*Figure 3. 6 trou de guidage*

- **6<sup>ème</sup> étape :**

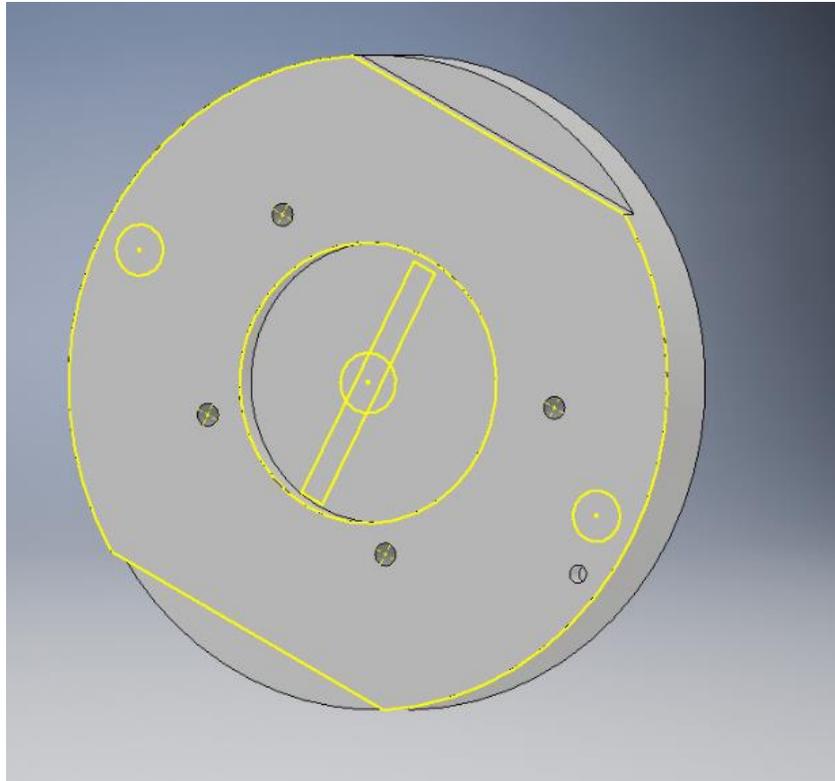
Dans cette étape on va réaliser les méplats avec la fonction **EXTRUDE** ( $\updownarrow$  5 mm).



*Figure 3. 7 les méplats*

- **7<sup>ème</sup> étape :**

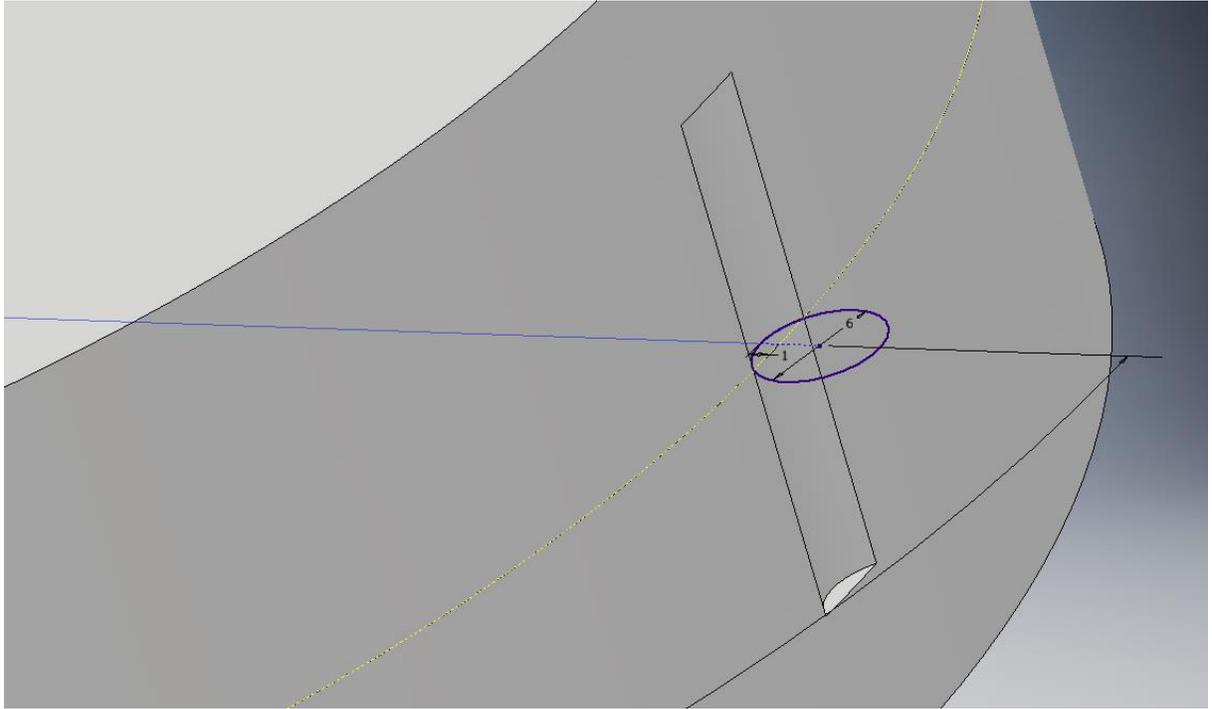
Dans cette étape nous allons créer un trou de taraudage sur notre moule avec la fonction **HOLE 3**.



*Figure 3. 8 trou de taraudage*

- **8<sup>ème</sup> étape :**

Dans cette dernière étape nous allons réaliser un repère de fermeture entre la partie A et B.



*Figure 3. 9 le repère*

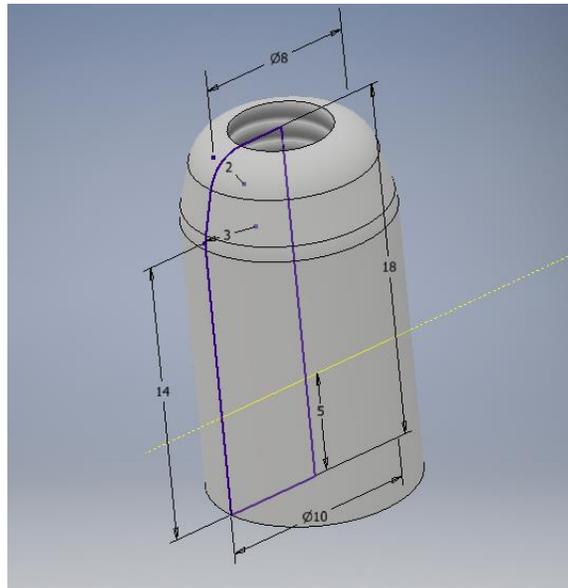
#### **4.1.2. Partie B**

Concernant les étapes de cette partie, ce sont les mêmes étapes suivis pour la partie A sauf la 8<sup>ème</sup> étape (le repère).

- **Le guide**

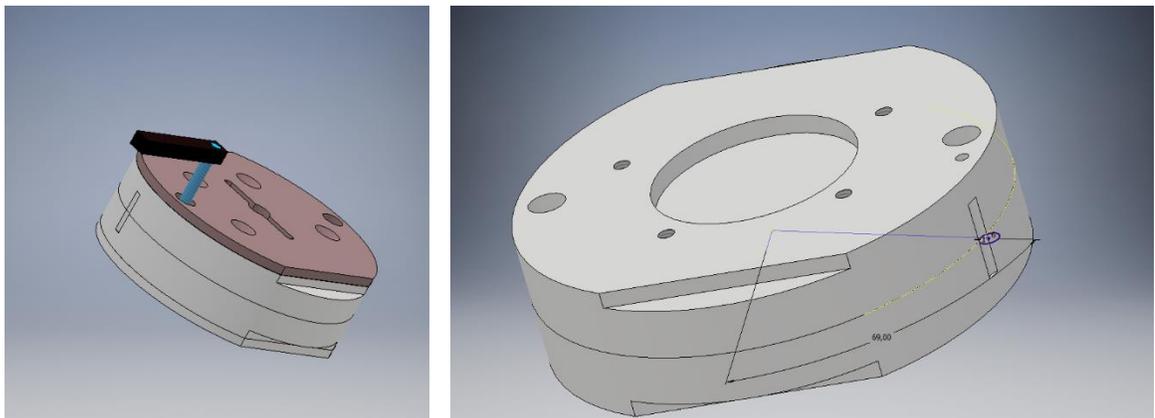
On a utilisé dans cette étape la fonction **REVOLUTION** pour faire le guide.

### CHAPITRE 03 : Conception et réalisation d'un moule



*Figure 3. 10 le guide*

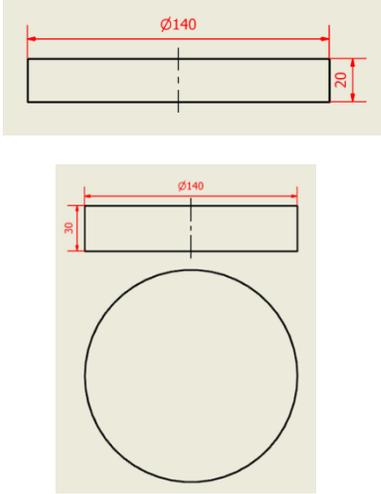
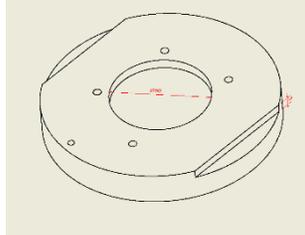
En poursuivant tous ces étapes, on a pu réaliser le moule qu'ont souhaité faire.



*Figure 3. 11 le moule final.*

## 5. La gamme d'usinage du moule

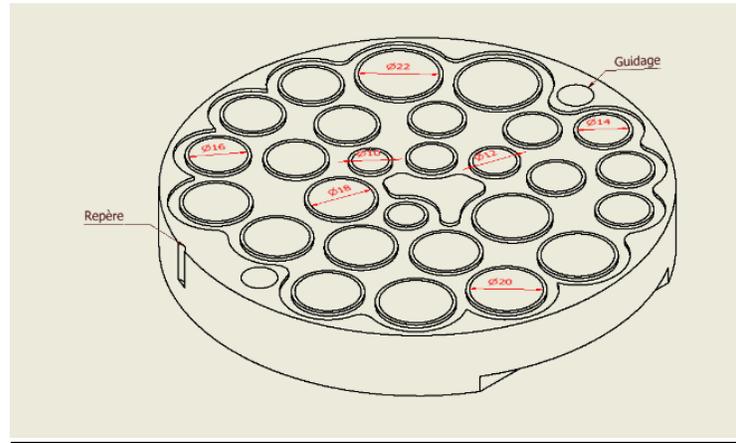
*Tableau 3. 1 Gamme d'usinage du moule*

N° DE PHASE	Les désignations des phases, sous-phase et opérations	Machine	Appareillage outils-coupants vérifications	Croquis de la pièce à ces divers stades d'usinage
100	Contrôle de deux bruts	Atelier de contrôle	Appareillage	 <p align="center">A                      B</p>
200	Dressage de toutes les surfaces <b>Cotes de fabrication :</b> A { Cf 1.1 = EP 20mm ±0.1 Cf 1.2 = Ø 140 ±0.1 } B { Cf 2.1 = EP 20mm ±0.1 Cf 2.2 = Ø 140 ±0.1 }	Tour numérique	Outil à dresser (EP)  Outil à charioter (Ø)	
300	Pressage de 4 trous taraudé M6 Cf 1.3 = Ø M6 $\updownarrow$ = 10mm Cf 1.4 = Ø 10mm ± 0.01	Fraiseuse	Foret 5 mm + taraud M6	

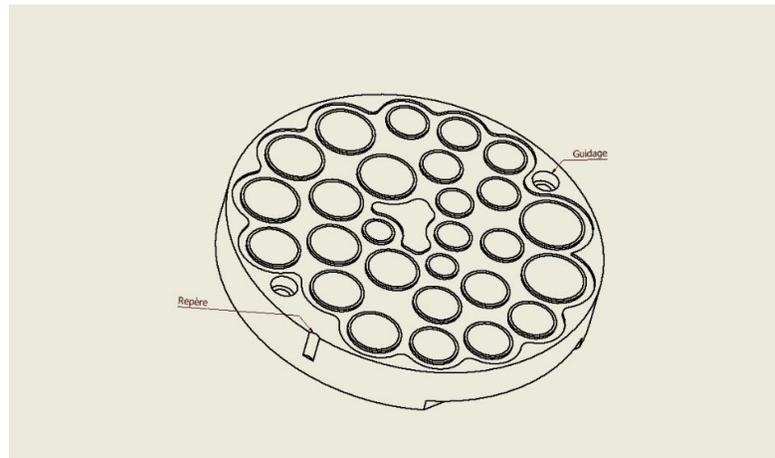
### CHAPITRE 03 : Conception et réalisation d'un moule

400	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fraisage du contour extérieur des empreintes</li> <li>Ebauche du contour intérieur des empreintes (Chaque empreinte a son propre Ø)</li> </ul>	Fraiseuse	Fraise 4 lèvres Ø 3 mm	
500	Finition d'empreinte	Fraiseuse	Fraise 2 lèvres à bout sphérique Ø 6 mm	
600	Fraisage du trompeur	Fraiseuse	Fraise 4 lèvres Ø 6 mm	
700	Fraisage du méplat Cf 2.3 = 120 mm ↓ 5mm	Fraiseuse	Fraise 4 lèvres Ø 12 mm	
800	Usinage des guides de la fermeture	Tournage	Outil à charioter + pressage et taraudage M6	

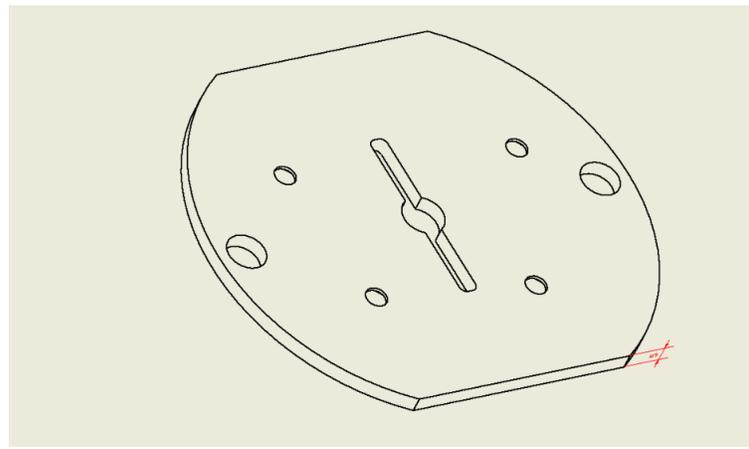
**6. Dessins de définition des différents éléments du moule**



**Figure 3. 12 Partie A**



**Figure 3. 13 Partie B**



**Figure 3. 14 Support**

## CHAPITRE 03 : Conception et réalisation d'un moule

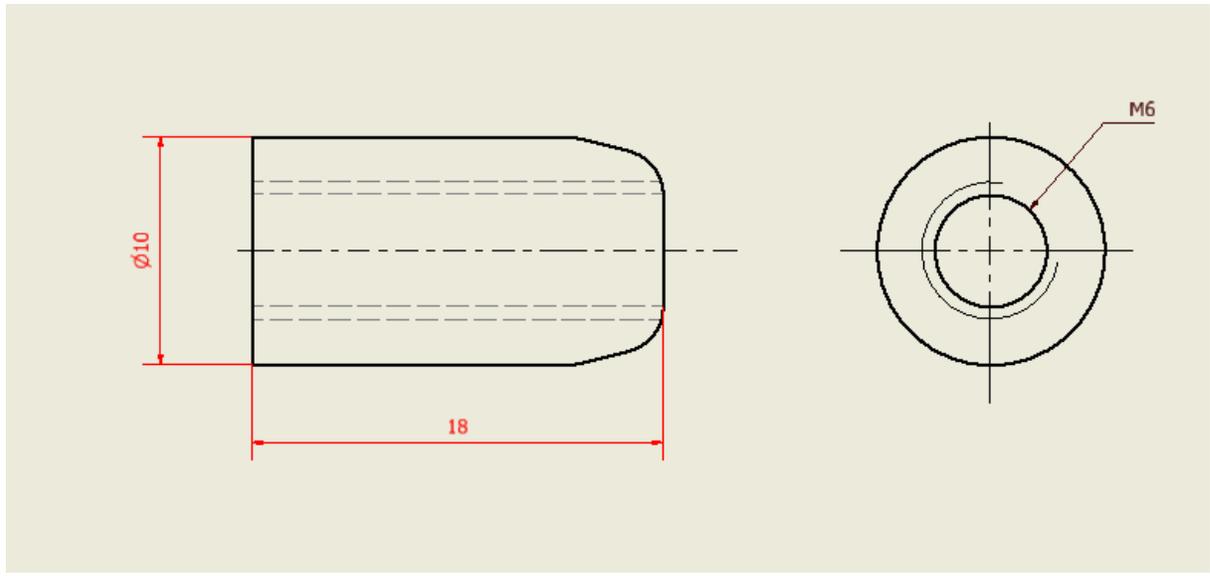


Figure 3. 15 Le guide

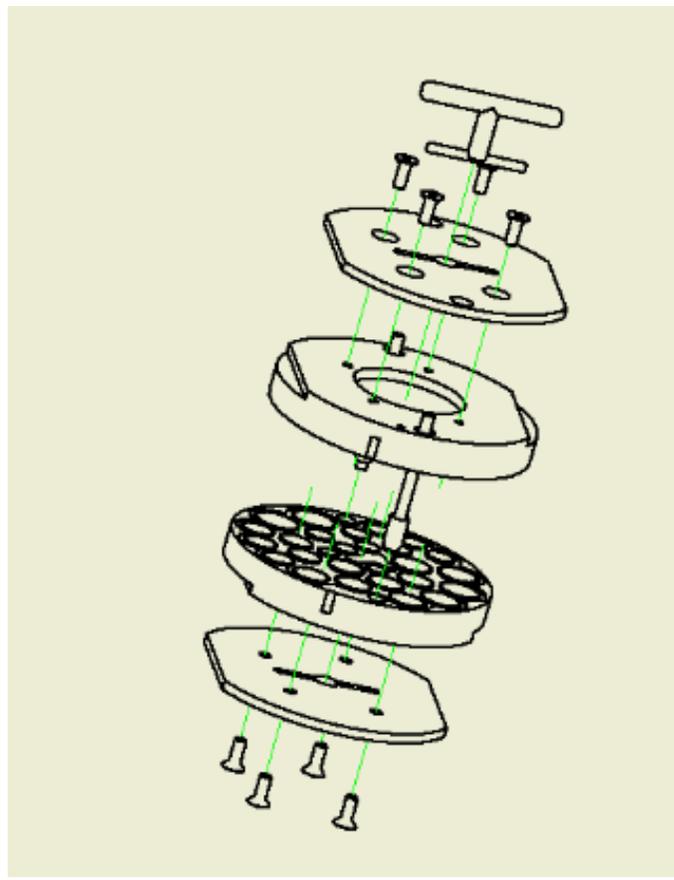


Figure 3. 16 La vue générale du moule

## **7. Les machines utilisées dans la réalisation du moule**

### **7.1. Tour numérique :**

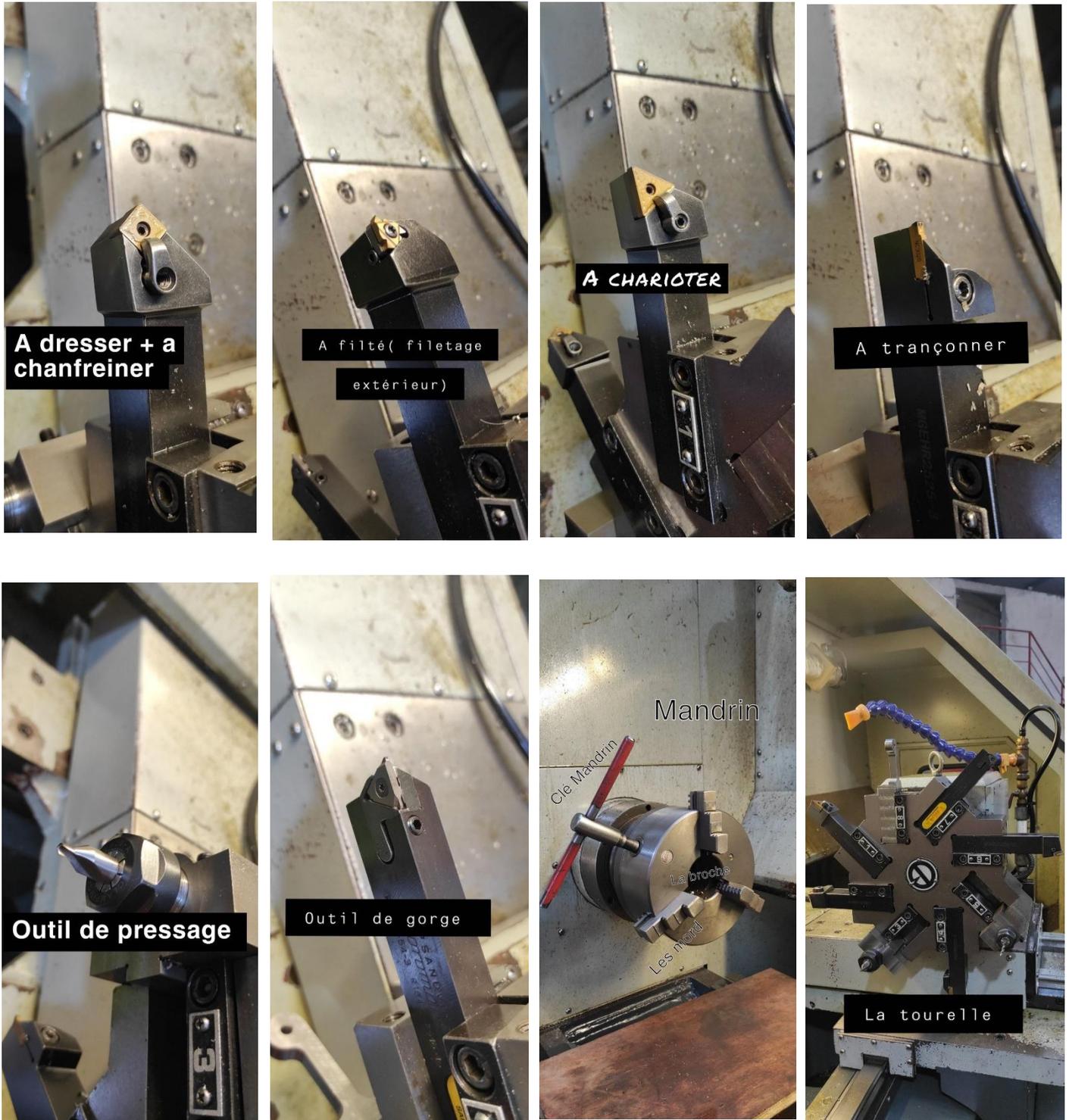
Un tour est une machine-outil qui met en rotation un matériau cylindrique et découpe les parties inutiles en plaçant un outil de tour (outil de coupe) contre ce matériau. Outre le tournage au moyen d'un outil droit à chariotier classique, le tour permet d'autres procédés, tels que le perçage, l'alésage, le rainurage et le filetage.

Un tour à commande numérique peut employer plusieurs dizaines d'outils différents au cours d'une procédure d'usinage programmée et automatisée par commande numérique. Grâce à la commande numérique, il est possible non seulement de commander avec précision la position de découpage ou autre usinage via l'utilisation d'un système à trois axes mais également de gagner en flexibilité, en commandant la vitesse de rotation et la vitesse d'avance de l'outil en fonction du matériau de la pièce et de la forme souhaitée.



*Figure 3. 17 Tour numérique*

**CHAPITRE 03 : Conception et réalisation d'un moule**



**Figure 3. 18 Composants du tour numérique :**

## **7.2. Fraiseuse numérique :**

La fraiseuse est une machine-outil permettant de réaliser des opérations d'usinage à l'aide d'une fraise. Elle peut être équipée d'un foret, d'un taraud ou d'un alésoir, qui permettent de réaliser des opérations de perçage et de taraudage.



*Figure 3. 19 fraiseuse numérique*

## **8. La réalisation finale du moule**

### **8.1. Les empreintes des prothèses**



*Figure 3. 20 les empreintes du moule*

**8.2. Les façades du moule**



*Figure 3. 21 les façades du moule.*

## 9. La partie essaie

### 9.1. 1ere étape : matières et matériaux utilisés

#### 9.1.1. Les matières

Le polymère utilisé pour la fabrication d'un implant (bille) est un polymère plastique acrylique appelé polyméthacrylate (PMMA) qui est une matière compatible avec les tissus de l'orbite, souvent connu sous le nom d'acrylique ou de verre acrylique (résistant au choc).



Figure 3. 22 les matières utilisées (polyméthacrylate 'PMMA')

Figure 3. 23 Le polymérisateur Figure 3. 24 les matières utilisées (polyméthacrylate 'PMMA')

#### 9.1.2. Le matériel

Pour réaliser ce moule on a besoin d'un polymérisateur qui est une cocotte électrique à pression, qui fait cuire la matière utilisée dans cette réalisation



*Figure 3. 25 Le polymérisateur*

## **9.2. 2ème étape : la bille**

Pour préparer une bille on doit avoir de l'acrylique en poudre et le diluant, ensuite les placer dans un moule en inox pour prendre une taille déterminée et qui doit être cuite dans un polymérisateur pendant 20 mn sous une température de 100°C. Une fois cuite on la retire et on passe au polissage de la bille qui sera par la suite prête à être placée,

**Nb : il faut la mettre dans un endroit stérile.**

L'implant intraoculaire, intra orbitaire est sphérique dont la taille réelle est de 10 mm à 22 mm qui suit destinée pour combler la cavité orbitaire.

pour adulte, Les plus souvent utilisés sont de taille 14 mm à 18 mm qui sont plus confrontés aux risques de guerres et accidents.



*Figure 3. 26 Les billes obtenues*

### **9.3. 3ème étape : prothèse oculaire**

Une prothèse oculaire, autrement appelée "l'œil de verre" est mis en place lorsque on a dû enlever entièrement ou partiellement un œil à la suite :

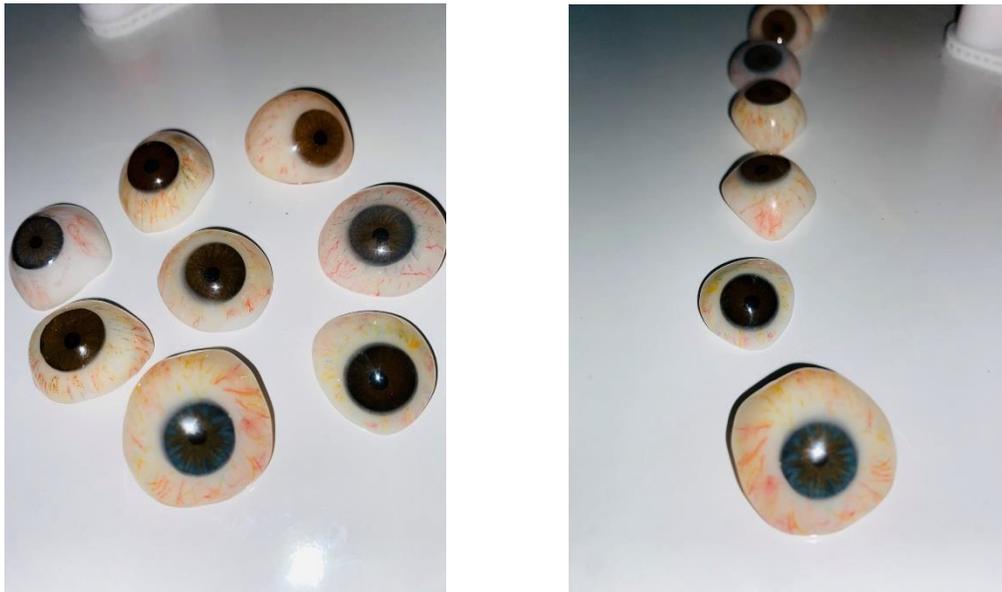
- D'un grave traumatisme oculaire.
- D'un cancer de l'œil.
- Maladies et infection oculaires graves.

## CHAPITRE 03 : Conception et réalisation d'un moule

Une fois l'œil affecté soit retiré on pose généralement à la personne qui subit l'énucléation une prothèse oculaire faite sur mesure.

L'énucléation est l'ablation chirurgicale d'un œil au complet, les muscles qui étaient attachés à l'extérieur du globe oculaire pour contrôler son mouvement et les autres tissus qui entouraient l'œil dans l'orbite osseuse du crâne sont laissés intacts. Ces muscles sont attachés à un implant rond ressemblant à une bille qui remplace le volume du tissu perdu lors de l'ablation de l'œil.

Le fait de les fixer à l'implant (bille) permet au patient de bouger l'œil artificiel après l'opération.



*Figure 3. 27 prothèses oculaires*

### **10. Conclusion :**

À la conclusion de ce chapitre, nous avons pu appréhender l'importance capitale de la réalisation d'un moule pour les prothèses oculaires. Ce dernier permet de restaurer l'esthétique chez les personnes ayant subi la perte d'un œil ou ayant un œil non fonctionnel.

# **Conclusion Générale**

Conclusion générale:

La réalisation de notre projet de fin d'études au sein de « **AICHA MOHAMED YACINE** » a été d'un apport certain, elle nous a permis de confronter et élargir nos connaissances théoriques à ce qui se passe réellement dans la pratique et aussi d'avoir une idée sur le domaine de conception.

au cours de ce travail, nous avons fait la conception et la réalisation du moule de mise en forme des prothèses oculaires, on fait l'essai du moule pour assurer le fonctionnement de ce dernier (les prothèses....)

le but de ce moule est de créer plusieurs prothèses à différentes dimensions en un seul coup pas comme, l'ancienne méthode, raccourcissant les anciennes étapes, gagnant du temps, toutes en préservant le côté esthétique.

Enfin de ce travail ayant été réalisé par le logiciel de **INVENTOR**, on propose comme perspective qu'il soit réalisé par un autre logiciel comme **Solid Works** tel que **CATIA** pour diversifier.

# **Bibliographie**

- [1] Belarbi Abdelkarim, «Etude du procédé de production des pièces par injection des thermoplastiques, mémoire Du diplôme de Master Académique, département de mécanique, université de M'sila, 2016/2017.
- [2] <https://Conceptec.net/techniques-de-base/conception/moules-et-outils/254-les-types-des-moule-d-injection-des-plastique>
- [3] Boukhed hicham, etude technologique et la maintenance préventive d'une presse à injection pets, memoire présenté pour l'obtention du diplôme de master, département de génie mécanique, bejaia 2016/2017.
- [4] <https://ww.drat.qc.ca/media/documents/PubIRSST/R-822.pdf>
- [5] Techniques de l'Ingénieur, traité Plastiques et Composites.
- [6] [http://fr.Wikipedia.org/wiki/Empreinte \(moule\)](http://fr.Wikipedia.org/wiki/Empreinte_(moule)) [14] <https://www.Precis-fil.com/electroerosion-enfoncage>