

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT



FACULTE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : Houari Daoud & Zafzafi Badereddine

DOMAINE : Science et Technologie

FILIERE : Génie Mécanique

OPTION : Fabrication Mécanique

Thème

**Conception et réalisation d'un moule pour la
fabrication d'éprouvettes polymérique destinée aux
tests mécanique**

Jury de soutenance :

<u>Nom et Prénom</u>	<u>Grade</u>	<u>qualité</u>
Allaoui Omar	Pr	Président
Abdessamed Khaled	MCB	Examineur1
Rahmani Mohamed	Pr	Rapporteur

Promo : September - 2022

DEDICACE

JE DÉDIE CE MODESTE TRAVAIL : À
MES TRÈS CHERS ET TENDRES
PARENTS QUI ONT SACRIFIÉ LEUR
TEMPS À MON ÉDUCATION ET MON
ASSISTANCE JUSQU'À CE JOUR, CAR
SANS EUX JE NE SERAIS PAS CE QUE
JE SUIS ACTUELLEMENT. QUE DIEU ME
LES GARDE À MES FRÈRES ET SŒURS
À TOUS MES PROFESSEURS QUI
ÉTAIENT TOUJOURS À NOS CÔTÉS. À
MON AMI HOUARI DAOUD AVEC QUI
J'AI PARTAGÉ TOUTES LES
DIFFICULTÉS AFIN DE MENER À BIEN
CE TRAVAIL. ENFIN À TOUS MES AMIS
CHACUN ET CHACUNE DE SON NOM.
ZAFZAFI BADEREDDINE

DEDICACE

JE DÉDIE CE MODESTE TRAVAIL : À
MES TRÈS CHERS ET TENDRES
PARENTS QUI ONT SACRIFIÉ LEUR
TEMPS À MON ÉDUCATION ET MON
ASSISTANCE JUSQU'À CE JOUR, CAR
SANS EUX JE NE SERAIS PAS CE QUE
JE SUIS ACTUELLEMENT. QUE DIEU ME
LES GARDE À MES FRÈRES ET SŒURS
À TOUS MES PROFESSEURS QUI
ÉTAIENT TOUJOURS À NOS CÔTÉS. À
MON AMI ZAFZAFI BADEREDDINE
AVEC QUI J'AI PARTAGÉ TOUTES LES
DIFFICULTÉS AFIN DE MENER À BIEN
CE TRAVAIL. ENFIN À TOUS MES AMIS
CHACUN ET CHACUNE DE SON NOM.
HOUARI DAOUD

REMERCIEMENT

NOUS REMERCIONS DIEU, LE TOUT PUISSANT,
LE MISÉRICORDIEUX QUI NOUS A DONNÉ
L'OPPORTUNITÉ DE MENER À BIEN CE
TRAVAIL. NOUS POUVONS ENTAMER CE
MÉMOIRE SANS NOUS ARRÊTER POUR
EXPRIMER NOS VIFS REMERCIEMENTS À
NOTRE ENCADREUR MONSIEUR RAHMANI
MOHAMED QUI NOUS A ORIENTÉS. EN EFFET,
GRÂCE À SON AIDE INENTAMABLE À SES
CONSEILS PRÉCIEUX QUE CE MANUSCRIT A
PU VOIR LE JOUR. NOUS LEUR SERIONS
TOUJOURS RECONNAISSANTS. NOUS
REMERCIONS ÉGALEMENT MONSIEUR YOUSFI
AHMED NOTRE CHEF DE DÉPARTEMENT.
AINSI, NOUS TENONS À REMERCIER
INFINIMENT LES TRAVAILLEURS DE
L'ATELIER MÉCANIQUE DE L'UNIVERSITÉ
D'AMAR THLIDJI

Liste des Figures

chapitre I

Figure I.01 : moule multi-empreintes canal chaud-bloc chaud	19
Figure I.02 : moule multi-empreintes alimentation mixte : canaux chauds + canaux froid.....	19
Figure I.03: Etapes du procédé de roto-moulage	23
Figure I.04: Les étapes du procédé d'injection-moulage des thermoplastiques	29

chapitre II

Figure II 01 : L'éprouvette de traction	40
Figure II 02 : Plaque de cavité d'éprouvette.....	42
Figure II 03: Les quatre Cavité d'éprouvettes.....	43
Figure II 04: la forme trapézoïde	45
Figure II 5: (a) Courbe de σ - ϵ typique relative à un boulon,(b) cercle de mohr concernant le serrage d'un boulon	56
Figure II.06: Filets SI et UNIFIED (of American National)	57
Figure II.07: Le noyau du moule	63
Figure II.08: Dessin technique du noyau	65
Figure II.09: la forme de plaque.....	66
Figure II.10: Dessin technique du Plaque d'éprouvette	67
Figure II 11: Plaque des canaux	68
Figure II 12: Dessin technique du Plaque des canaux.....	69
Figure II 13: Couver bloc.....	70
Figure II 14: Dessin technique du Couver bloc arrière.....	71
Figure II 15: Dessin technique du Couver bloc plaques.....	72
Figure II 16: Les disques.....	73
Figure II 17: Dessin technique du L'intérieur disque	74
Figure II 18: Dessin technique du L'extérieur disque.....	75
Figure II 19: vue éclatée de la moule	76
Figure II 20: Assemblage finale de la moule	76

chapitre III

Figure III.01: Les quatre Cavité d'éprouvettes en réalité.....	78
Figure III. 2: Les canaux d'alimentation en réalité.....	79

Figure III. 3: Assemblage d'un moule.....	80
Figure III. 4: montage finale avec l'appareille	81
Figure III. 5: Les éprouvettes sont incorrectes	82
Figure III. 6: les bons éprouvette	82
Figure III. 7: l'éprouvette cassée	83

Liste des Tableaux

chapitre I

Tableau I.01 : moule à deux plaques	17
Tableau I.02 : moule à trois plaques	17
Tableau I.03 : moules à tiroir	18

chapitre II

Tableau II.01: Dimensions standards de quelques éprouvettes	38
Tableau II.02: indicatif de la longueur du canal en fonction de son diamètre équivalent	46
Tableau II.03: Résistance des boulons SI relative aux classes les plus courantes.....	55
Tableau II.04: Classes de qualité des vis et des écrous	56
Tableau II.05 : FILETAGE METRIQUE ISO A FILET TRIANGULAIRE	60
Tableau II.06: serrage pour visserie riveteur	62

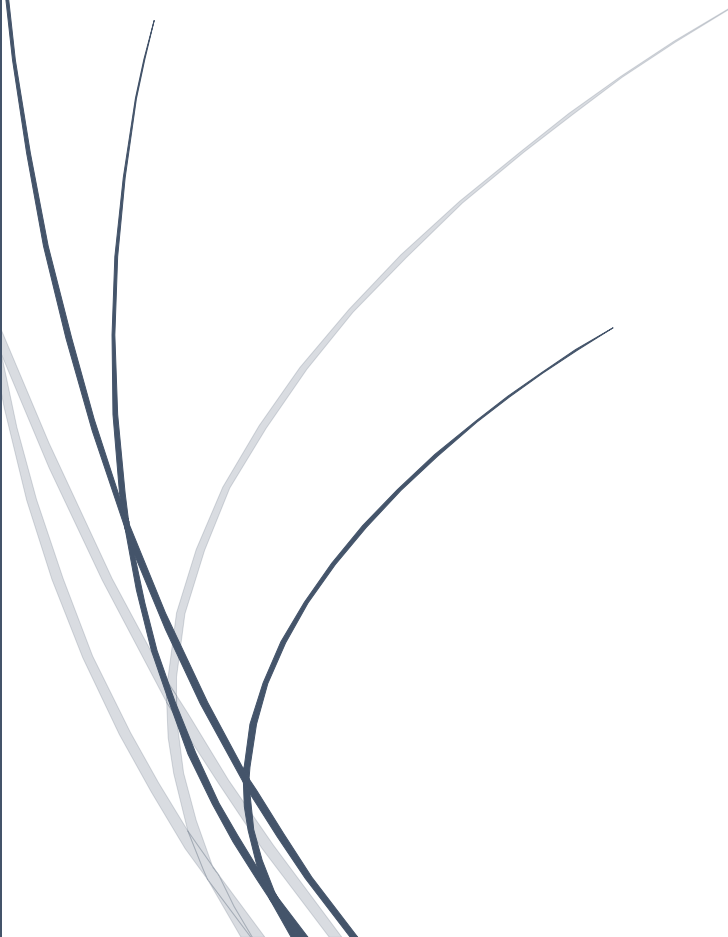
Sommaire

INTRODUCTION	11
PROBLEMATIQUE	12
I.1 Les diffèrent familles des moules	14
I.1.1 Définition : [1]	14
I.1.1.1Fabrication de moules d'injection plastique [1].....	14
I.1.1.2Dessin de moules à injection [1].....	15
I.1.1.3Les moules d'injection plastique se composent de plusieurs parties principales, qui sont : [1]	16
I.1.1.4Éjecteurs [1]	16
I.1.2TYPE DE MOULE : [1]	17
I.1.2.1Moule à deux plaques : [1]	17
I.1.2.2Moule à trois plaques :[1].....	17
I.1.1.3Moule à tiroir : [1]	18
I.1.2.4Moule à canaux chauds [1].....	19
I.1.3Les avantages et Inconvénients du moulage :[1].....	20
I.1.3.1Possibilités et avantages :[1]	20
I.1.3.2Inconvénients du moulage ; [1]	21
I.2 Le roto-moulage	23
I.2.1 Définition: [2]	23
I.2.2Principales étapes du roto-moulage : [2]	23
I.2.3 Les 3 étapes post-roto-moulage	25
I.2.4 Les Avantages et inconvénients du roto-moulage : [3].....	26
I.3Moulage par injection	27
I.3.1 Introduction :.....	27
I.3.2 Le procédé d'injection plastique: [4]	28
I.3.2.1 Principe : [4]	28
I.3.3 Les étapes du procédé : [5]	28
I.3.4 Les machines utilisées en injection thermoplastique: [7].....	30
I.3.5 Différents types des presses d'injection plastique : [5]	31
I.3.6 matériaux de l'injection : [8].....	32
I.3.6.1 Les polymères : [8].....	32
I.3.6.2 Propriétés des polymères : [9].....	32
I.3.6.3 Différentes classes de polymères: [10]	33

II.1 Choix des éprouvettes de traction mécanique normalisées	35
II.1.1 Normes pour éprouvettes de traction en plastique :	35
II.2 Conception du moule	41
II.2.1 différence entre Moule d'injection automatique et notre moule	41
II.2.3 Conception de la cavité du moule pour une éprouvette de traction normalisée :	42
II.2.2 Analyse du chemin d'écoulement du polymère	44
II.2.2.1 Les canaux d'alimentation [19]	44
II.2.2.2 Seuils d'injection : [19]	48
II.2.2.3 La carotte et la buze (Sprue Bushing , Nozzle) : [19]	49
II.3 ANALYSE DES CONTRAINTES	53
II.3.1 Calcul de l'écrou [16]	53
II.3.2 Cisaillement des filets de la vis [16]	53
II.3.3 Cisaillement des filets de l'écrou [16]	54
II.3.4 assemblage boulonnages [16]	54
II.3.5 Résistance Des Boulons [16]	55
II.3.6 Normalisation de la dimension des boulons : [16]	57
II.3.6.1 La contrainte de cisaillement :	58
II.3.6.2 Facteurs de sécurité	58
II.3.6.3 Calcul de la pré-charge d'un boulonnage	59
II.4 Réalisation et assemblage les pièces	63
II.4.1 Le noyau du moule	63
II.4.2 Les plaque	66
II.4.3 Plaque des canaux	68
II.4.4 Couver bloc	70
II.4.5 Les disques	73
III. RESULTATS ET DISCUSSIONS	78
III.1 discussions	78
III.1.1 : les étapes de l'expérience	78
III.2 : Résultats finale	81
RESUME	85
ملخص	86
ABSTRACT	87
CONCLUSION GENERAL	88
RÉFÉRENCES	89

CHAPITRE

- **INTRODUCTION**
- **PROBLEMATIQUE**



INTRODUCTION

Le monde a connu un grand développement dans tous les domaines, dont le plus important est le domaine de la fabrication mécanique, Représenté dans le moulage, usinage, et l'injection thermoplastique...

Dans la société industrielle moderne, les produits en plastique sont très courants, beaucoup de nouveaux produits sont fabriqués à partir de pièces en plastiques grâce à l'injection plastique, et maintenant nous allons en apprendre davantage sur le moule à injection, comment le fabriquer et expliquer comment travailler dessus

Les moules à injection sont produits dans différentes formes et tailles, qui sont produits avec un effet de haute pression sur l'acier et l'aluminium. Différentes étapes pour réaliser un moule répondant à toutes les normes pour la pièce en plastique à fabriquer comme suit ;

Dessiner le moule, qui est important pour le designer, où il dessine dans le papier millimétré en deux dimensions puis dessine dans l'environnement informatique en trois dimensions, ce qui s'appelle l'étape de conception du produit, puis nous allons faire une analyse du produit conception, puis nous fabriquons le moule composé de six parties

Partie de matrice fixe (cavity), partie de matrice mobile (core), canaux (runner), éjecteurs, trous de refroidissement (cooling), curseurs (sides)

Une fois le moule fabriqué, nous testons le moule pour nous assurer qu'il convient ou non à l'injection, Son principe est de remplir le polymère thermoplastique fondu Une cavité appelée cavité à l'intérieur d'un moule, Puis La pièce refroidit, durcit et prend sa forme définitive, Lorsque La solidification est terminée, le moule est ouvert et la pièce est retirée.

Quant à notre moule, il est différent des moules habituels dans le processus d'injection plastique, car il est moulé manuellement pour quatre pièces à la fois, que est alimenté en polymère et fermé une fois, du tout.

Ensuite, nous laissons le moule refroidir pendant un certain temps, puis ouvrons le moule et retirons la pièce moulée.

PROBLEMATIQUE

Nous voulons faire des éprouvettes polymériques qui représente la forme haltère en injectant du compound plastique, Mais en l'absence de machine de moulage par injection dans notre atelier.

Nous avons recouru à un système permettant de plastifier le compound polymérique en utilisant le principe du roto-moulage pour la fusion du compound combiné avec le principe de la presse à injection qui disponible a l'atelier, appelons cela une presse manuelle.

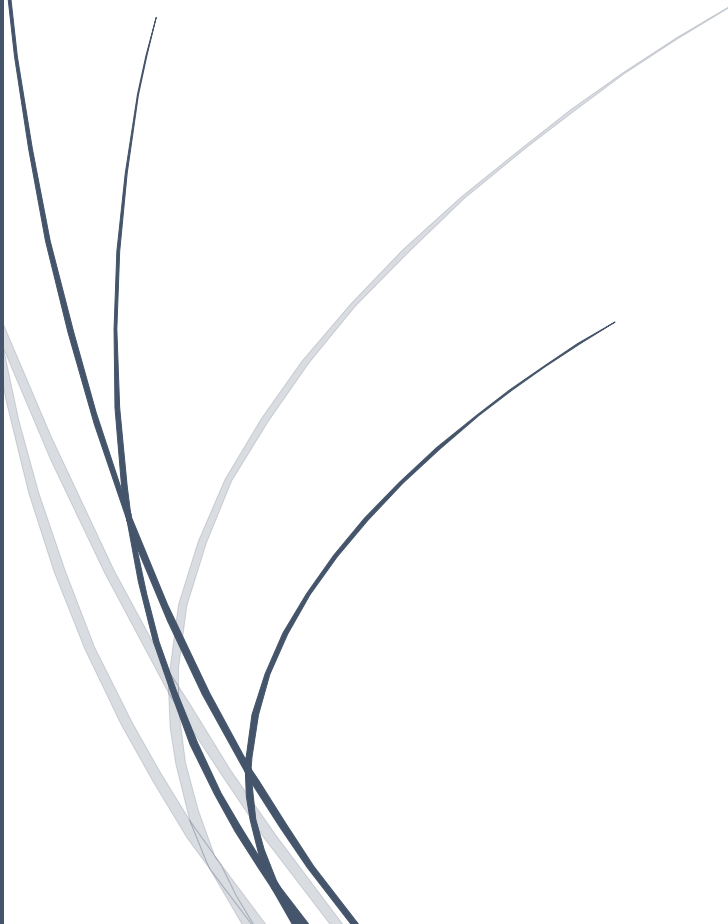
Ce système se compose de deux parties : une composante thermique et une autre mécanique. La partie thermique permet de faire fondre le polymère, et la partie mécanique permet de l'injecter une fois le compound plastifié (fondu) dans la cavité du moule. La partie thermique consiste en un cylindre à axe horizontal qui permet de faire fondre le polymère en utilisant la technique du Roto-moulage. La technique du roto-moulage consiste à disperser les particules du compound d'une manière dynamique c à d par rotation du cylindre afin d'étaler les grains et particules polymériques solides sur toute la surface chaude du cylindre. Cette opération permet de minimiser l'épaisseur de la couche de polymère à plastifier et par conséquent réduire énormément le temps de fusion. Dans le cylindre horizontal il y a la partie mécanique qui consiste entre autres en un piston, une vis sans fin, et un moule fixé à la sortie du cylindre. Le piston reste rabattu à l'arrière du cylindre pendant la phase du chauffage du polymère. Une fois le polymère fondu ce dernier, propulsé le long du cylindre par la vis sans fin, commence son déplacement vers l'avant en raclant le polymère, plastifié, étalé et collé sur la paroi intérieure du cylindre, vers l'entrée du moule qui est préalablement fermée et fixée à l'avant du cylindre.

Nous avons réalisé un moule en acier connecté à presse manuelle qui soit adapté et facile en termes de fabrication et d'installation avec un matériau en acier résistant à la pression et à la chaleur, pour créer des éprouvettes polymériques pour les tests mécaniques de traction.

Nous avons étudié la conception appropriée pour ce modèle, car il se compose de deux parties principales, un bloc et un couver de bloc, la première partie est un bloc parallélépipède, qui est considéré comme un support pour d'éprouvette La deuxième partie est un couver de bloc qui entoure le bloc pour fermer le chemin du polymère.

CHAPITRE I

- **Les différentes familles des moules**
- **Le roto-moulage**
- **Moulage par injection**



I.1 Les différentes familles des moules

I.1.1 Définition : [1]

Un moule doit généralement remplir des fonctions, de moulage, éjection, guidage et refroidissements, plusieurs familles de moules trouvent leurs justifications en fonction du.

- Le nombre d'empreintes (1, 2, 4, 8, 16, 32 ...). [3]
- Son architecture : nombre de plaques, tiroirs, coquilles
- Le système d'alimentation : carotte perdue, canaux chauffants
- Le type d'alimentation des empreintes : pin point, en masse, en parapluie, sous-marine, en ligne, en "n" points
- L'éjection des pièces (par éjecteur, bloc d'éjection ou autres)
- La régulation de la température
- La durée de vie (choix des matériaux)

En fonction de ces paramètres on site les grandes familles de moules sont :

- Moule standard (cylindrique ou cubique)
- Moule 3 plaques, Moule multi plaque
- Moule à dévêtissage
- Moule à tiroir, Moule à coins

- Comment sont fabriqués les moules d'injection plastique ?

Les produits de la fabrication des produits de leur fabrication sont fabriqués en continu. Les produits en plastique sont utilisés dans tous les domaines. Les produits en plastique ont poussé plus loin. C'est pourquoi les moules d'injection plastique d'aujourd'hui. Matériaux utilisés dans sa production; acier et alu.

Différents types sont différents pour différents domaines de plastique. Par conséquent, avant la production, les concepteurs en général ; 2.1 Modèles de conception. dans la fabrication de moules en plastique. Fabrication de moules plastiques Les zones à réaliser se situent en pression périphérique.

I.1.1.1 Fabrication de moules d'injection plastique [1]

Aujourd'hui, les moules d'injection plastique sont fabriqués avec différentes étapes d'achèvement. Les étapes de production des moules d'injection plastique sont les suivantes ;

- Fusion de plastique à haute pression

- Le plastique fondu est injecté dans le moule d'injection.
- Forme en plastique injecté.
- Le moule formé attend de refroidir.
- Après refroidissement, le moule est retiré de la forme.
- Le processus de coloration est terminé.

Généralement, le processus de coloration est facultatif lors des étapes de fabrication du moule d'injection plastique. La préférence de couleur est déterminée avant le processus de fabrication de moules d'injection plastique d'aujourd'hui.

1.1.1.2 Dessin de moules à injection [1]

Afin de réaliser la conception et la production de moules d'injection plastique, tout d'abord, le dessin du moule d'injection doit être réalisé. La fabrication de moules d'injection plastique, qui est très importante dans le secteur de la production, est un facteur difficile et chronophage. Avant de commencer à dessiner le moule d'injection, il est nécessaire de connaître la valeur du dessin pour le produit qui sera définitivement moulé. Ce dessin de conception et ce moule d'injection sont réalisés dans un environnement informatique et dessinés en trois dimensions.

Considérations sur le dessin des moules à injection

Il y a quelques problèmes à considérer lors de la réalisation du dessin du moule d'injection pour le plastique à concevoir dans l'environnement numérique. Les points à considérer lors du dessin du moule d'injection sont les suivants ;

- Au départ, les pièces doivent être planifiées et accorder une grande importance. Les pièces et outils utilisés doivent assurer la compatibilité d'assemblage.
- Lors du dessin du moule d'injection, il est nécessaire de spécifier toutes les dimensions d'acier du moule ainsi que les entrées et emplacements des canaux.
- Une fois la conception du moule terminée, il est nécessaire d'analyser toutes les fonctions afin de ne pas rencontrer de difficultés de fabrication.

Surtout si vous faites le bon choix d'entreprise tout en recevant des services de dessin de moules à injection, vous obtiendrez de grands gains en termes de réception de ces services avec des normes de qualité élevées.

I.1.1.3 Les moules d'injection plastique se composent de plusieurs parties principales, qui sont : [1]

Pièces moulées par injection Fonctions de chaque pièce

La partie fixe de moulage en cavité est la partie fixe reliée à la machine d'injection et se compose d'une unité d'injection de plastique à chaud et d'une unité d'ouverture et de fermeture des moitiés de moule

La partie mobile du noyau de la filière est celle qui se déplace après le processus de coulée et le refroidissement de la filière et du produit pour permettre la sortie du produit

Les déversoirs sont les ouvertures d'entrée du minerai dans la cavité du moule jusqu'à ce que le processus d'injection soit terminé et tout ce qui découle de la sortie de l'air et des déversoirs de minerai reliés à une trémie qui est remplie du minerai nécessaire au processus de production.

I.1.1.4 Éjecteurs [1]

Ce sont des pièces nécessaires pour expulser le produit après avoir terminé le processus de formation et expulser l'excès de plastique une fois qu'il est séparé du produit après son retrait du moule.

Refroidissement Bouches de refroidissement Sa fonction principale est de refroidir le produit et le moule, ainsi que la sortie d'air due à la poussée de la matière première dans la cavité du moule, ainsi que les bouches de refroidissement nécessaires pour refroidir le moule et le produit après le processus d'injection

Diapositives

Les sliders sont des blocs spéciaux qui déplacent le produit et empêchent le produit de coller dans le moule et l'aident à sortir facilement lors de son expulsion et les sliders d'ouverture du moule empêchent le produit de coller dans le moule et l'aident à sortir facilement lors de son expulsion.

I.1.2TYPE DE MOULE : [1]

I.1.2.1Moule à deux plaques : [1]

Le tableau suivant illustre le fonctionnement d'un moule à deux plaques, par les schémas associés.

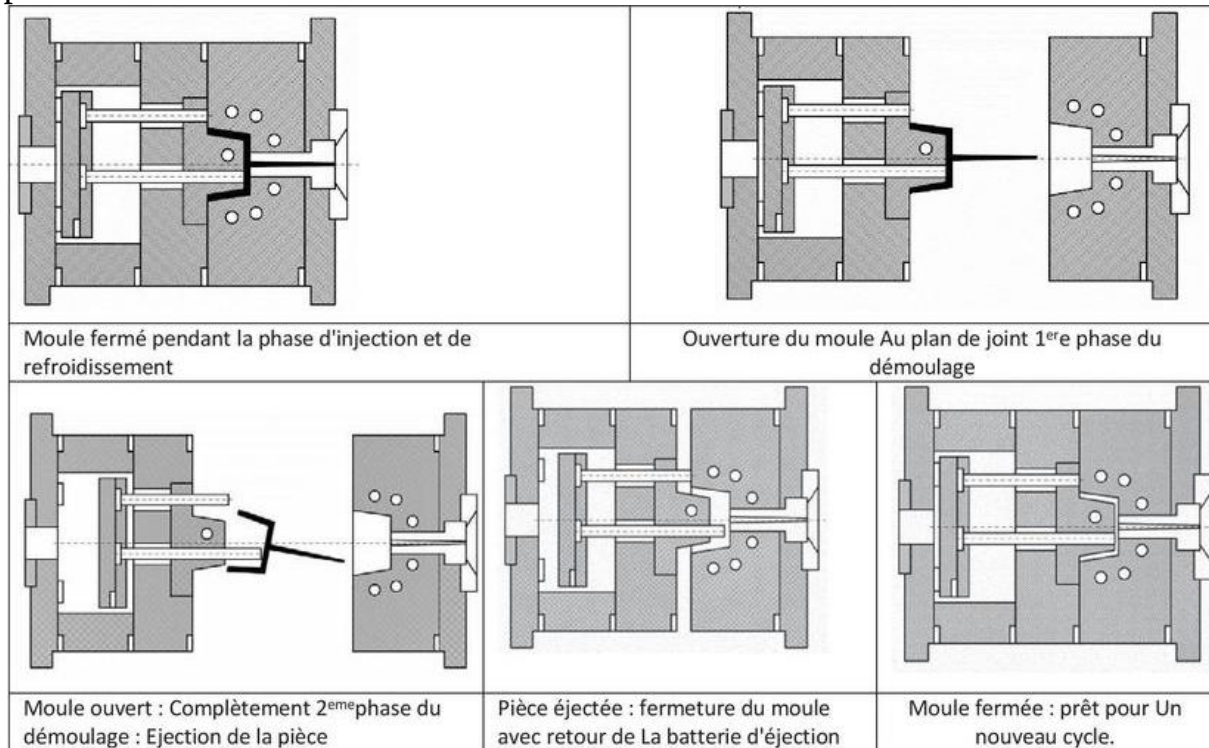


Tableau I.01 : moule à deux plaques [1]

I.1.2.2Moule à trois plaques :[1]

Le tableau suivant illustre le fonctionnement d'un moule à trois plaques, également on rencontre dans l'industrie des moules à plusieurs plaque utilisant le même principe, la chronologie des ouvertures, se fait les priorités définis par le concepteur, principalement on a un plan de joint carottes et un plan de joint pièce

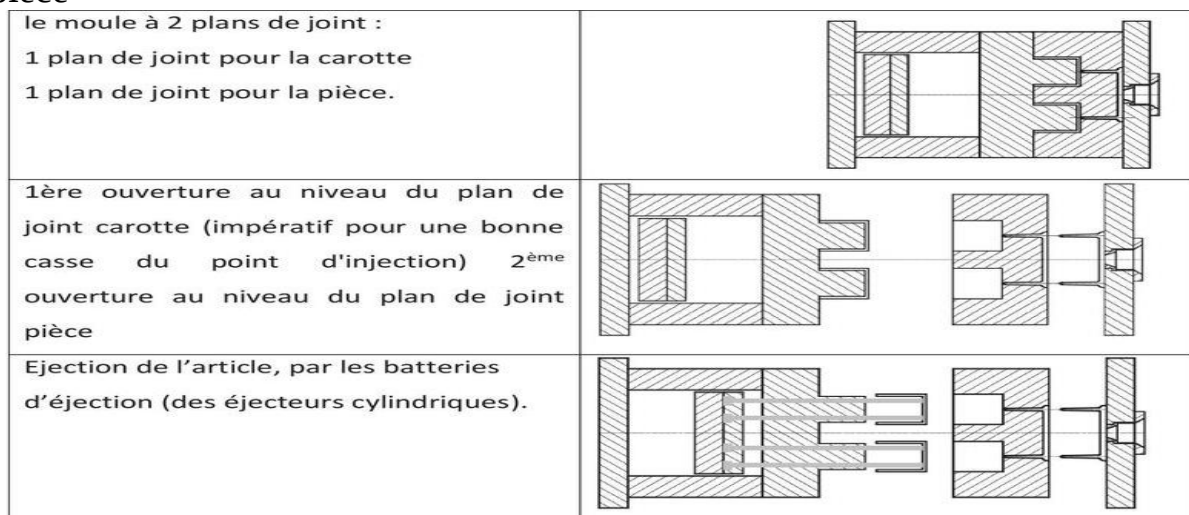


Tableau I.02 : moule à trois plaques [1]

I.1.1.3 Moule à tiroir : [1]

Les moules à tiroir et à les moules à coins forment des solutions particulières pour permettre d'injecter des pièces présentant des contre dépouilles, leur fonctionnement est présenté par le tableau suivant

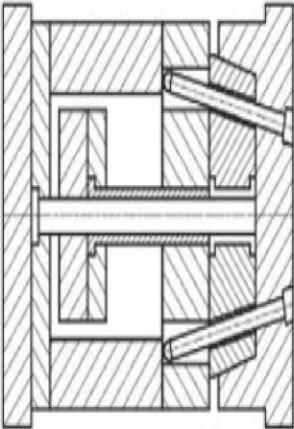
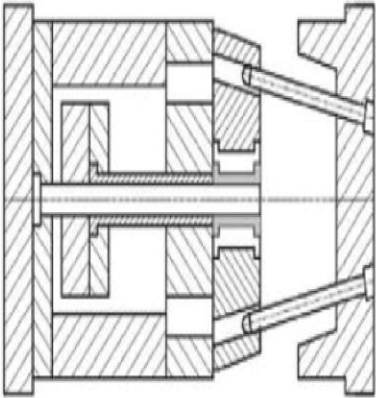
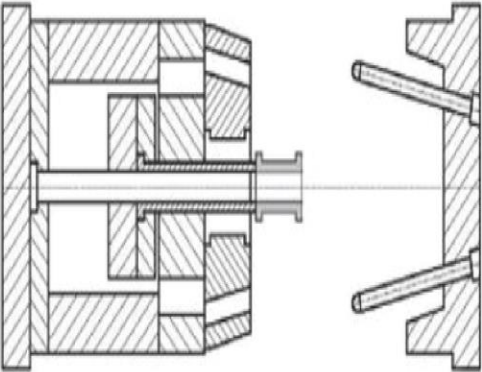
Moule fermé et les deux plaques portes empreintes fermées	
La partie du moule recule, les doigts de démoulage guident les deux plaques portes empreintes lors de leurs ouvertures par l'intermédiaire des ressorts	
Les batteries d'éjection avance sous l'effet du vérin et les éjecteurs tubulaire poussent les articles pour les éjecter	

Tableau I.03 : moules à tiroir [1]

I.1.2.4 Moule à canaux chauds [1]

La matière dans les canaux de transfert reste à la température de moulage jusqu'à l'entrée de l'empreinte, ce qui se traduit par une diminution des pertes de matière et un gain de productivité, en effet le temps de solidification de la matière n'est plus que celui propre de la Pièce, de même que l'on gagne le temps de remplissage du système d'alimentation.

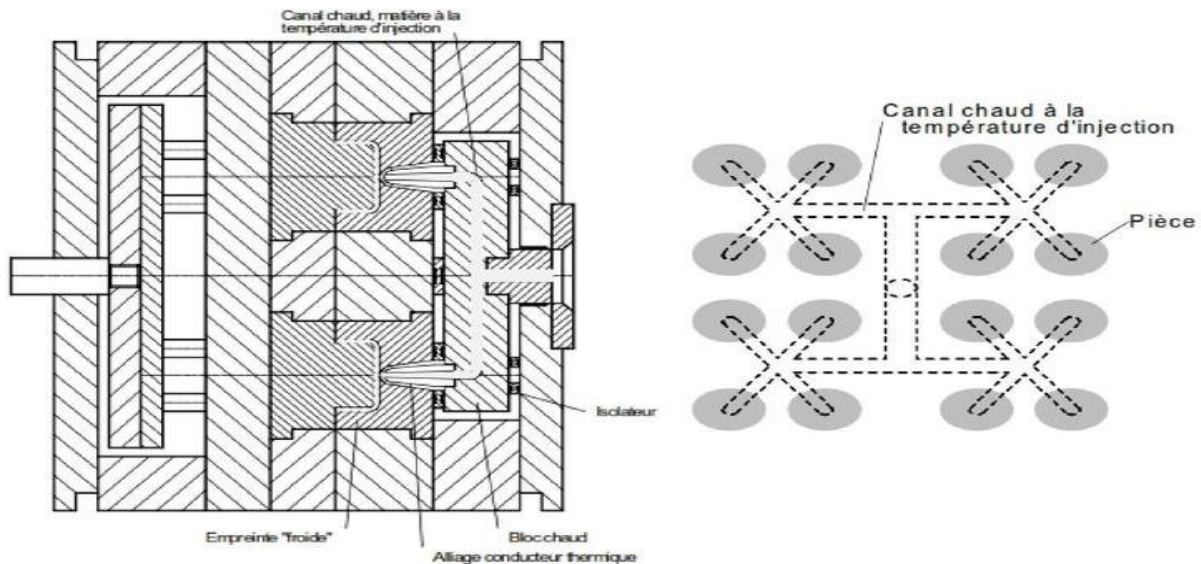


Figure 01 : moule multi-empreintes canal chaud-bloc chaud [1]

Dans cette technique une partie des éléments de transfert garde la matière chaude tandis qu'une autre solidifie des petits canaux (cas des petites pièces ou d'injections latérales décalées de l'axe de la machine). Ce compromis permet de limiter les investissements, notamment sur les busettes. Les petits canaux ne produisant que peu de déchet, ne perturbent pas le temps de refroidissement

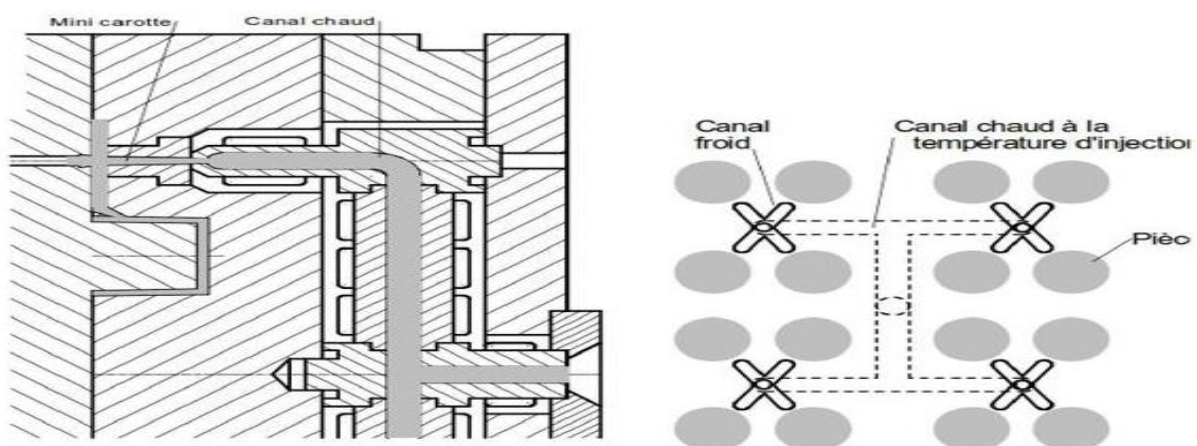


Figure 02 : moule multi-empreintes alimentation mixte : canaux chauds + canaux froid [1]

I.1.3 Les avantages et Inconvénients du moulage :[1]

I.1.3.1 Possibilités et avantages :[1]

Le succès de l'injection plastique est intimement lié aux habitudes de consommation de l'ère industrielle : grandes cadences de production, coûts faibles, etc.

Voici ses avantages :

1. Un prix pièce faible
2. Un processus totalement simulable
3. Une grande précision dimensionnelle et d'aspect de surface
4. Un immense panel de possibilités

Revenons en détail sur les avantages de l'injection plastique

1- Un prix pièce faible

Les cadences de production élevées et le fort taux d'automatisation des processus d'injection plastique contribuent à réduire considérablement le prix des pièces. Par ailleurs, l'injection plastique est un procédé plus automatisé.

2- Processus totalement simulable

L'injection plastique est le seul processus entièrement simulable. En effet, les logiciels actuels permettent de simuler les écoulements (rhéologie) avec une telle précision que les risques sont maîtrisés à 95% lors de la fabrication. Ainsi, dès la phase d'étude il est par exemple possible de savoir à quel endroit on peut avoir des défauts et modifier la conception de la pièce ou du moule pour atténuer ou supprimer ces défauts

3- Une grande précision dimensionnelle et d'aspect de surface

L'injection plastique permet une grande maîtrise des épaisseurs. Ainsi, les pièces moulées ont des tolérances dimensionnelles réduites par rapport aux autres procédés, ce qui facilite l'assemblage de pièces entre elles.

De plus, la surface des pièces peut être d'une grande précision pour obtenir l'aspect et le toucher désiré selon la finition réalisée : pour simuler un effet fibre de carbone, ou une surface brillante par exemple.

4- Un immense panel de possibilités

La diversité des matériaux et des couleurs utilisables fait de l'injection un procédé polyvalent. Il est par exemple possible : De réaliser une injection autour d'une pièce déjà existante, par exemple une puce RFID ou une vis en inox => surmoulage

D'injecter plusieurs matériaux à la fois, ou obtenir plusieurs teintes sur la même pièce => injection bi matière

De fusionner directement des étiquettes imprimées sur un emballage ou une pièce => In Mould Labelling (IML)

D'utiliser des plastiques recyclés, biosourcés, biodégradables

De recycler entièrement les déchets d'injection en les broyant pour les réutiliser

I.1.3.2 Inconvénients du moulage ; [1]

L'injection plastique n'est pas un procédé parfait. L'injection plastique produit une grande partie des objets plastique de notre quotidien mais il n'est pas adapté à tous, par exemple ; Il est peu adapté aux petites séries. Voici ses 3 inconvénients :

1. Un coût en outillage élevé
2. La nécessité de disposer d'angles de dépouille
3. Un procédé pas adapté aux pièces creuses

Revenons en détail sur les différents inconvénients de ce procédé.

1. Coût en outillage élevé

Les moules pour l'injection plastique sont des concentrés de technologie qui nécessitent de nombreux moyens. La précision d'un moule est de l'ordre de 0,03 mm; pour comparaison, l'épaisseur d'un cheveu est de 0,05 mm. Les éléments suivants sont donc à prendre en compte :

- Conception assistée par ordinateur (CAO)
- Usinage du moule
- Finitions
- Validation des caractéristiques dimensionnelles
- Optimisation du moule vis-à-vis du procédé d'injection

2. Nécessité de disposer d'angles de dépouille

Le moulage par injection a la particularité de nécessiter impérativement la présence d'un angle de dépouille. Il s'agit tout simplement d'un angle d'inclinaison qui facilite le démoulage de la pièce. Cela signifie donc qu'une pièce ne pourra pas être uniquement constituée d'angles droits et de parois parallèles.

3. Pas adaptés aux pièces creuses

La fabrication de pièces creuses n'est pas impossible en injection plastique, mais elle est plus complexe et coûteuse. Le roto-moulage et l'injection soufflage sont à privilégier dans ce cas.

I.2 Le roto-moulage

I.2.1 Définition: [2]

Le roto-moulage est un procédé industriel de transformation des matières plastiques ou polymères par rotation.

A l'instar d'autres techniques comme le thermoformage, l'injection soufflage ou le moulage par injection.

Le roto-moulage est très utilisé pour réaliser des objets creux de petites ou grandes dimensions tels que les canoës ou les citernes ou encore des pièces a double paroi.

Le principe du roto-moulage est relativement simple mais ce procédé est capable de fabriquer des pièces complexes.

L'avantage du roto-moulage réside dans la haute qualité et la précision des produits fabriqués.

I.2.2 Principales étapes du roto-moulage : [2]

Le roto-moulage est un procédé cyclique en quatre étapes :

- Remplissage des moules avec une poudre polymère
- Phase de chauffage et de rotation
- Refroidissement
- Démoulage de la pièce

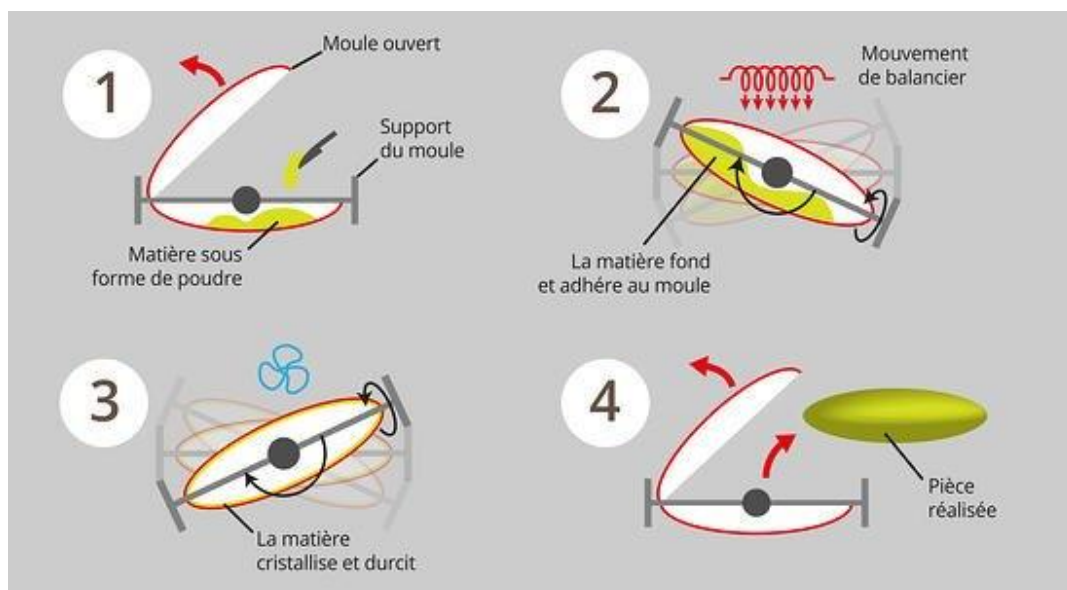


Figure I.03: Etapes du procédé de roto-moulage

①- Phase de Remplissage

La première étape consiste à introduire un polymère thermoplastique, sous forme de poudre ou de micro pellets, dans un moule en acier ou en aluminium.

Divers colorants et additifs peuvent être ajoutés selon les applications.

On assemble ensuite les différentes parties du moule de manière totalement hermétique, au niveau des plans de joint.

Un évent joue le rôle de soupape de décompression pour évacuer la pression de l'air interne une fois dans le four.



La quantité de poudre est déterminée à l'aide de la formule suivante :

$$m = S.e.p$$

Avec :

S: surface de la paroi interne du moule

e: épaisseur de la pièce à fabriquer (supposée uniforme)

p: masse volumique du polymère

Après la fermeture, le moule commence à tourner selon deux axes orthogonaux à une vitesse de 1 à 40 tr/min.

②- Phase de chauffage et de rotation

Une mise en rotation lente du moule suivant deux axes permet de répartir la poudre par gravité le long des parois. Suivant les types de pièces produites, il peut s'agir d'une double rotation à 360°

la combinaison d'une rotation à 360° et d'un mouvement de basculement (rock and roll).



Pour obtenir une répartition homogène, les paramètres à maîtriser sont les vitesses de rotation et le positionnement du moule.

On introduit ensuite le moule en rotation à l'intérieur d'un four. L'augmentation progressive de température permet de fondre la matière progressivement, depuis la paroi vers l'intérieur. Une fois que la température de l'air interne maximale (PIAT) est atteinte, il y a fusion complète du polymère. La vitesse de montée en température et la viscosité font partie des paramètres à contrôler.



③-Phase de refroidissement

Alors que la rotation bi axiale continue, le moule est transféré à un poste de refroidissement. Pour refroidir le moule et le polymère, on utilise l'eau, l'air, ou une combinaison des deux. Le refroidissement continue jusqu'à ce que le polymère soit solidifié.

④- Phase de démoulage

Après refroidissement, le moule est transféré au poste de chargement / déchargement. Le moule est ouvert et la pièce est retirée du moule. Après démoulage, le moule peut être rechargé et le cycle peut recommencer.

Lorsque la pièce est suffisamment refroidie et solidifiée, elle est prête à être démoulée. La température au démoulage est généralement comprise entre 80 et 90°C.

I.2.3 Les 3 étapes post-ROTO-moulage :[2]

Les pièces obtenues par roto-moulage peuvent nécessiter des étapes de finition, voire d'assemblage, lorsqu'il s'agit de produits en plusieurs parties

- ÉTAPE 1 :

La conformation :

La température de la pièce étant supérieure à 80°C lors du démoulage, la matière conserve une élasticité. Si la pièce est massive, il peut donc y avoir un risque d'affaissement. Une mise en conformation peut s'avérer nécessaire afin de respecter les dimensions prévues lors de la conception.

- ÉTAPE 2 :

Les finitions : Pour améliorer l'aspect des pièces après démoulage, celles-ci subissent une ou plusieurs étapes de finition :

- 1) Ébavurage
- 2) Découpe
- 3) Ponçage (si nécessaire)
- 4) Flammage

- ÉTAPE 3 :

L'assemblage: Le roto-moulage permet de concevoir des pièces en plusieurs parties qui seront ensuite assemblées. Différentes méthodes d'assemblage manuelles sont utilisables :

- Le surmoulage d'inserts, pour résister à des forces d'arrachement importantes
- Le vissage, au niveau des fûts prévus lors de la conception
- L'insertion de tubes, de charnières ou de gonds
- L'assemblage par cordon chauffant, pour les très grosses pièces.

I.2.4 Les Avantages et inconvénients du roto-moulage : [3]

Les avantages

- Des moules de tailles et de formes différentes peuvent être montés sur la même machine et utilisés simultanément.
- Les pièces ont une épaisseur relativement uniforme (en comparaison avec le thermoformage) ,Et l'épaisseur peut être changée sans modifier le moule.
- Le roto-moulage de matériaux composites est possible.
- Les lignes de soudures (dus au plan de joint) peuvent être facilement évitées.
- Des détails de surface peuvent également être obtenus.
- Les pièces finales sont quasiment sans contrainte résiduelle.

Les inconvénients

- Le temps de cycle est important en comparaison aux autres procédés, spécialement pour les multicouches
- Le prix des matériaux est relativement élevé car leur micronisation est nécess

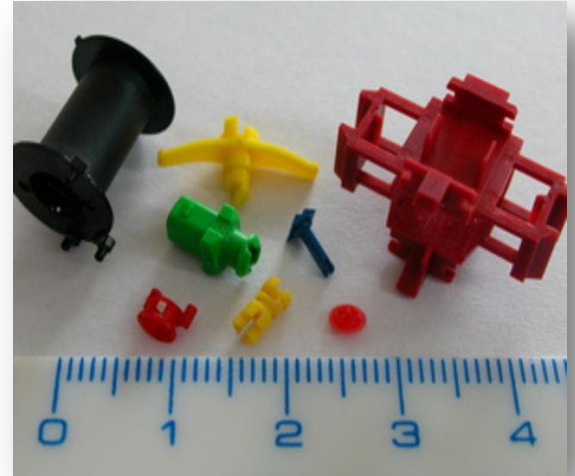
I.3 Moulage par injection

I.3.1 Introduction :

L'injection plastique est l'un des procédés le mieux adapté à la production en série de pièces microtechniques. L'importance prise par ce procédé dans la production des pièces microtechniques nous conduit vers l'étude des pièces injectées, la conception des outillages d'injection ainsi que leur mise en œuvre. Principe de fonctionnement Ce procédé permet d'obtenir des pièces dont l'épaisseur est comprise entre 0,4 et 6 mm avec des géométries complexes. Le moulage par injection consiste à ramollir (état visqueux) la matière thermoplastique (TP), puis de la malaxer au niveau de la vis de plastification. Elle est ensuite injectée sous forte pression. L'injection sous forte pression du polymère fondu dans un moule froid à une ou plusieurs empreintes. Au contact des parois froides, la matière se solidifie en forme puis l'objet peut être démoulé. La qualité d'un objet injecté dépend de trois critères :

1. La conception des formes de la pièce.
2. La conception et la qualité de réalisation de l'outillage (le moule).
3. Les conditions et les paramètres de moulage (injection).

Seul un travail collaboratif entre les différents spécialistes de ces trois domaines permet d'optimiser la fonctionnalité de la pièce. Ce procédé d'obtention permet de produire très rapidement (en une seule opération) des objets de qualité en grande quantité, même si les formes sont complexes, dans des gammes de poids allant de quelques grammes à plusieurs kilogrammes. On utilise l'injection plastique dans de très nombreux domaines : l'automobile, le jouet, l'électronique, la robotique, l'aéronautique, l'aérospatial, le médical... Téléphones, seringues, pare chocs, capots, carters, boîtes...



I.3.2 Le procédé d'injection plastique: [4]

I.3.2.1 Principe : [4]

Le moulage permet de fabriquer un objet immédiatement utilisable, l'organe central de la machine est le moule contenant l'empreinte en creux de la pièce à réaliser. La machine doit permettre de remplir, cette forme avec la matière plastique choisie par l'utilisateur. La matière ne peut remplir, l'empreinte que sous forme fondue. Pour y parvenir, la matière doit être chauffée à une température supérieure au point de transition vitreuse ou au point de fusion. Sous cette forme, la matière peut être contrainte de remplir le moule par plusieurs techniques aux procédés dont le moulage par injection

I.3.3 Les étapes du procédé : [5]

Le procédé d'injection se déroule en cinq étapes :

➤ Étape 1 (a)

La phase de dosage : Les granulés de polymère tombent depuis une trémie dans un ensemble vis-fourreau. Ils sont ensuite fondus progressivement par actions conjuguées des colliers chauffant le fourreau, du cisaillement de la matière, provoqué par la rotation de la vis et la friction des granulés (entre eux et contre les parois du fourreau et de la vis). La matière fondue est alors convoyée en avant de la vis (via un clapet anti-retour), dans l'espace créé par le recul progressif de cette dernière lors de sa rotation.

➤ Étape 2 (b)

La phase d'injection: Grâce à un mouvement de translation de la vis, le polymère fondu est transféré du réservoir à un moule via des canaux. Ce mouvement de translation est généré par un vérin, à travers le clapet anti retour qui, dans cette phase, empêche la matière de rebrousser chemin

➤ Étape 3 (c)

La phase de compactage: Le moule est composé de deux parties, une fixe et une mobile. Durant le compactage, le moule est maintenu sous pression pour rester fermé, pendant que la matière est compactée par la vis. Pendant cette phase, le polymère fondu continue à être injecté pour compenser le rétrécissement, ou retrait, de la matière qui refroidit.

➤ Étape 4 (d)

la phase de refroidissement: Lorsque le polymère est entièrement figé au niveau du ou des seuils d'injection, il n'est plus nécessaire d'appliquer une

pression de maintien, et la pièce continue de se refroidir jusqu'à ce qu'elle soit complètement solidifiée. La vis reprend son cycle de rotation à l'étape 1.

➤ Étape 5 (d)

la phase d'éjection: Le moule s'ouvre, et la pièce formée est éjectée du moule.

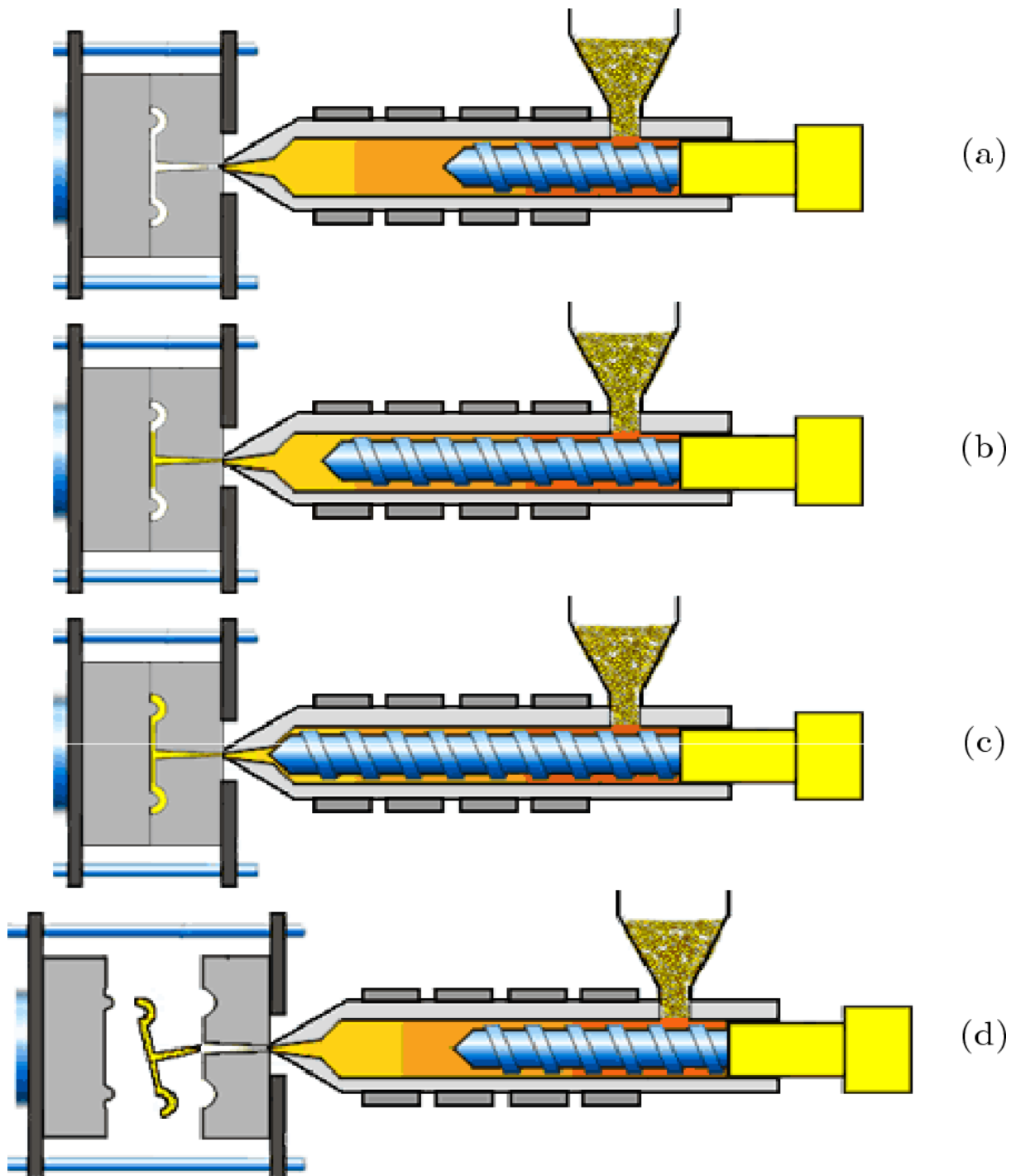
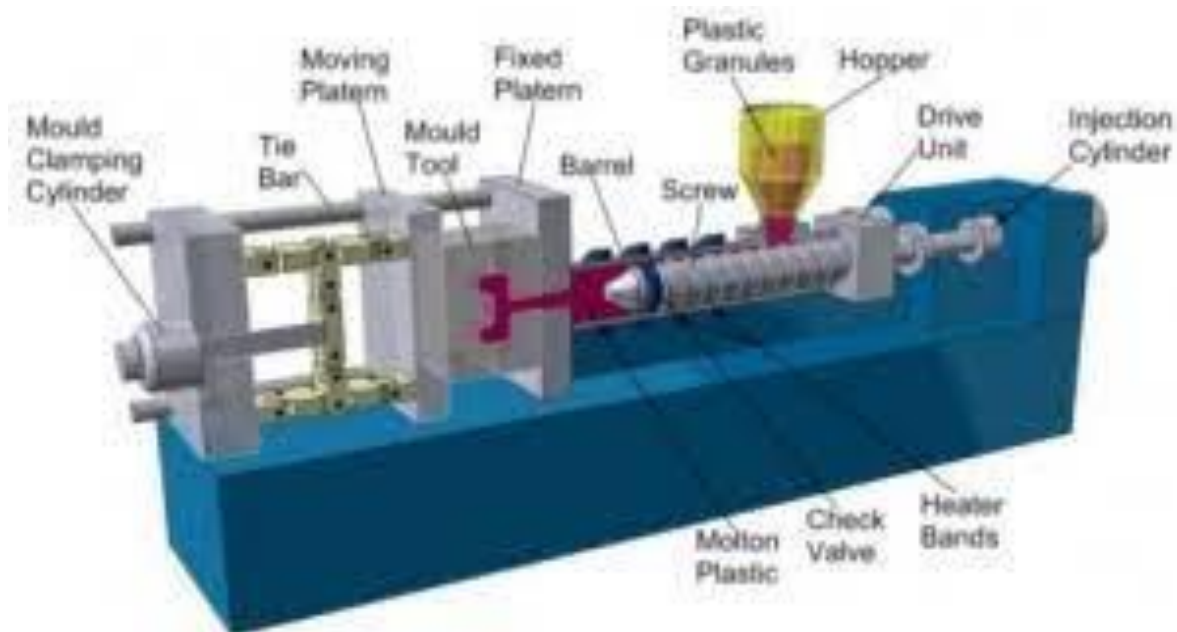


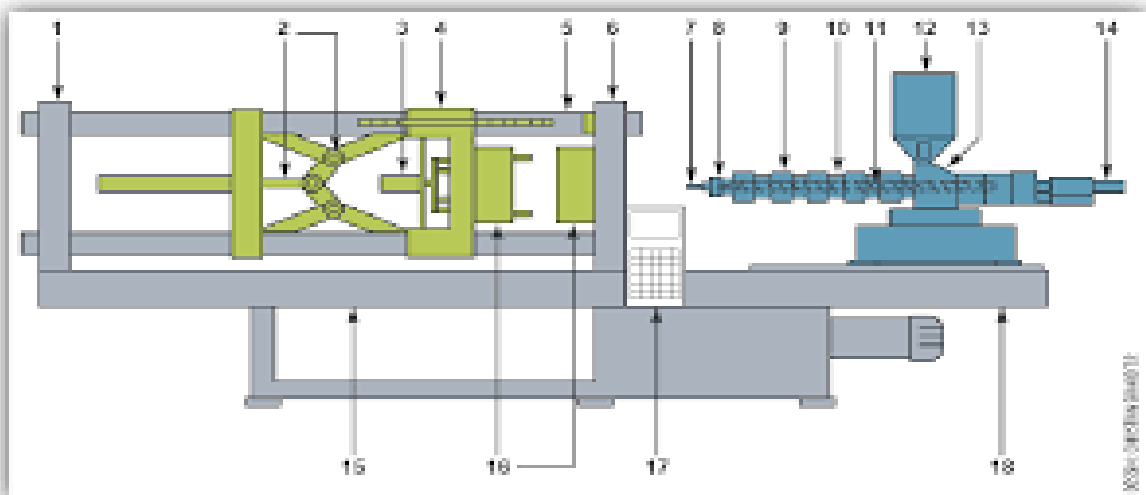
Figure I.04: Les étapes du procédé d'injection-moulage des thermoplastiques [6]

I.3.4 Les machines utilisées en injection thermoplastique: [7]

La presse d'injection : est une machine qui permet d'obtenir des pièces en plastique injecté sous pression dans un moule (monté sur la presse). L'injection du plastique se fait généralement à haute pression et à température supérieure à la température de transition vitreuse. T_g A température supérieure à T_g , la température se ramollit. A cet état la matière n'est plus solide mais n'est pas aussi liquide

Les machines employées en injection : plastique sont des presses à injecter. Elles sont utilisées pour des productions de grandes et très grandes séries allant jusqu'à plusieurs milliers de pièces. Les matériaux principalement employés sont les plastiques et les élastomères, ainsi que des métaux comme l'aluminium et le laiton. La presse à injecter se compose de plusieurs parties. Voici les principales : buse, plateau mobile, plateau fixe, collier chauffant, trémie d'alimentation, vis sans fin (ou vis de plastification), système d'évacuation, mécanisme de fermeture et console. En outre, il est possible de catégoriser les éléments d'une presse à injecter en deux ensembles principaux. Premièrement, il y a un groupe d'injection plastification. Il permet plusieurs applications comme l'alimentation en granulés et la fusion de la matière, par la suite dosée et injectée sous pression. Deuxièmement, il y a un groupe de fermeture. Ce dernier permet de verrouiller, ouvrir, fermer le moule et d'éjecter les pièces. Ainsi, il est possible de fusionner la matière et de la transférer dans le moule.





1. Plateau arrière fixe
2. Mécanisme de fermeture - genouillère et vérin
3. Éjecteur
4. Plateau mobile
5. Colonne de guidage
6. Plateau fixe d'injection
7. Buse d'injection
8. Tête du baril
9. Bande chauffante
10. Baril d'injection
11. Vis
12. Trémie d'alimentation
13. Motorisation de la vis
14. Motorisation de la vis
15. Décharge des pièces
16. Moule
17. Console de commande
18. Bâti



I.3.5 Différents types des presses d'injection plastique : [5]

Il existe plusieurs des presses injections plastiques, permet celle dernières on trouve des presses injections hydrauliques, électriques, horizontales, verticales, les presses les plus utilisables dans les secteurs productions industrielles sont des presses horizontales.

❖ Presse à injection plastique horizontal :

Les presses à injection plastique sont des machines permettant de produire des pièces en plastique par le procédé de moulage par injection. Appellation « horizontale » vient de fait que l'unité de fermeture, l'unité de plastification et d'injection de la presse sont montées horizontalement.

❖ **Presse à injection plastique vertical :**

Ce modèle de machine de moulage par injection est principalement déduit au moulage par injection sur les lignes de production de produits électroniques, d'ordinateurs, de prise d'alimentation, etc.

I.3.6 matériaux de l'injection : [8]

Les matériaux principalement employés dans l'injection sont Les polymères (thermoplastiques et thermodurcissables) et les élastomères, ainsi que des métaux comme l'aluminium et le laiton. Les thermoplastiques déforment et sont façonnables sous l'action de la chaleur. Ils reprennent leur forme initiale en refroidissent sauf dans le cas de réchauffement répétés.

I.3.6.1 Les polymères : [8]

Le mot polymère vient du grec « polys » plusieurs, et « meros » partie. Un polymère est une macromolécule, organique ou inorganique, constituée de l'enchaînement répété d'un même motif, le monomère (du grec monos : un seul ou une seule, et meros ; partie) reliés les uns aux autres par des liaisons covalentes.

I.3.6.2 Propriétés des polymères : [9]

Lorsqu'on parle de propriété d'un matériau, on se réfère à la façon dont il réagit à une sollicitation. On pourrait aussi la nommer une sensibilité à cette stimulation, ou bien son inverse, la stabilité et la résistance. Ainsi, les propriétés thermiques décrivent le comportement du matériau vis-à-vis de la chaleur.

Propriété mécanique

Les propriétés mécaniques décrivent leur comportement vis-à-vis des sollicitations mécaniques telles que pressions, étirements, torsions, frottements, chocs et effet de la pesanteur.

Propriétés optiques

Les propriétés optiques se présentent sous forme de transparences, translucidité, opacité et coloration.

Propriétés électriques

Les polymères sont largement utilisés comme isolants électriques, en particulier dans les circuits électroniques et les gaines de câbles électriques. Il existe aussi des polymères conducteurs, soit à l'état intrinsèque soit par ce qu'ils sont chargés de particules de carbone conductrices.

I.3.6.3 Différentes classes de polymères: [10]

Plusieurs classifications des composés macromoléculaires peuvent être proposées selon qu'on choisit l'origine, le type d'architecture, la structure chimique des motifs ou le types de polymérisation, comme base de la classification.

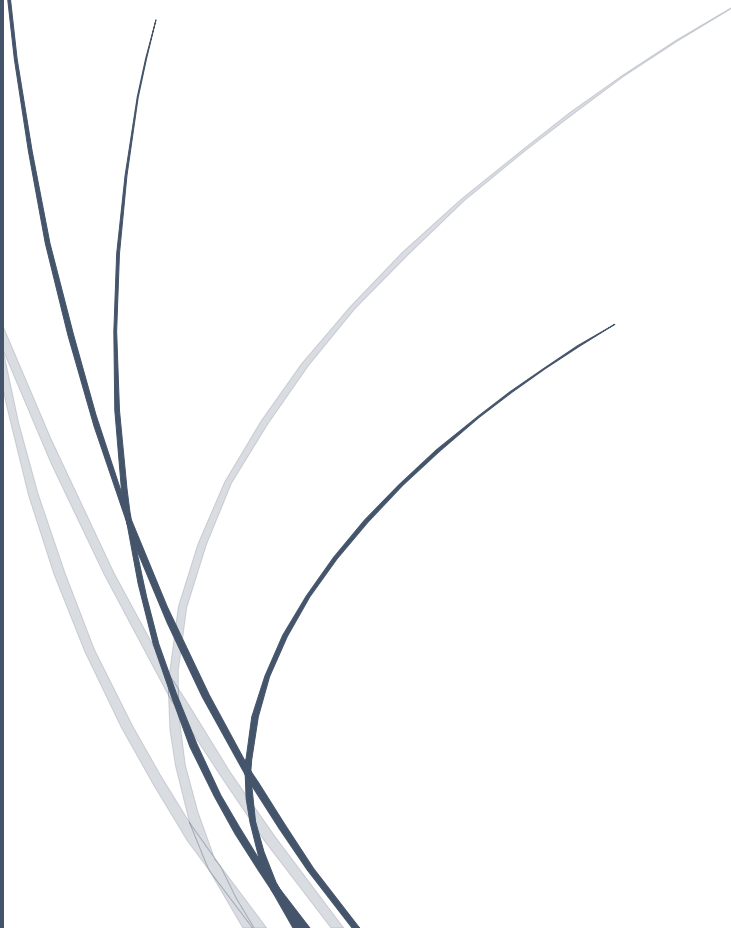
Classification selon l'origine [10]

Les polymères classés selon l'origine peuvent être :

-  des polymères naturels : ce sont des composés organiques formant la matière vivante, comme les protéines, les acides nucléiques, la cellulose, la chitine...
-  des polymères artificiels obtenus par modification chimique d'un polymère naturel, exemple : méthyl-cellulose.
-  des polymères synthétiques : ce sont les matières plastiques, les élastomères, les fibres, les adhésifs.

CHAPITRE II

- **Choix des éprouvettes de traction mécanique normalisées**
- **Conception de moule**
- **Analyse des contraintes**
- **Réalisation et assemblage les pièces**



II.1 Choix des éprouvettes de traction mécanique normalisées

II.1.1 Normes pour éprouvettes de traction en plastique :

Dans la recherche scientifique nécessaire au travail, nous sommes appuyés sur trois institutions internationales, qui sont :

ASTM : International, anciennement American Society for Testing and Materials, est un organisme de normalisation qui rédige et produit des normes techniques concernant les matériaux, les produits, les systèmes et les services. Il a été fondé en 1898 aux États-Unis.

ASME : L'American Society of Mechanical Engineers est une société savante basée aux États-Unis active dans le domaine de la recherche scientifique en mécanique.

ISO : L'Organisation internationale de normalisation, généralement désigné sous le sigle ISO, choisi pour être le sigle identique dans toutes les langues, est un organisme de normalisation international composé de représentants d'organisations nationales de normalisation de 167 pays, selon le principe d'un membre par pays

❖ IL ya des normes par exemples

- **ASTM D1708 [12]**

Cette méthode d'essai couvre la détermination de la résistance à la traction et des propriétés d'allongement comparatives des plastiques sous forme d'échantillons standards d'essai de micro-traction lorsqu'ils sont testés dans des conditions définies de prétraitement, de température, d'humidité et de vitesse d'essai de la machine.

- **ISO 18872 [12]**

Plastiques. Détermination des propriétés de traction à des taux de déformation élevés.

- **ISO 527-2[13]**

spécifiques les conditions d'essai pour la détermination des propriétés en traction des plastiques destinées au moulage et à l'extrusion, reflétées sur les principes généraux établis dans l'ISO 527 1Il existe six tailles d'éprouvettes possibles pour les essais selon la norme ISO 527-2. Les éprouvettes préférées sont les éprouvettes en forme d'haltère de types 1A (moulées par injection) et 1B (usinées). Bien qu'il existe des différences de longueur entre ces deux types d'échantillons, ils partagent une largeur nominale de 10 mm et une épaisseur de 4 mm. La longueur de jauge préférée pour les spécimens de type 1A est de 75 mm, ce qui est une modification de la norme introduite en 2012. Jusqu'en 2012, la longueur de jauge préférée pour le type 1A était de 50 mm, ce qui est toujours acceptable pour les tests de contrôle qualité ou lorsque cela est spécifié.

Dans les cas où le matériel est limité, de nombreux laboratoires utiliseront des spécimens sous-dimensionnés de types 1BA, 1BB, 5A ou 5B. Dans ces cas, il peut être techniquement difficile de mesurer le module en raison des petites longueurs de jauge et des temps de test courts. Les résultats obtenus à partir de petits spécimens ne sont pas comparables à ceux obtenus à partir de spécimens de type 1.

- **ASTM D638 [14]**

Il existe de nombreuses méthodes de test différentes pour différents types de plastiques. La norme ASTM D638 s'applique uniquement aux échantillons de plastique rigide d'une épaisseur comprise entre 1,00 mm et 14 mm. Si votre échantillon est une feuille ou un film de moins de 1,00 mm d'épaisseur, il doit être testé selon la norme ASTM D882. Bien qu'elle fournisse des résultats similaires à la norme ISO 527-2, la norme ASTM D638 n'est pas considérée comme techniquement équivalente en raison des différences de taille des éprouvettes et des exigences de test. Alors que certains grands fabricants multinationaux testent à la fois ASTM D638 et ISO 527-2, la plupart de nos clients montrent une préférence pour l'une ou l'autre norme en fonction de leur situation géographique. Les fabricants nord-américains testent généralement selon la norme ASTM D638 tandis que ceux d'Europe et d'Asie testent principalement selon la norme ISO 527-2. Les clients en Chine testent également les normes ASTM D638 et ISO 527-2. Toutes ces méthodes de test se trouvent dans les modules d'applications de Bluehill® Universal, qui sont des

modèles de méthodes préconfigurés pour les normes ASTM et ISO les plus populaires.

Il existe cinq types d'éprouvettes admissibles pour la norme ASTM D638 dont la taille diffère en fonction de l'épaisseur de l'éprouvette et de la quantité de matériau disponible. Les plus couramment utilisés sont les spécimens de type I, qui ont une épaisseur de 3,2 mm et sont généralement créés par moulage par injection. Les éprouvettes de type I ont une longueur totale de 165 mm et une largeur de 13 mm, avec une longueur entre repères de 50 mm. Les éprouvettes plates sont généralement moulées, découpées à l'emporte-pièce ou usinées en forme d'os de chien ou d'haltère, ce qui garantit que la rupture se produit au centre de l'éprouvette plutôt qu'au niveau des zones de serrage. En plus des éprouvettes plates, la norme ASTM D638 permet également de tester des tubes et des tiges rigides, qui doivent également être usinés en forme d'os de chien. Dans les cas où le matériel est limité, de nombreux laboratoires utiliseront des échantillons de type IV ou de type V. Les dimensions requises pour les éprouvettes de type IV sont les mêmes que celles requises pour la découpe C ASTM D412, ce qui signifie que la même découpe peut être utilisée. Les spécimens de type V sont les plus petits, avec une longueur de jauge de seulement 0,3 in

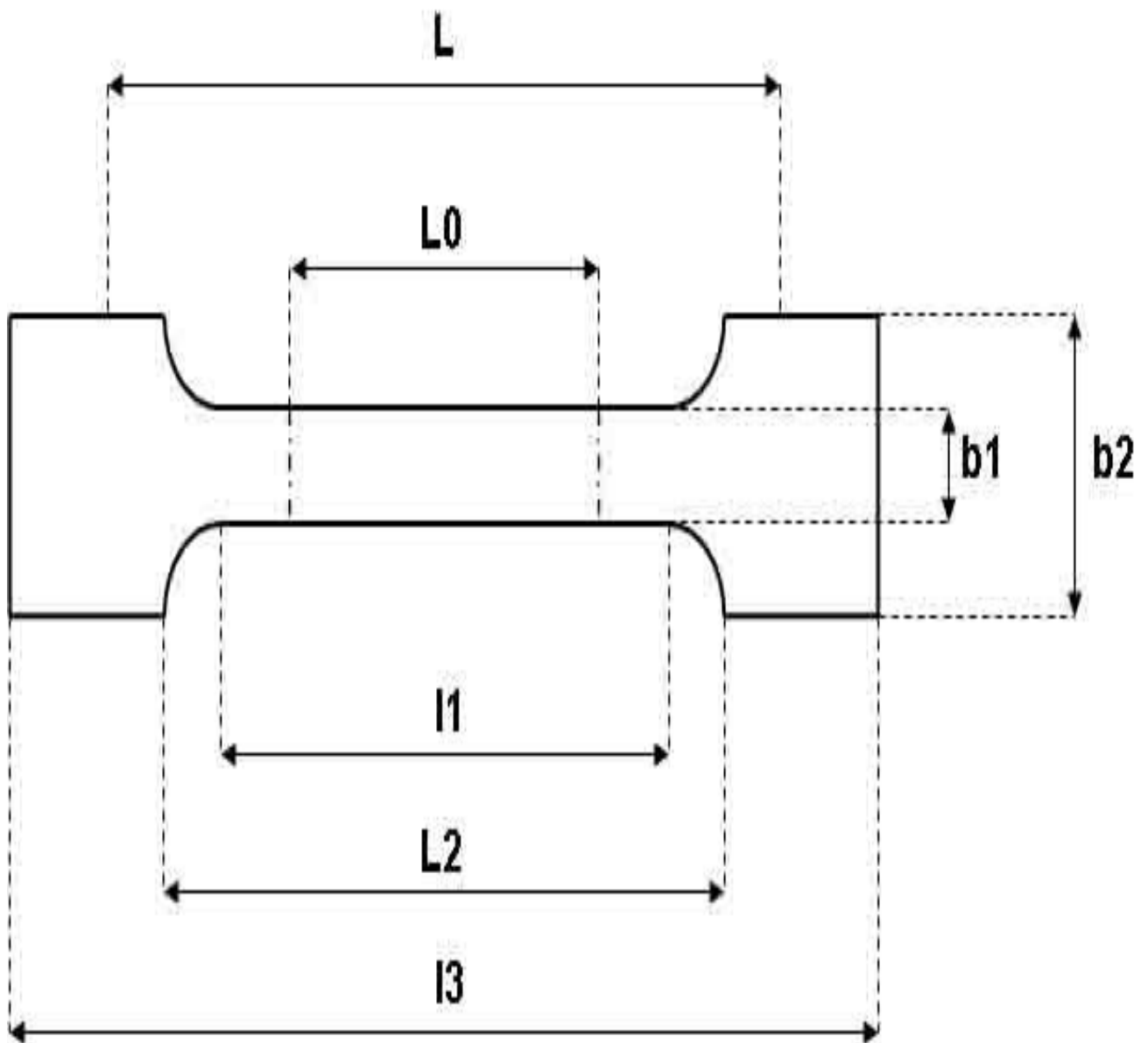
- **ISO 3167 Type A et B [12]**

Spécifie les exigences relatives aux éprouvettes à usages multiples (c'est-à-dire que les éprouvettes de type A et B sont des éprouvettes de traction uniquement, à partir desquelles, cependant, avec un usinage simple, des éprouvettes pour une variété d'autres essais peuvent être prélevées permettant toutes les méthodes d'essai mentionnées à l'annexe A doivent être effectuées sur la base de moulages comparables) pour les matières plastiques à mouler destinées à être transformées par moulage par injection ou par compression directe.

❖ Dimensions standards de quelques éprouvettes :[11]

Norme	Type d'éprouvette	l_3	l_1	b_2	b_1	h	L_0	L	Forme
ISO 3167	A	> 150 (170)	80 ± 2	$20 \pm 0,2$	$10 \pm 0,2$	$4 \pm 0,2$	-	-	Haltère
ISO 3167	B	> 150	$60 \pm 0,5$	$20 \pm 0,2$	$10 \pm 0,2$	$4 \pm 0,2$	-	-	Haltère
ISO 527-2	1A	> 150	80 ± 4	$20 \pm 0,2$	$10 \pm 0,2$	$4 \pm 0,2$	$50 \pm 0,5$	115	Haltère
ISO 527-2	1B	> 150	$60 \pm 0,5$	$20 \pm 0,2$	$10 \pm 0,2$	$4 \pm 0,2$	$50 \pm 0,5$	$L_2 + 5$ $L_2 = 106 \dots 120$	Haltère
ISO 527-2	1BA	> 75	$30 \pm 0,5$	$10 \pm 0,5$	$5 \pm 0,5$	> 2	$25 \pm 0,5$	$L_2 + 2$; $L_2 = 58 \pm 2$	Haltère
ISO 527-2	1BB	> 30	$12 \pm 0,5$	$4 \pm 0,2$	$2 \pm 0,2$	> 2	$10 \pm 0,2$	$L_2 + 1$; $L_2 = 23 \pm 2$	Haltère
ISO 527-2	5A	> 75	25 ± 1	$12,5 \pm 1$	$4 \pm 0,1$	> 2	$20 \pm 0,5$	50 ± 2	Haltère
ISO 527-2	5B	> 35	$12 \pm 0,5$	$6 \pm 0,5$	$2 \pm 0,1$	> 1	$10 \pm 0,2$	20 ± 2	Haltère
ASTM D638	I	> 165	$57 \pm 0,5$	$19 \pm 6,4$	$13 \pm 0,5$	$3,2 \pm 0,4$	$50 \pm 0,25$	115 ± 5	Haltère
ASTM D638	II	> 183	$57 \pm 0,5$	$19 \pm 6,4$	$6 \pm 0,5$	$3,2 \pm 0,4$	$50 \pm 0,25$	135 ± 5	Haltère
ASTM D638	III	> 246	$57 \pm 0,5$	$29 \pm 6,4$	$19 \pm 0,5$	$7 \dots 14$	$50 \pm 0,25$	115 ± 5	Haltère
ASTM D638	V	$> 63,5$	9,53	$9,53 \pm 3,1$	$3,18 \pm 0,5$	$3,2 \pm 0,4$	7,62	$25,4 \pm 5$	Haltère
ASTM D638	IV	> 115	$33 \pm 0,5$	$19 \pm 6,4$	$6 \pm 0,05$	$3,2 \pm 0,4$	$25 \pm 0,13$	$64,5 \pm 5$	Haltère
ASTM D638	M-I	> 150	$60 \pm 0,5$	$20 \pm 0,5$	$10 \pm 0,5$	< 10	$50 \pm 0,25$	115 ± 5	Haltère
ASTM D638	M-III	> 60	$10 \pm 0,5$	$10 \pm 0,5$	$2,5 \pm 0,5$	< 4	$7,5 \pm 0,2$	25 ± 5	Haltère
ASTM D638	M-II	> 115	$33 \pm 0,5$	$25 \pm 0,5$	$6 \pm 0,5$	< 4	$25 \pm 0,5$	80 ± 5	Haltère

Tableau II.01: Dimensions standards de quelques éprouvettes [11]



L_0 = Longueur de référence (pour fixé extensomètre)

L = Ecartement entre outillages

l_1 = Longueur de la partie calibrée étroite

L_2 = Ecartement entre les parties parallèles larges

l_3 = Longueur totale

b_2 = Largeur dans la zone d'épaulement

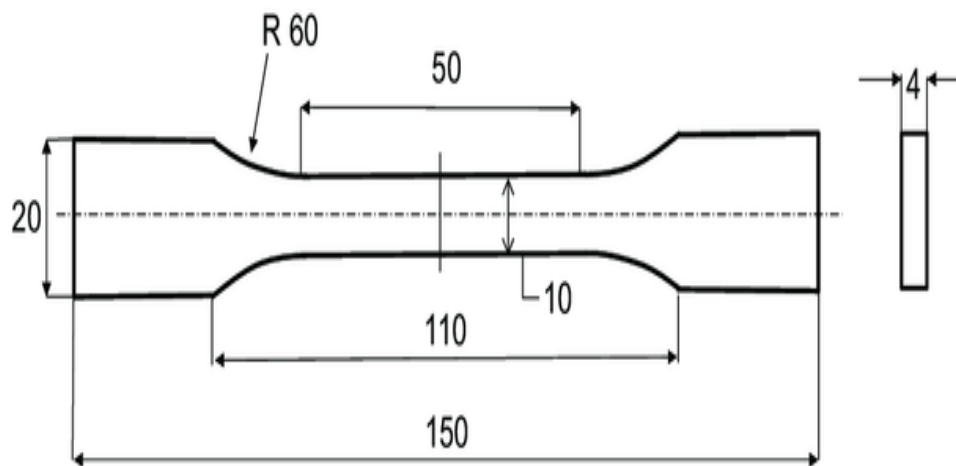
b_1 = Largeur dans la zone de la longueur de référence

h = épaisseur de l'éprouvette

Nous avons choisi la norme **ISO 527_2 TYPE 1B** car sa taille équivaut à la pression générée par la machine d'injection, et il est également facile à mouler avec les mensurations suivantes :

Norme	Type d'éprouvette	l_3	l_1	b_2	b_1	h	L_0	L	Forme
ISO 527-2	1B	> 150	$60 \pm 0,5$	$20 \pm 0,2$	$10 \pm 0,2$	$4 \pm 0,2$	$50 \pm 0,5$	$L_2 + 5$ $L_2 = 106 \dots 120$	; Haltère

ISO 527_2 TYPE 1B



L'éprouvette de traction

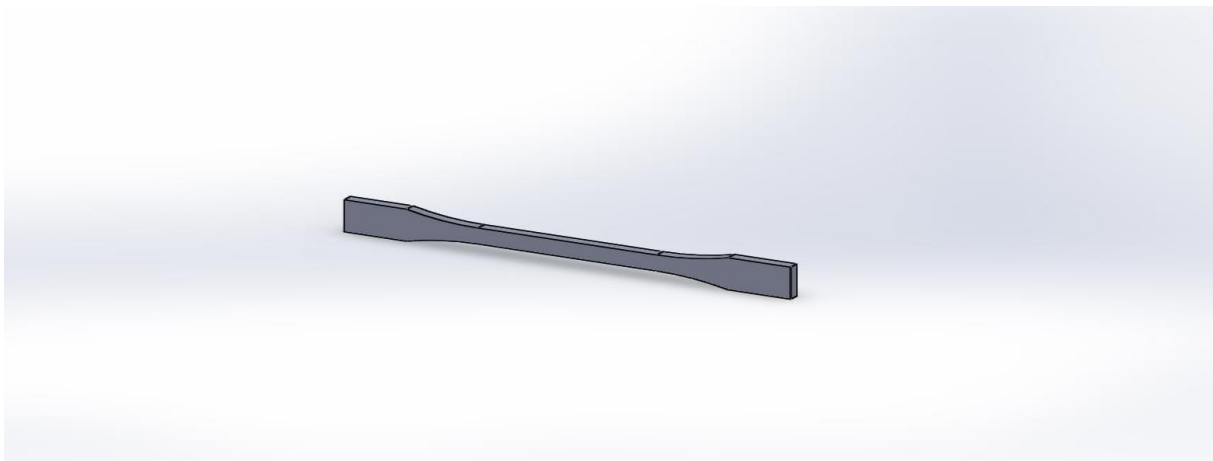


Figure II 01 : L'éprouvette de traction

II.2 Conception du moule

Nous étudions un modèle de moule en acier conçu pour être connecté à l'extérieur de la machine. Il est alimenté en polymère fondu sous pression par un piston propulsé par une vis sans fin actionnée manuellement. Cette conception n'est pas chère et facile à réaliser en utilisant des aciers ordinaires disponibles sur le marché.

Nous avons étudié la conception appropriée pour ce modèle, car il se compose de deux parties principales, un bloc et un couvercle de bloc, la première partie est un bloc parallélépipédique, qui sert de support à l'échantillon d'essai, et la deuxième partie est un couvercle de bloc qui enferme le bloc pour recevoir et emprisonner le polymère liquide sous pression jusqu'à solidification.

II.2.1 différence entre Moule d'injection automatique et notre moule

Le moulage à injection permet de produire en peu de temps des quantités importantes de produits et de composants en plastique, garantissant la respectabilité dimensionnelle des pièces et éliminant les coûts de production grâce à l'automatisation du processus de production.

Le moulage de matières plastiques est l'une des techniques les plus répandues parmi les processus de transformation des matières plastiques.

Il s'agit d'une procédure par laquelle le matériau techno-plastique est fondu et injecté à haute pression dans les moules fermés, qui sont ouverts une fois que le matériau s'est solidifié et que le produit manufacturé est prêt, la large diffusion de cette technique s'explique par les avantages significatifs qu'elle comporte en termes d'efficacité de la production et de réduction des coûts.

Mais ce n'est pas tout : il y a de nombreux autres avantages du moulage à injection plastique qui font de cette technique une bonne solution pour la production de composants en plastique, tel que : haute efficacité, production de composants au design complexe, force et stabilité des pièces produites, choix des couleurs et des matériaux, déchets réduits

Bien que notre moule soit manuel et présente des fonctionnalités limitées car il est installé et complètement démonté, c'est-à-dire que toutes les pièces sont séparées les unes des autres, ce qui prend beaucoup de temps dans le processus de moulage, et la bonne chose à cela est que nous peut changer la forme à fabriquer en changeant certaines des pièces du moule, car il produit quelques pièces, quatre pièces par moulée, plus à chaque fois et cette caractéristique rend également le prix de fabrication bas sur le premier moule.

En termes de refroidissement, notre moule ne contient pas d'auto-refroidisseur, c'est-à-dire que nous attendons que le polymère refroidisse avant de l'ouvrir et d'extraire les pièces, tandis que l'autre moule a cette caractéristique, Notre moule ne peut être utilisé sur les machines d'injection, mais il supporte une grande force de pression, et pour notre moule il est difficile de former des pièces de formes complexes.

II.2.3 Conception de la cavité du moule pour une éprouvette de traction normalisée :

Pour obtenir une cavité d'éprouvette de traction il faut creuser dans le bloc du matériau du moule. Cette opération peut être réalisée par fraisage, ou par électroérosion. Ces deux procédés sont onéreux et non disponibles dans notre laboratoire. Une approche beaucoup moins chère a été adoptée pour réaliser ces cavités dans le moule. Il s'agit d'utiliser des plaques préalablement découpées de façon à épouser le profil extérieur de l'éprouvette comme montrée sur les figures 2.02 et 2.03. Ces plaques en nombre de huit sont fixées par la suites deux par deux en positions symétriques sur un noyau en acier à quatre facettes.

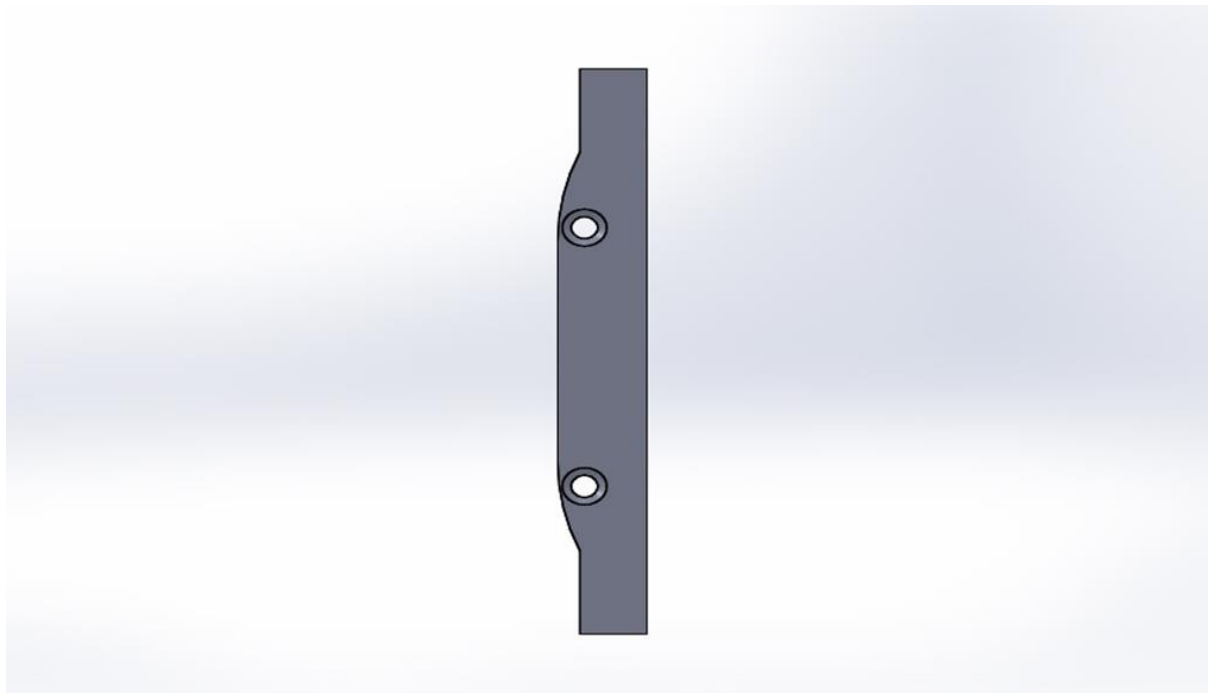


Figure II 02 : Plaque de cavité d'éprouvette

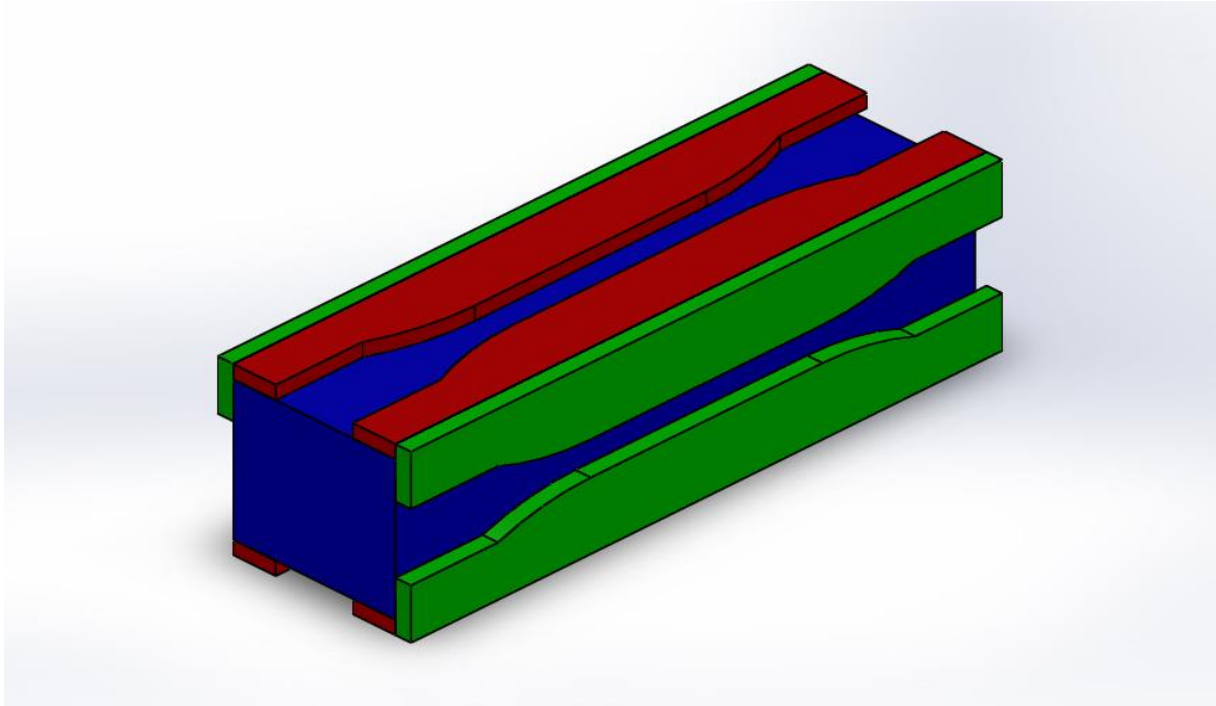


Figure II 03: Les quatre Cavité d'éprouvettes

II.2.2 Analyse du chemin d'écoulement du polymère

II.2.2.1 Les canaux d'alimentation [19]

Canaux d'alimentation du moule :

Le système de canaux d'alimentation dans le moule se compose d'un système de canaux qui relie la buse (Nozzle) de la presse d'injection aux seuils qui injectent le polymère plastifié dans les cavités du moule. Les composantes du système d'alimentation sont généralement dénommées comme suit :

- Carotte (sprue) (premier canal droit)
- Canal primaire (branches dérivant de la carotte), et des Canaux secondaires dérivants du canal principal allant jusqu'aux points d'injection
- Seuils (points d'injection dans les cavités du moule)

Même si la carotte n'est présente que dans les systèmes à canaux froids, certains éléments communs sont également présents dans les systèmes à canaux chauds ou les systèmes hybrides.

Il ya quatre formes des canaux d'alimentation :

- Section du canal en forme de U ou parabolique
- Section trapézoïdale du canal
- Section semi-circulaire du canal
- Section circulaire du canal

En a choisi la forme trapézoïde : produisant plus d'échange de chaleur et de déchets due au périmètre plus élevé et à la section transversale, habituellement creusée dans le côté mobile du moule pour une bonne éjection

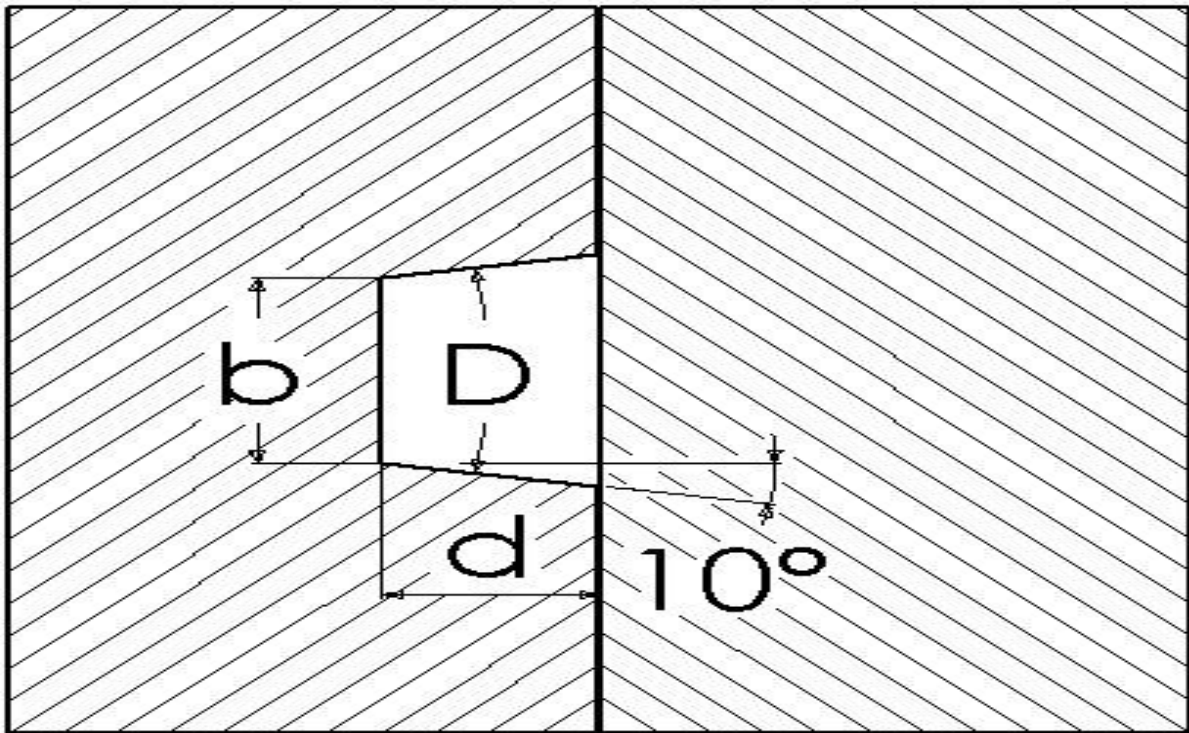


Figure II 04: la forme trapézoïde [15]

➤ **Dimensionnement des canaux d'alimentation :**

Les canaux sont dimensionnés pour répartir également le flux de matériaux vers toutes les cavités : avoir une bonne distribution du matériau est un objectif difficile, en raison de la sensibilité élevée de la dynamique des fluides aux imperfections des surfaces, aux propriétés non homogènes des matières plastiques et à d'autres facteurs indirects. Dans le cas où le moule produit des pièces avec des formes différentes, alors les canaux doivent bien équilibrés (c. à d) distribuer le flux de matériaux non pas également, mais en proportion du volume nécessaire pour remplir toutes les pièces en même temps, avec la même pression, et la même vitesse. Les canaux et la carotte sont réutilisés après broyage avec des pourcentages entre 10 et 20 % pour éviter la dégradation

La longueur du canal d'alimentation dépend du diamètre, de la viscosité du polymère et de la vitesse d'injection ou le débit (flow rate). En l'absence de données sur le débit d'injection, le tableau suivant peut nous guider en ce qui concerne la longueur maximale à ne pas dépasser. On y trouve pour chaque diamètre la longueur maximale que peut avoir le canal pour les polymères de basses et hautes viscosités

diamètre de canal	longueur maximale des canaux	
	faible viscosité	haute viscosité
mm	mm	mm
3	100	50
6	200	100
9	280	150
13	330	175

Tableau II.02: indicatif de la longueur du canal en fonction de son diamètre équivalent [19]

Une fois ($L_{\max}$) la longueur maximale à ne pas dépasser est connue on peut cependant choisir une longueur $L < L_{\max}$ et recalculer le diamètre équivalent de la section du canal en utilisant la formule suivante :

$$d = \frac{w^{1/2} \times L^{1/4}}{3.7}$$

(II.01)

d : diamètre de canal (mm)

w : poids de la pièce (g)

L : longueur du canal (mm)

- **CALCULER LE POIDS** : Une fois que vous avez les mesures de la section, de la longueur et de la densité de votre fluide , vous pouvez maintenant déterminer le poids à l'aide de la formule de calcul du poids du polymère suivante :

$$\text{Poids (g)} = \text{Section (mm}^2\text{)} \times \text{Longueur (mm)} \times \text{Densité (g/mm}^3\text{)}$$

$$w(g) = b_2(mm) \times h(mm) \times L''(mm) \times \rho_f \left(\frac{g}{mm^3} \right)$$

(II.02)

b_2 : largeur d'éprouvette

h : l'épaisseur de pièce

L'' : longueur d'éprouvette

ρ_f : densité

A.N.:

$$w = 20 \times 4 \times 0.150 \times 1.3$$

$$w = 15.6g$$

$$d = \frac{15.6^{\frac{1}{2}} \times 21^{\frac{1}{4}}}{3.7} = 2.3$$

Ce diamètre est trop faible celons l'équation de pression créée lors du remplissage de la roue est donnée par la loi de hagen-poiseuille :

$$P_i(t) = \frac{8\mu Q}{\pi R_0^4} Z(t) = \frac{8\mu Q^2}{\pi^2 R_0^6} t$$

(II.03)

Où $t = t_0$, le canal est plein ($z = L_r$)

$$t_0 = \frac{\pi R_0^2 L_r}{Q} \quad P_i(t_0) = \frac{8\mu Q L_r}{\pi R_0^4}$$

(II.03a)

Pour $t > t_0$, le canal est pleine et la perte de charge le long de le canal est toujours constante :

$$\Delta P_r = P_i - P_0 = \frac{8\mu Q L_r}{\pi R_0^4}$$

(II.03b)

Après avoir calculé le diamètre du canal dans l'équation (II.01), nous avons vérifié ce diamètre avec l'équation (II.03) de hagen-poiseuille , sur la base du tableau indicatif de la longueur du canal en fonction de son diamètre équivalent, nous comparons la longueur du canal et la viscosité élevée du polymère. Nous avons choisi la première ligne, où le diamètre du canal représente 3 mm

$$d = 3 \text{ mm}$$

II.2.2.2 Seuils d'injection : [19]

Le seuil est la porte d'entrée du flux de polymère fondu dans les cavités du moule, il est généralement :

- Le canal le plus mince où le matériau coule
- Placé dans un point non visible et non fonctionnel ou critique de la pièce Dimensionnée par rapport à :
- L'épaisseur la plus mince de la pièce.
- Les propriétés du flux polymérique (viscosité, température, rétrécissement, etc.)
- La restriction de la section d'écoulement au niveau du seuil provoque une croissance significative de la température du polymère qui est généralement utile pour remplir les parois minces de la pièce et reporter la solidification du matériau dans cette zone.
- Les seuils peuvent avoir de nombreuses configurations différentes mais ils sont globalement regroupés, en fonction de la méthode de retrait de seuil, en seuils découpés manuellement ou automatiquement.
- Les seuils découpés manuellement nécessitent qu'un opérateur détache les pièces des canaux d'alimentation au cours d'une opération complémentaire.
- Les seuils découpés manuellement sont utilisés pour les raisons suivantes:
 - Le seuil est trop gros pour être cisailé de la pièce car l'outil est ouvert.
 - Certaines matières sensibles au cisaillement, telles que le PVC, ne doivent pas être exposées à des taux de cisaillement élevés inhérents à la conception des seuils découpés automatiquement.
 - Une distribution d'écoulement simultanée sur un large front pour obtenir une orientation des fibres ou des molécules spécifiques exclut souvent coupe automatique du seuil.

En a choisi seuil d'arête ou standard :

ce modèle a été choisi car il est le plus adapté et le plus simple pour la voie des polymères

Dimensions:

En général, l'épaisseur de seuil (H) est de 25 à 75 pour cent de l'épaisseur de la pièce, et la largeur est généralement de deux à dix fois l'épaisseur. L'appui du seuil doit être court, en général de 0,5 à 1,0 mm de long. Les pièces plus grandes peuvent avoir des longueurs d'appui plus grandes.

- Calcule (H) :

$$H = Np \times 0.5$$

(II.04)**H** : épaisseur de seuil**Np** : nombre des éprouvettes

$$4 \times 0.5 = 2$$

$$H = 2mm$$

- Largeur de seuil égale :

$$l = d \times 1.192$$

(II.05)**l** : largeur de seuil**A.N :**

$$3 \times 1.192 = 3.75$$

$$l = 3.57mm$$

Qui le même avec largeur de canal

g : longueur de seuil est égale

$$g = 1mm$$

II.2.2.3 La carotte et la buze (Sprue Bushing ,Nozzle) : [19]

L'alimentation standard ou avec déchets : Il s'agit de la carotte et tous les canaux qui alimentent les cavités du moule. Ils sont réalisés directement dans la plaque du moule et doivent être démoulés avec la pièce après chaque injection. Ce type d'alimentation minimise le coût de l'outillage mais engendre un déchet qui est la matière utilisée pour les canaux à chaque moulée et qui doit être récupérée et recyclée ultérieurement.

Ce type de canaux d'alimentation est généralement composé de trois parties distinctes :

1. La buse moule (Sprue Bushing): située dans l'axe de l'outillage et vient en contact avec la buse machine ou le nez (Nozzle) de la presse lors du remplissage de l'empreinte et du compactage. La buse moule engendre alors la carotte
2. Les canaux d'injection : canaux distribuant la matière dans l'outillage, en général ils se situent au niveau du plan de joint

3. Les seuils : restriction permettant la rupture entre l'alimentation et la pièce.

- calcul du dimensionnement des canaux primaires.



$$o_2 = o_1 + L'(\tan 4.29^\circ)$$

(II.06)

o_2 : grand daimetre

o_1 : petite daimetre

L' : longueur de carotte (mm)

A.N.:

$$o_1 = 3\text{mm}$$

$$o_2 = D = 6\text{mm}$$

On calcule longueur de carotte :

$$L'(\tan 4.29^\circ) = o_2 - o_1$$

(II.06a)

$$L' = \frac{o_2 - o_1}{\tan 4.29^\circ} = \frac{6 - 3}{0.075} = 40$$

$$\underline{\underline{L' = 40\text{mm}}}$$

- la buze

Après avoir mesuré la profondeur du placement du la buze, qui égale 20 mm

Donc en perce a long de pièce

Perçage = 20 mm

$$L_b = 20mm$$

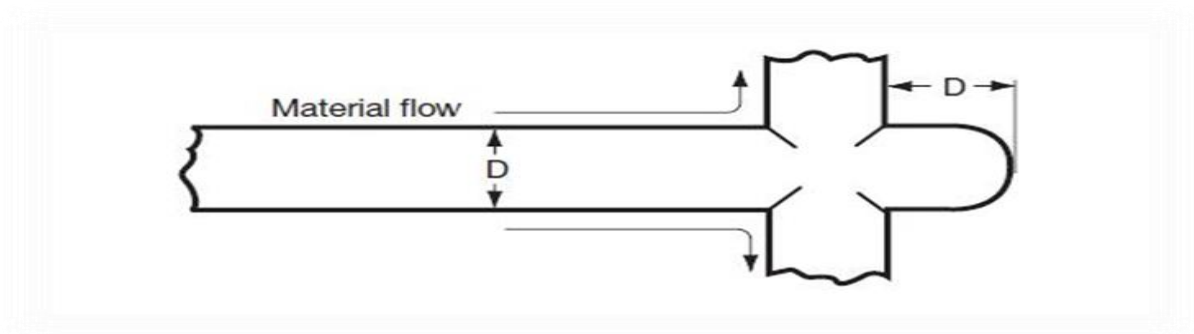
Diamètre de trou : $2mm < o_1$

Le diamètre du trou de carotte o_1 doit être 0.5mm à 1 mm plus grand que le diamètre o_3 du trou de la buze de la machin d'injection

o_3 : diamètre de trou

$$o_3 = 2mm$$

Piège de la goutte froide : C'est un trou froid à la fin du canal comme montré sur la figure, il permet de collecter et piéger le polymère de mauvaise qualité transporté par front d'écoulement.



Si on multiplie Le nombre de carneaux par la surface de disque

$$D = 4 \times \frac{\pi D^2}{4}$$

(II.07)

Simplifié l'équation (II.07)

$$\frac{4\pi d^2}{4} = \frac{\pi D^2}{4} \leftrightarrow 4d^2 = D^2$$

(II.07a)

Et en utilisant la racine, on obtient :

$$\sqrt{4d^2} = \sqrt{D^2} = 2d$$

(II.07b)

D: diamètre de la goutte froide

d : diamètre de canaux

A.N :

$D = 2d = 2 \times 3$

 $D = 6mm$

II.3 ANALYSE DES CONTRAINTES

II.3.1 Calcul de l'écrou [16]

Les trois modes de faillite possibles des filets sont :

- le cisaillement à la base des filets de la vis
- le cisaillement à la base des filets de l'écrou
- l'usure des filets due à la pression de contact

. C'est en prenant un écrou suffisamment long que l'on évitera la faillite. Par conséquent. On choisira la longueur la plus grande parmi Celles que l'on a obtenues en calculant ces trois modes de faillite.

II.3.2 Cisaillement des filets de la vis [16]

Pour ce qui est du Cisaillement a la base des filets de la vis. On a :

$$\tau = \frac{F_a}{\pi d_r t n}$$

(II.08)

Où

t = l'épaisseur du filet à la racine,

n = le nombre de filets recouverts par l'écrou. La résistance permise en cisaillement τ_{max} peut être obtenue par le critère de l'énergie de distorsion (matériau ductile) avec Un facteur de sécurité **FS** comme étant :

$$\tau_{max} = \frac{0.577 S_y}{FS}$$

(II.09)

La longueur nécessaire de l'écrou, afin d'éviter le cisaillement des filets de la vis. L_{ev} , sera donc obtenue de ces deux dernières équations

$$L_{ev} = n p = \frac{P F F S}{0.557 S_y \pi d_r t} \quad (\text{II.10})$$

Où P est le pas. FS le facteur de sécurité. S_y La limite d'écoulement du matériau de la vis et t l'épaisseur du filet à la racine

II.3.3 Cisaillement des filets de l'écrou [16]

Un raisonnement semblable permet d'obtenir la longueur nécessaire de l'écrou si on veut éviter le cisaillement des filets de l'écrou (L_{ee})

$$L_{ee} = n P = \frac{P F F S}{0.557 S_y \pi d t} \quad (\text{II.11})$$

$$L_{ee} = n P = \frac{P F F S}{S_{ut} \pi d t} \quad (\text{matériau fragile}) \quad (\text{II.12})$$

Les symboles ont la même signification que ceux de l'équation (IV.29). Cependant, S_y (ou s_{ut}) s'applique au matériau de l'écrou et d le diamètre extérieur de la vis.

II.3.4 assemblage boulonnées [16]

Le boulon est un élément de montage très utilisé pour joindre deux composantes d'un système. Il permet d'effectuer la dépose non destructive des assemblages. Comme le manufacturier fabrique généralement les boulons en grande série, le problème consiste donc à choisir un boulon, plutôt qu'à le concevoir.

II.3.5 Résistance Des Boulons [16]

En ce qui concerne la résistance, les boulons **SI** sont regroupés dans des classes identifiées par deux nombres. Le premier représente la résistance en traction, en **MPa** divisée par cent. Le second exprime dix fois le rapport entre la limite minimale d'élasticité S_p et la résistance minimale en traction S_u . Ainsi, un boulon de classe 5.8 a une résistance à la traction d'environ 500 MPa et une limite d'élasticité d'environ 400 MPa. Le Tableau **II.02** donne les résistances des boulons SI relatives aux classes les plus courantes. Pour ce qui est du système anglo-saxon, la SAE a établi des classes de qualité (des grades) en utilisant des chiffres croissant de 1 à 8 en fonction de la résistance. Le Tableau **II.03** donne les résistances des boulons fabriqués suivant le système anglais ainsi que l'identification symbolique correspondante sur la tête des boulons. Il existe une certaine correspondance entre les classes des deux systèmes. Sont à peu près équivalents : la classe 4.6 et le grade 1, la classe 5.8 et le grade 2, la classe 8.8 et le grade 5, et la classe 10.9 et le grade 8.

Classes de qualité des écrous												
qualité des écrous		04	05		06	08	09		10	12		
contrainte d'épreuve ou charge limite en N/mm ²		400	500		600	800	900		1 000	1 200		
vis conjuguées	classe	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	8.8	9.8	10.9	12.9
	diamètres <i>M</i>	> 16	≤ 16		tous	tous	tous	16 < <i>M</i> ≤ 39	≤ 16	tous	≤ 39	

Tableau II.03: Résistance des boulons SI relative aux classes les plus courantes [17]

marquage des têtes	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
classes de résistance	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
limite élastique R_e N/mm ² ou MPa	180	240	320	300	400	480	640	720	900	1 080
limite à la rupture R_r N/mm ² ou MPa	330	400	420	500	520	600	800	900	1 040	1 220
A%	25	22	14	20	10	8	12	10	9	8
 $R_e = R_r \times \frac{Y}{10}$ (en N/mm ²) $R_e = S \times Y$ (daN/mm ²)						$R_r \approx 100 \times S$ (en N/mm ²)				
						 vis CHc				
										

Tableau II.04: Classes de qualité des vis et des écrous [17]

Généralement, les boulons ne doivent pas subir une déformation plastique importante avant de se rompre. C'est pourquoi les boulons des classes supérieures à la classe 5.8 (ou au grade 2) ont une courbe force déformation qui n'a pas de point d'écoulement très bien défini

Dans ces conditions, si la charge est statique, la pré-charge minimale devrait être égale à 90% de la charge éprouvée S_p , A_t (proof strength) et A_t la surface de traction des boulons donnée aux Tableaux II.02 et II.03.

$$F_i = 0,9 * S_p * A_t$$

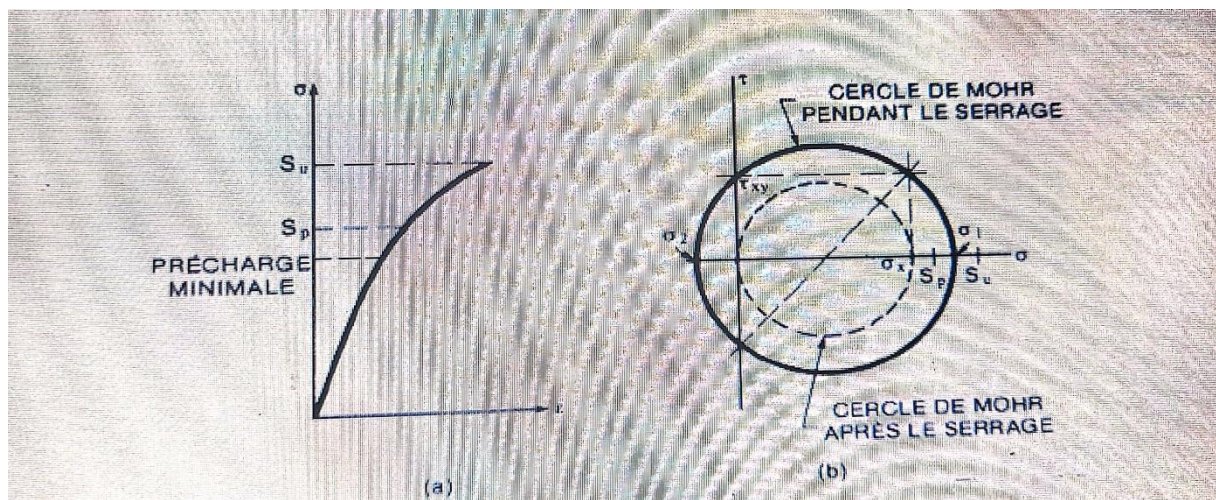


Figure II 5: (a) Courbe de σ - ϵ typique relative à un boulon,(b) cercle de mohr concernant le serrage d'un boulon

le diamètre à la racine d comme étant :

$$d_3 = \text{diamètre nominal} - 0.54127 p * 2$$

II.3.6 Normalisation de la dimension des boulons : [16]

Quel que soit le système (SI ou anglais) , les boulons sont soumis à des normes de fabrication relatives aux dimensions et à la résistance. Pour ce qui est du système international, Le profil SI est défini à la figure **II.05** un triangle équilatéral de côté égal au pas et ayant sa base parallèle à l'axe du filetage. Le filet SI possède un plat égal à $p/8$ à sa partie extérieure et un plat de $p/4$ à sa partie intérieure. Le profil Américain National ou Unified est également présenté à la figure **II.05** sous la forme d'un triangle équilatéral. Ces deux types de filets, dans le système anglais, diffèrent seulement par des détails mineurs touchant particulièrement les tolérances. Les filets SI et Unified ne sont cependant pas interchangeables. Dans le SI, Les boulons sont désignés par la lettre M '(métrique) suivie de deux nombres représentant le diamètre nominal (en millimètres) et la pas (lui aussi en millimètres).

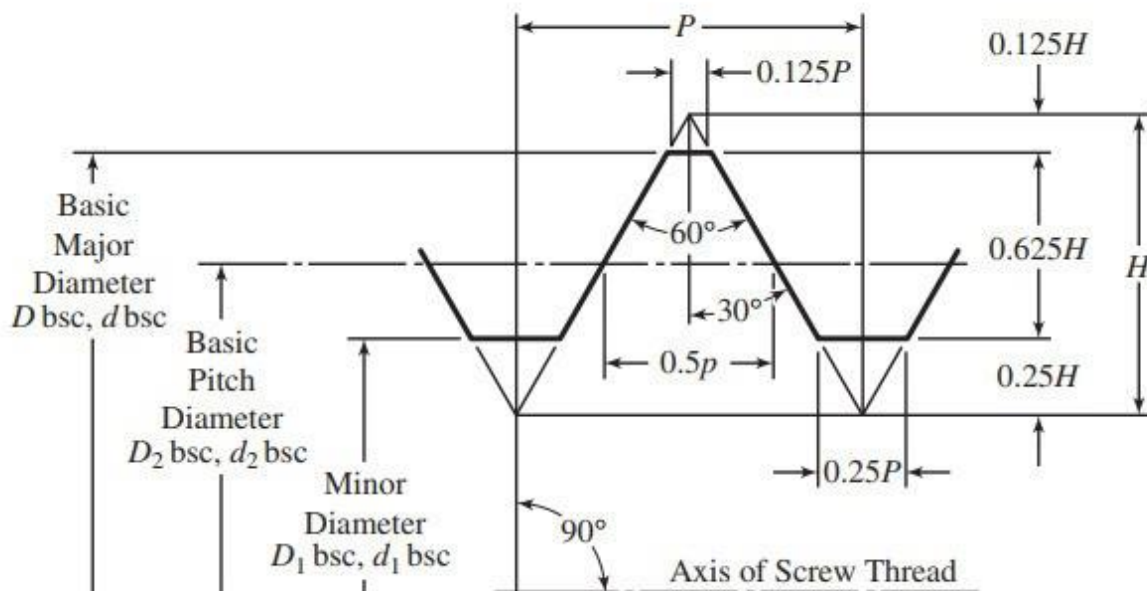


Figure II.06: Filets SI et UNIFIED (of American National) [18]

II.3.6.1 La contrainte de cisaillement :

La contrainte de cisaillement dans le boulon lors du serrage est.

$$\tau_{xy} = \frac{16T_b}{\pi d_r^3}$$

(II.12)

$$T_b = 0,5 \cdot T$$

(II.12a)

II.3.6.2 Facteurs de sécurité

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

(II.13)

Au serrage :

$$f_s = \frac{S_u}{\sigma_1}$$

(II.14)

Après le serrage :

$$f_s = \frac{S_u}{\sigma_x}$$

(II.15)

II.3.6.3 Calcul de la pré-charge d'un boulonnage

Pour le démarrage juste, le but de ce calcul est les forces de serrage différent les forces décollement

$$F_s \neq F_{\text{décollement}}$$

Equivalent ;

$$\Delta l_{\text{alésage}} > \Delta l_{\text{vis sous } F_d}$$

Allongement de vis :

$$\Delta l = \frac{F \times l}{E \times S}$$

(II.16)

F : force de pression

l : longueur de vis

E : module de Young, vis en acier : **E=210 GPA**

S : section de noyau

Premier chose à faire calcule la section de vis

- Hauteur de filet

$$h = \frac{0.5}{\tan 30} = 0.63 \text{ m}$$

Nous connaît le diamètre de vis qui M8 donc égale 8 mm

Donc le diamètre de noyau égale deux Foix l'auteur de filet, et qui argumenté dans ce tableau **II.05**.

$$D_3 = 6.466 \text{ mm}$$

Nom		I.FILETAGE METRIQUE ISO A FILET TRIANGULAIRE					PJ
Filetage métrique ISO, filet triangulaire à pas gros				Tableau 1			
nominal d = D (mm)	Pas gros P (mm)	Ø sur flancs d ₂ = D ₂	Ø noyau vis d ₃ (mm)	Section résistante Seq* (mm²)	Ø intérieur écrou D ₁ (mm)	Pas fins recommandés	
1	0,25	0,838	0,693	0,460	0,729		
(1,1)	0,25	0,938	0,793	0,588	0,829		
1,2	0,25	1,038	0,893	0,732	0,929		
(1,4)	0,30	1,205	1,032	0,983	1,075	0,2	
1,6	0,35	1,373	1,171	1,27	1,221	0,2	
(1,8)	0,35	1,573	1,371	1,70	1,421	0,2	
2	0,4	1,740	1,509	2,07	1,567	0,25	
(2,2)	0,45	1,908	1,648	2,48	1,713	0,35	
2,5	0,45	2,208	1,948	3,39	2,013	0,35	
3	0,5	2,675	2,387	5,03	2,459	0,35	
(3,5)	0,6	3,110	2,764	6,78	2,850	0,35	
4	0,7	3,545	3,141	8,78	3,242	0,5	
(4,5)	0,75	4,013	3,580	11,3	3,688	0,5	
5	0,8	4,480	4,019	14,2	4,134	0,5	
6	1	5,350	4,773	20,1	4,918	0,75	
(7)	1	6,350	5,773	28,9	5,918	0,75	
8	1,25	7,188	6,466	36,6	6,647	1-(0,75)	
10	1,5	9,026	8,160	58,0	8,376	1,25-(1-0,75)	
12	1,75	10,863	9,853	84,3	10,106	1,5-(1,25-1)	
(14)	2	12,701	11,546	115	11,835	1,5-(1,25-1)	

Tableau II.05 : FILETAGE METRIQUE ISO A FILET TRIANGULAIRE

Ou bien section de noyau égale

$$S_n = \frac{\pi \times 6.466^2}{4} = 32.82mm^2$$

(II.17)

Application numérique :

$$\Delta l_{vis} = \frac{\sigma_p \times l}{E_{vis} \times S_{noy}}$$

(II.18)

Les données : nous avons utilisé les résultats de la mémoire de nos collègues l'année dernière.

$$\sigma_p = 157.805 \text{ MPA}$$

$$l = 35 \text{ mm}$$

$$E_{vis} = 210000 \text{ MPA}$$

$$S_{noy} = 32.82 \text{ mm}^2$$

$$\gg \frac{157.805 \times 35}{210000 \times 32.82} = 0.000797 \text{ mm}$$

$$\underline{\underline{\Delta l_{vis} = 0.000797 \text{ mm}}}$$

Donc,

$$\Delta l_{vis} < \Delta l_{alésage}$$

$$0.000797 < \frac{F_s \times l}{E_{alésage} \times S_{alésage}}$$

(II.19)

$$S_{alésage} = \frac{\pi \times (19.5^2 - 8.5)}{4} = 291.9717 \text{ mm}^2$$

$$\underline{\underline{S_{alésage} = 291.9717 \text{ mm}^2}}$$

$$F_{serrage} > \frac{0.000797 \times E_{alésage} \times S_{alésage}}{l}$$

(II.20)

$$\gg \frac{0.000797 \times 210000 \times 291.9717}{35} = 1396 \text{ MPA}$$

$$F_{\text{serrage}} = 1396 \text{ MPA}$$

alors on regarde le classe de qualité 5.6 dans ce tableau dessous qui permet de transmettre cette effort de serrage se qui vue on dire comme conclusion :

cette boulon peut résister a la force de compression de la machine d'injection de polymère évaluée a **157 MPA**, car nous avons trouvé la pression appliquée **1396 MPA** inferieur a la force de tension maximal de la boulon, $F_o = 7145$ MPA

$$F_{\text{serrage}} < F_o$$

ISO 272			Classes de qualité boulonnerie acier ISO 898-1														FACOM	
d mm	ISO mm	mm	5.6		5.8		6.8		8.8		9.8		10.9		12.9			
			Cs	Fo	Cs	Fo	Cs	Fo	Cs	Fo	Cs	Fo	Cs	Fo	Cs	Fo		
1,6**	0,35	3,2	0,075	234	0,105	327	0,12	374	0,16	499	0,18	561	0,235	732	0,275	857		
2**	0,4	4	0,159	388	0,222	544	0,254	621	0,339	829	0,381	932	0,498	1 217	0,582	1 424		
2,5**	0,45	5	0,33	648	0,463	907	0,529	1 036	0,705	1 382	0,793	1 555	1,04	2 030	1,21	2 375		
3	0,5	5,5	0,57	972	0,8	1 362	0,91	1 556	1,21	2 075	1,38	2 335	1,79	3 048	2,09	3 567		
4	0,7	7	1,3	1 685	1,83	2 359	2,09	2 696	2,78	3 594	3,16	4 044	4,09	5 279	4,79	6 178		
5	0,8	8	2,59	2 759	3,62	3 862	4,14	4 414	5,5	5 886	6,27	6 626	8,1	8 645	9,5	10 116		
6	1	10	4,49	3 891	6,2	5 448	7,1	6 226	9,5	8 302	10,84	9 334	14	12 194	16,4	14 269		
8	1,25	13	10,9	7 145	15,2	10 003	17,4	11 432	23	15 242	26,34	17 146	34	22 388	40	26 198		
10	1,5	16	21	11 379	30	15 930	34	18 206	46	24 275	52	27 313	67	35 655	79	41 724		
12	1,75	18	37	16 594	52	23 231	59	26 550	79	35 401	90	39 835	116	51 995	136	60 845		
14	2	21	59	22 789	83	31 905	95	36 463	127	48 618	143	54 570	187	71 408	219	83 563		
16	2	24	93	31 385	130	43 939	148	50 216	198	66 955	224	75 422	291	98 340	341	115 079		
18	2,5	27	128	38 123	179	53 373	205	60 998	283	83 746			402	119 454	471	139 787		
20	2,5	30	182	49 039	254	68 655	291	78 463	402	107 941			570	153 657	667	179 811		
22	2,5	34	250	61 326	350	85 857	400	98 123	552	134 806			783	192 157	917	224 865		
24	3	36	313	70 616	438	98 863	500	112 986	691	155 489			981	221 266	1 148	258 928		
27	3	41	463	93 042	649	130 259	741	148 868	1 022	204 577			1 452	291 534	1 700	341 157		
30	3,5	46	628	113 045	880	158 263	1 005	180 872	1 387	248 811			1 969	354 209	2 305	414 500		
33	3,5	50	854	141 009	1 195	197 412	1 366	225 614	1 884	310 343			2 676	441 828	3 132	517 033		
36	4	55	1 096	165 409	1 534	231 573	1 754	264 655	2 418	363 974			3 435	518 282	4 020	606 501		
39	4	60	1 424	198 910	1 994	278 474	2 279	318 257	3 139	437 669			4 463	623 253	5 223	729 339		
42**	4,5	65	1 760	227 588	2 464	318 624	2 816	364 141	3 872	500 694			5 515	713 110	6 453	834 491		
45**	4,5	70	2 203	266 613	3 085	373 258	3 525	426 580	4 847	586 548			6 903	835 386	8 079	977 579		
48**	5	75	2 659	299 530	3 722	419 342	4 254	479 248	5 849	658 966			8 330	938 528	9 748	1 098 277		
52**	5	80	3 425	359 684	4 795	503 558	5 480	575 495	7 335	791 306			10 731	1 127 011	12 558	1 318 843		
56**	5,5	85	4 270	415 172	5 978	581 240	6 832	664 275	9 394	913 378			13 379	1 300 871	15 656	1 522 296		
60**	5,5	90	5 306	485 416	7 428	679 583	8 490	776 666	11 673	1 067 916			16 625	1 520 971	19 455	1 779 860		
64**	6	95	6 382	548 969	8 935	768 556	10 212	878 350	14 041	1 207 731			19 998	1 720 102	23 402	2 012 885		

Tableau II.06: serrage pour visserie riveteur [20]

Etant donné que nous avons utilisé des boulons du même classe, le résultat de durabilité est le même pour toutes les boulons qui assemble les pièces de moule.

II.4 Réalisation et assemblage les pièces

II.4.1 Le noyau du moule

On a utilisés un bloc parallélépipède en acier qui représente la forme principale d'un moule en trois dimensions 150*42*42 mm, où nous avons fabriqué dans la fraiseuse par une méthode de surfacage

En suit on a percé vingt-quatre trous taraudé dans chaque face quatre trous avec perceuse à colonne 550 w et percé un trou en axe de face intérieure qui est appelé la goute froid.

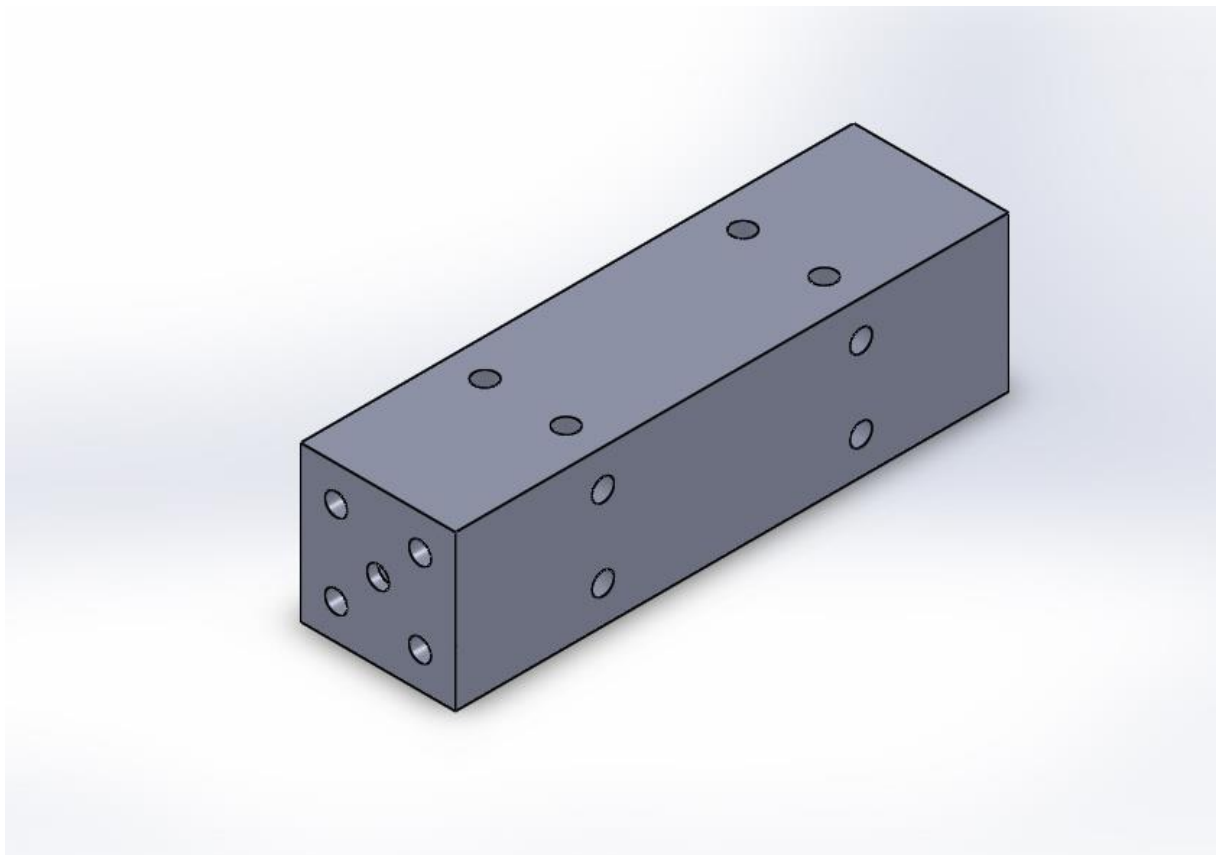
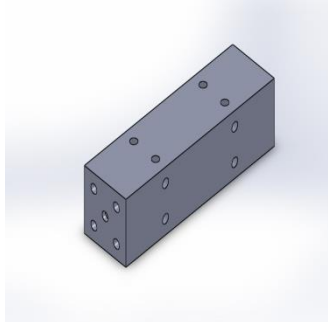
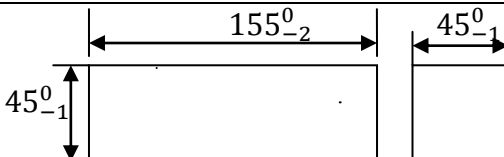
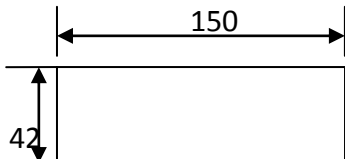
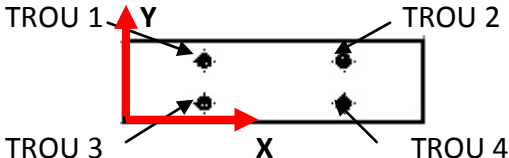
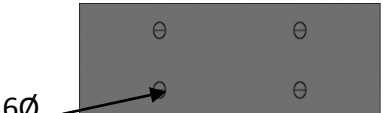


Figure II.07: Le noyau du moule

EXEMPLE D'UN GAME D'USINAGE NOYAU DE MOULE

AVANT-PROUJET D'ETUDE DE FABRICATION		PIECE	NOYAU DE MOULE	
Réalésé PAR : Zafzafi badereddine Houari daoud	DATE 08/10/2022	MATIER	ACIER	
phase	DESIGNATION	MACHINE	SCHEMA DE PHASE	
010	DEBIT SCIAGE SECTION 45mm × 45mm Lg 155mm	BANC DE SCIE Mécanique		
020	FRAISAGE Réalisation prisme 42mm × 42mm Lg 150mm	FRAISEUSE CONVENTIONNELLE		
030	FRAISAGE Pointer TROU 1 Pointer TROU 2 Pointer TROU 3 Pointer TROU 4	MINI MILL HAAS		
040	Perçage Taraudé LES QATRE TROU FILETAGE MITRIQUE 6 Ø	PERSSEUSE VERTICAL		

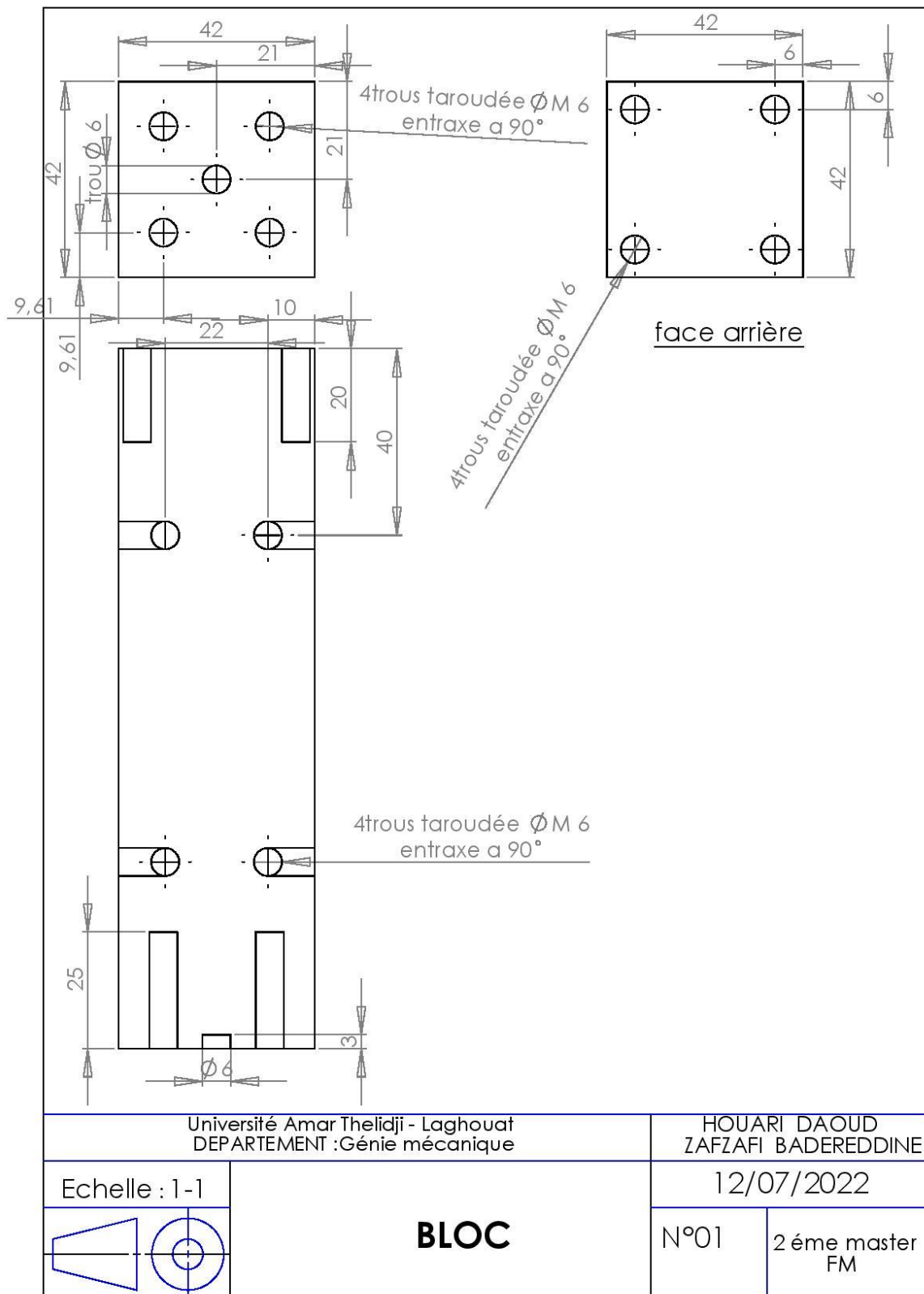


Figure II.08: Dessin technique du noyau

II.4.2 Les plaque

Nous avant fabriqué quatre petites plaques et quatre grandes plaques en acier de épaisseur 4 mm avec procédé de coupe « plasma ».

Et nous avons percé deux trous par la perceuse avec chanfrein 2mm par fraise à tige ronde à chaque plaque pour ajuster deux plaques sur chaque côté de bloc, qui présenté la forme d'éprouvette

ISO 527_2 type1B

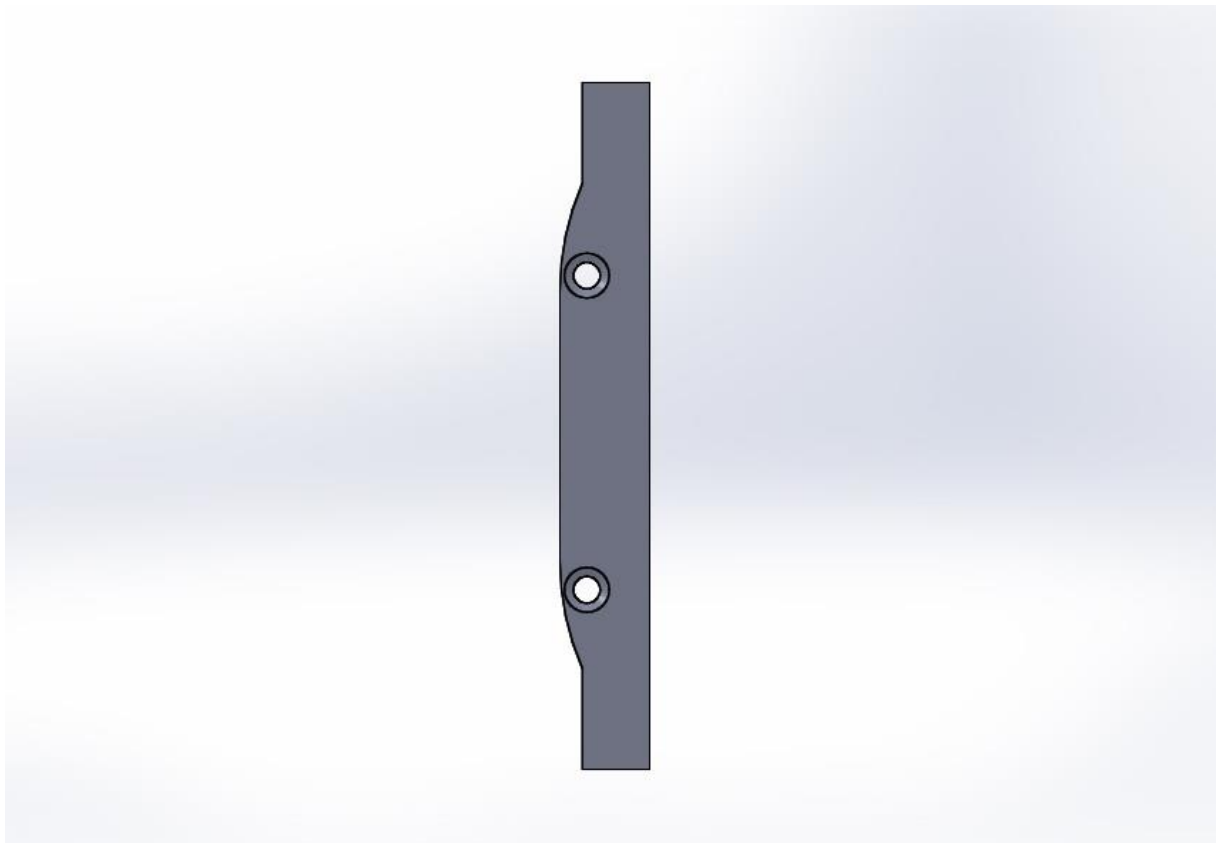


Figure II.09: la forme de plaque

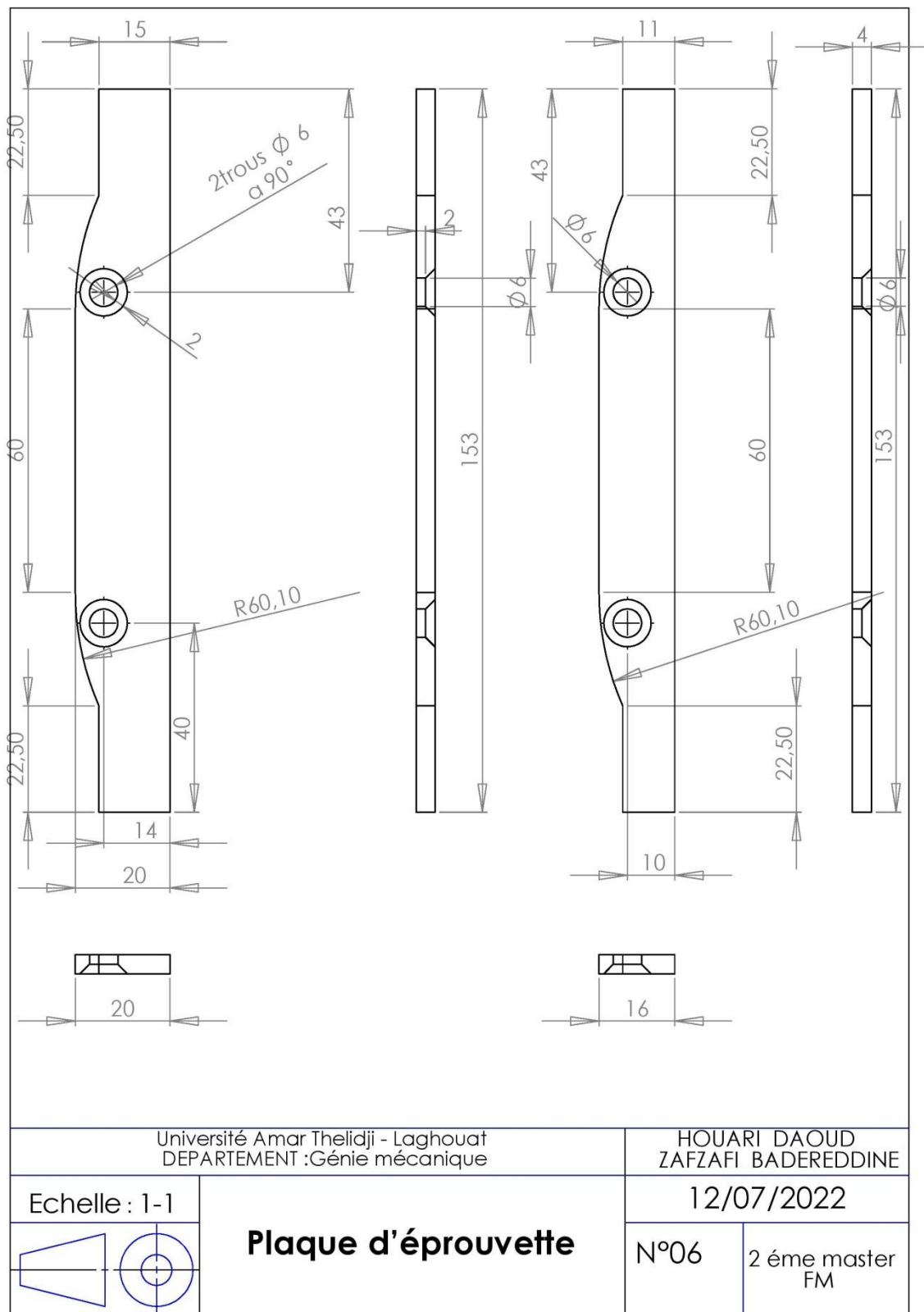


Figure II.10: Dessin technique du Plaque d'éprouvette

II.4.3 Plaque des canaux

En a prend une plaque en acier d'une épaisseur de 3mm, En suit on a percé par quatre trou dans la face intérieure de noyau, après cela couper des canaux d'alimentation à forme plus {+} par méthode de coupe (plasma) avec laissé 1 mm qui représente le seuil, où on à choisi la forme de canal « trapézoïde ».

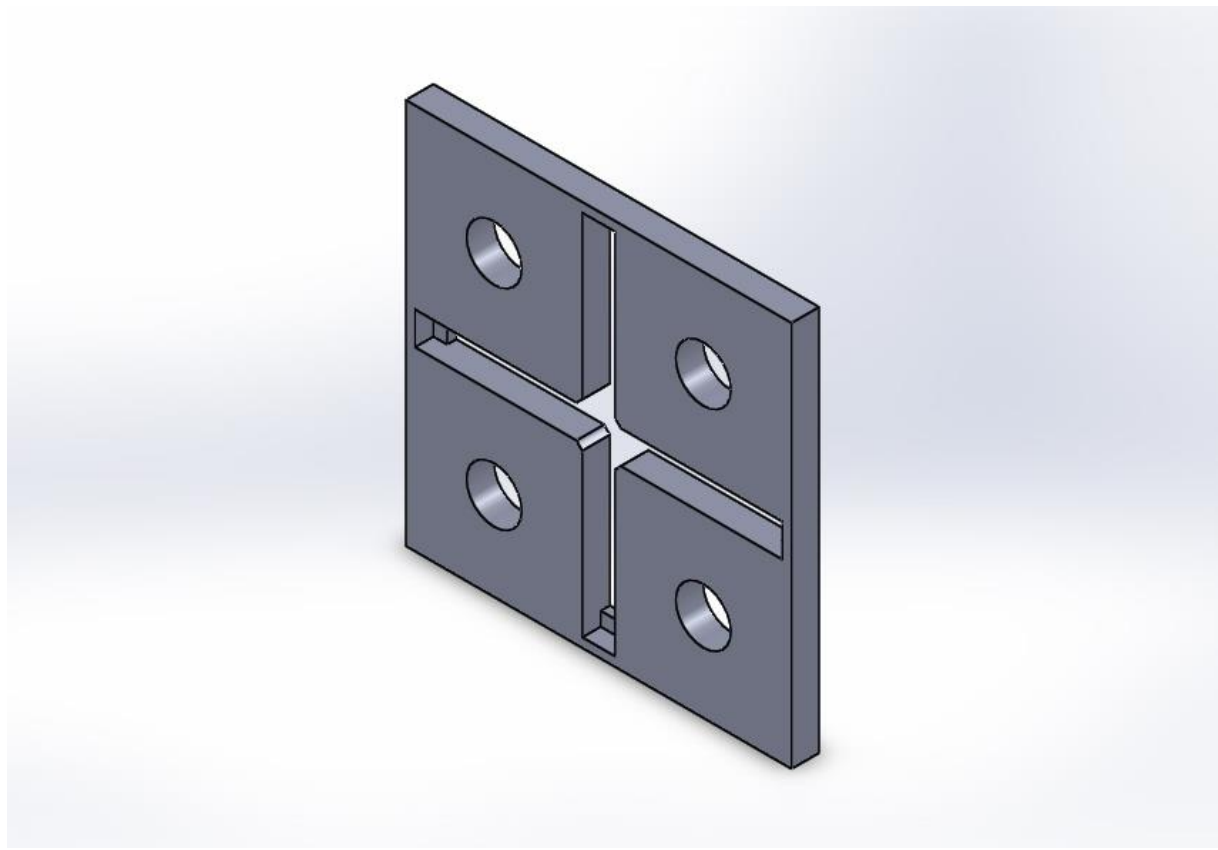


Figure II 11: Plaque des canaux

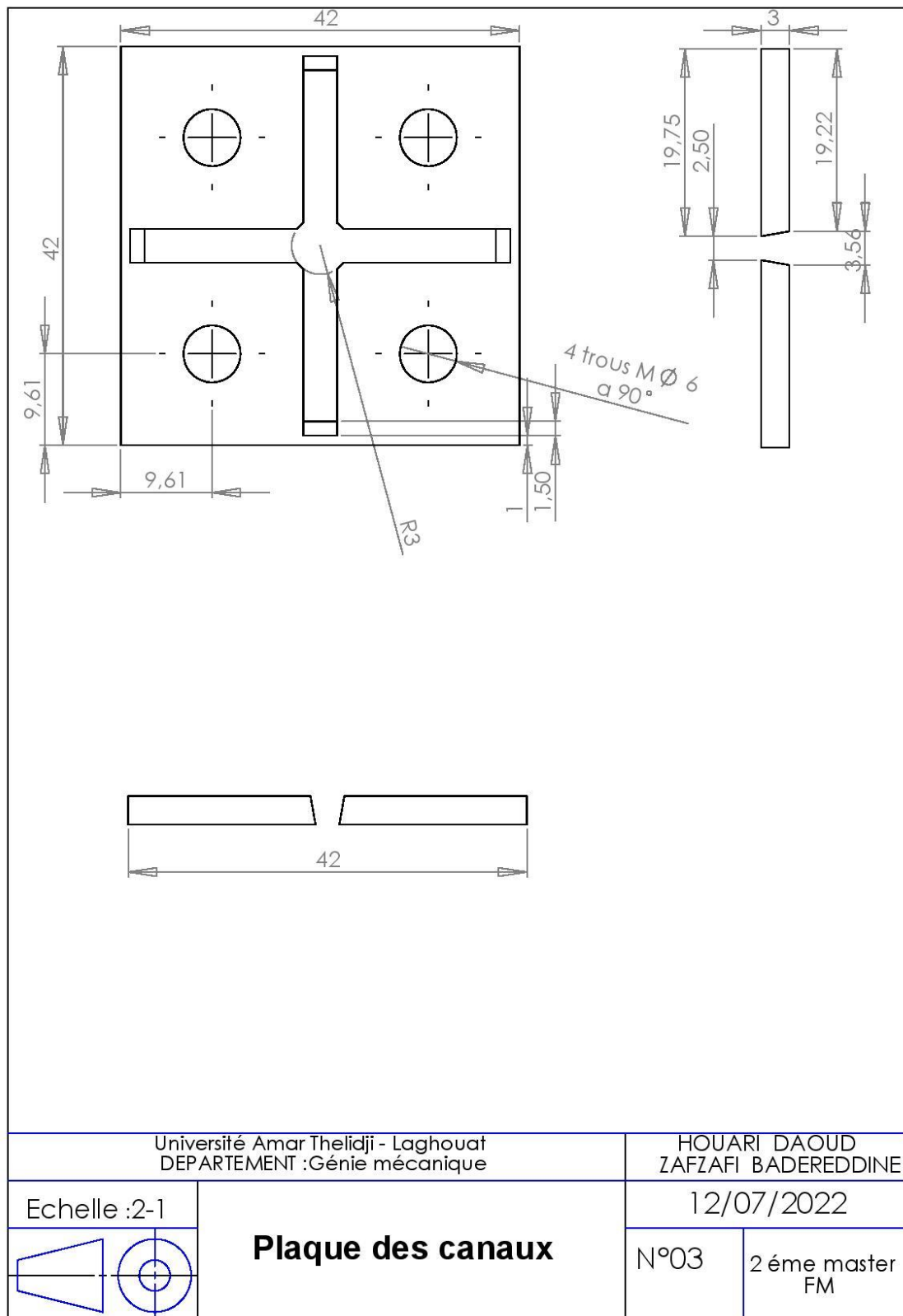


Figure II 12: Dessin technique du Plaque des canaux

II.4.4 Couver bloc

A cette étape des travaux, nous collectons Cinque pièces pour obtenir un bloc de couverture, qui à bien fini dans la fraise et sont rôle à fermer le vide du flux de polymère.

Nous prenons deux pièces de grande taille en forme de cuboïde, dans chaque plaque six trous creux, et les deux autres petites tailles avec six trous taraudé, où sont assemblé pour des boulons en acier classe 5.6 avec la procédé serrage des Boulons afin de résister à la force de pression et cisaillement causée par le appareille d'injection, Et puis on ajuter une pièce carrée dans la face arrière du bloc avec quatre boulon afin de fermer le moule tout en laissant une petite cavité « les 'évent » , par la lime dans les côtés sont considérés comme une sortie d'air.

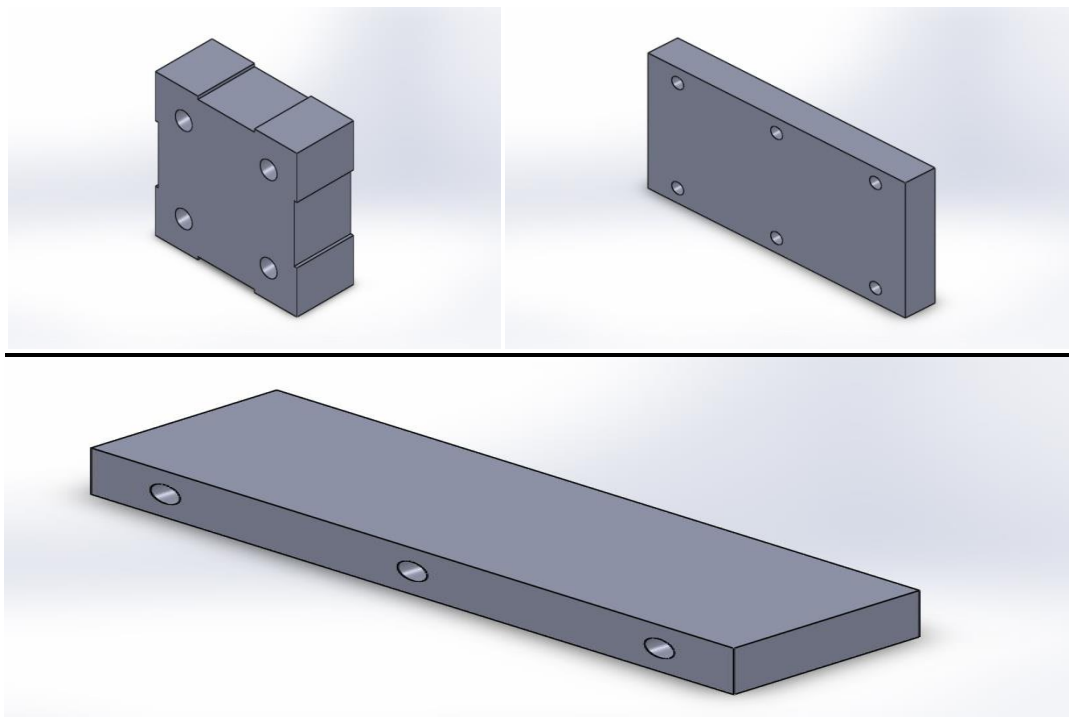


Figure II 13: Couver bloc

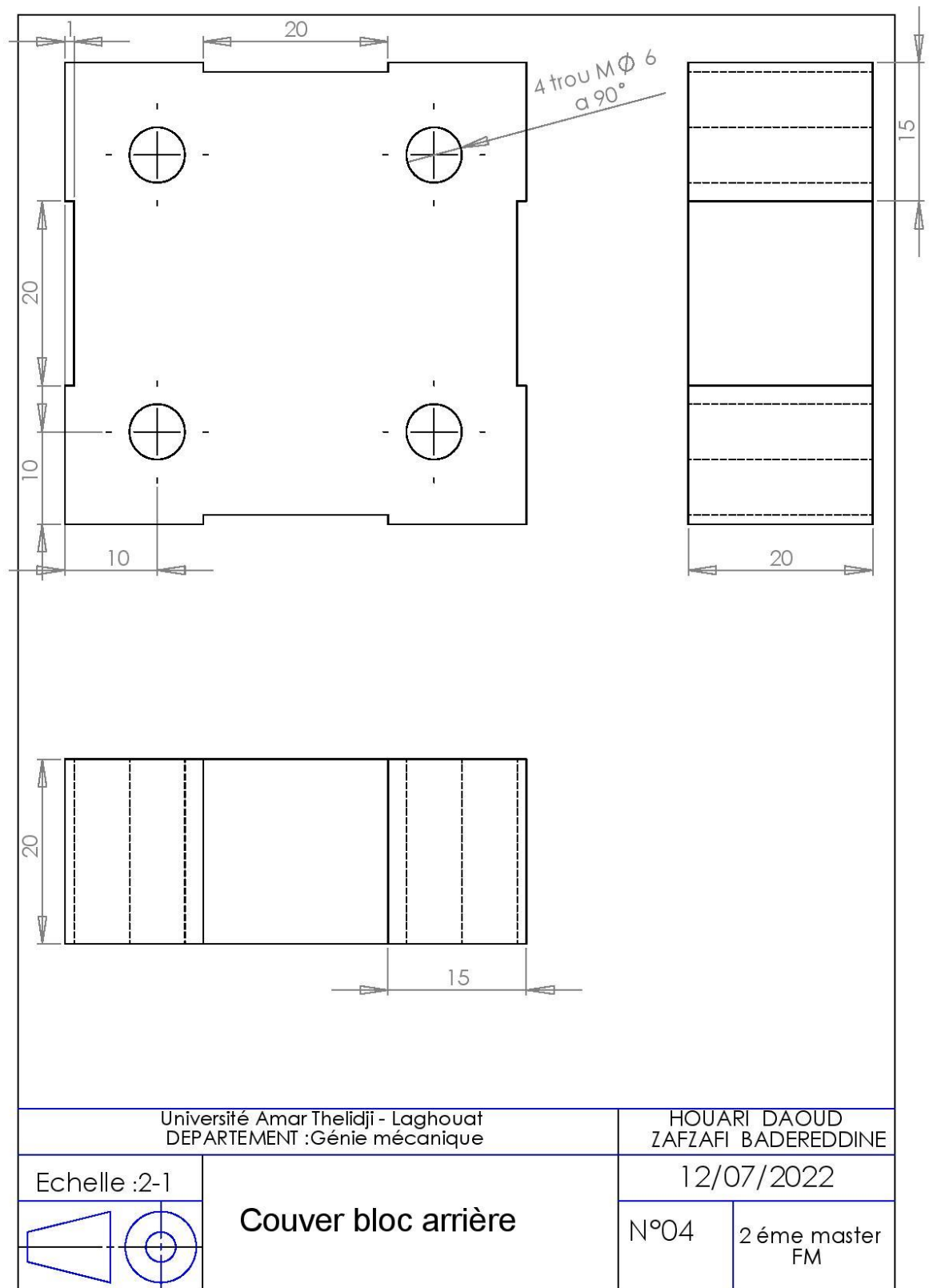


Figure II 14: Dessin technique du Couver bloc arrière

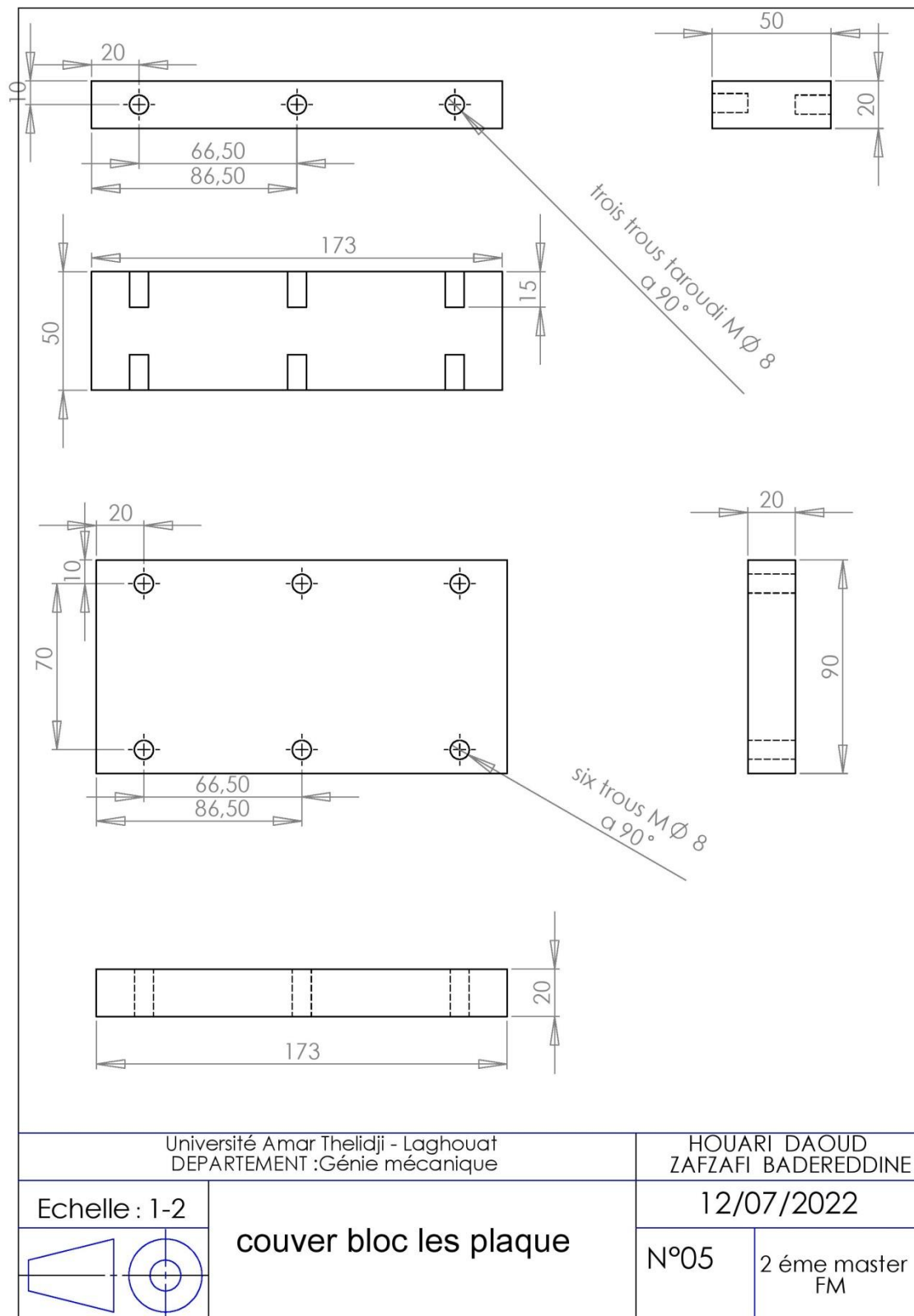


Figure II 15: Dessin technique du Couver bloc plaques

II.4.5 Les disques

Étant donné que l'arrière de la presse à main est de forme circulaire et que le moule que nous avons fabriqué est carré

Où une pièce circulaire doit être faite similaire aux dimensions du trou pour la sortie pour fixer la machine et le moule

En début de travail, nous avons pris un cylindre rempli que nous avons découpé au c mécanique dans des dimensions proches de ce dont nous avons besoin puis nous l'avons fixé sur le tour machine, puis nous avons réduit la longueur du chariotage et le diamètre du dressage de la méthode du montage en air

Après on a tracé point center dans l'axe par poupée mobile
Puis nous avons percé un trou conique du montage mixte le long du disque, qui représente la carotte.

Ensuite on passe à la perceuse pour percer quatre petits trous au milieu pour fixer le disque intérieur sur la face du moule et quatre gros trous dans les deux disques pour fixer avec la presse

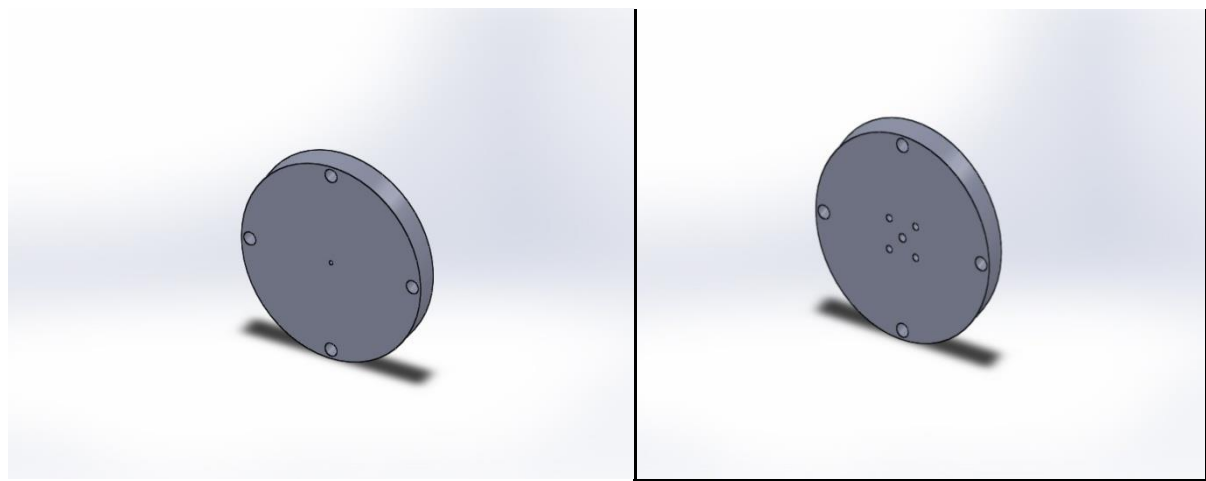


Figure II 16: Les disques

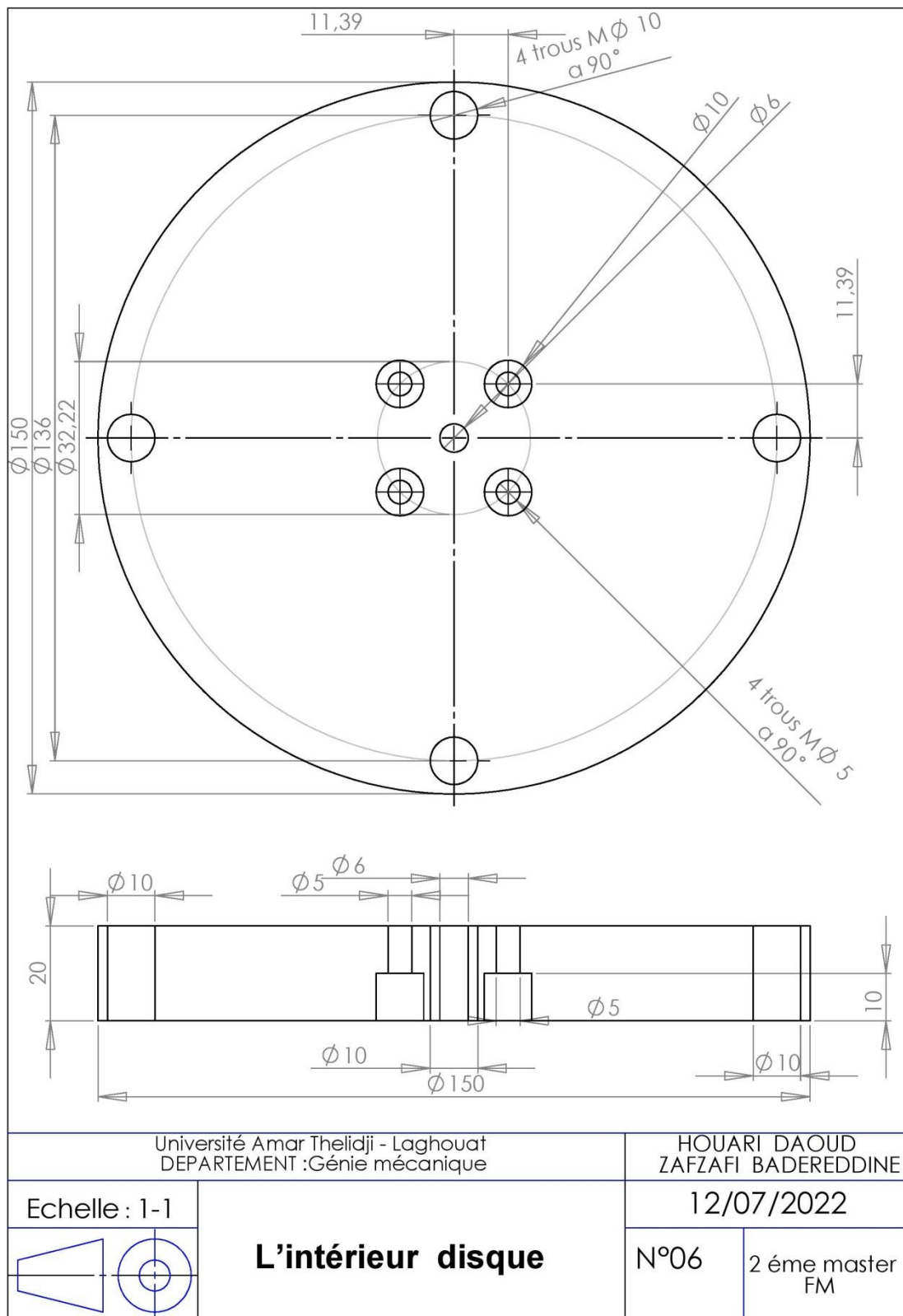


Figure II 17: Dessin technique du L'intérieur disque

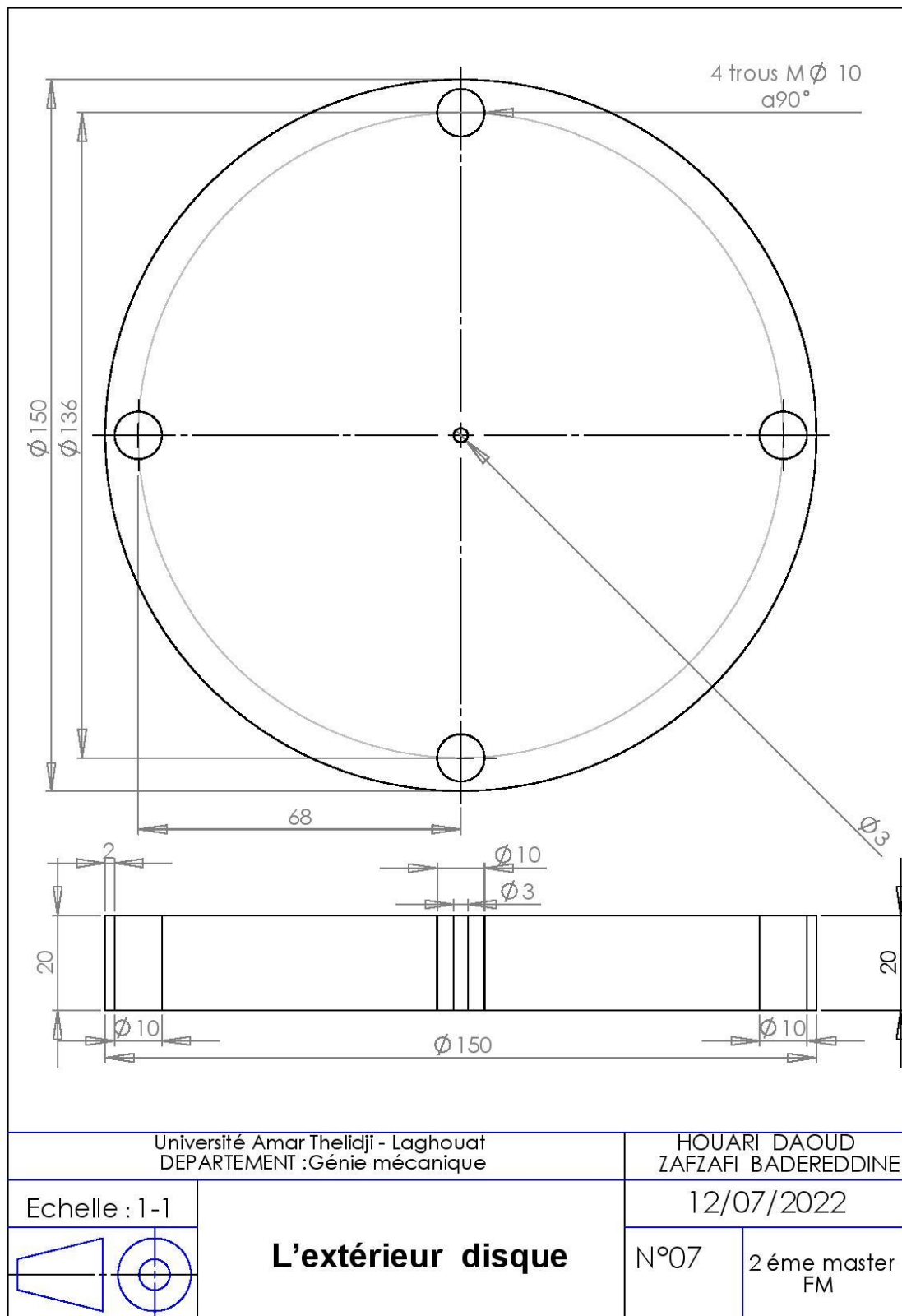


Figure II 18: Dessin technique du L'extérieur disque

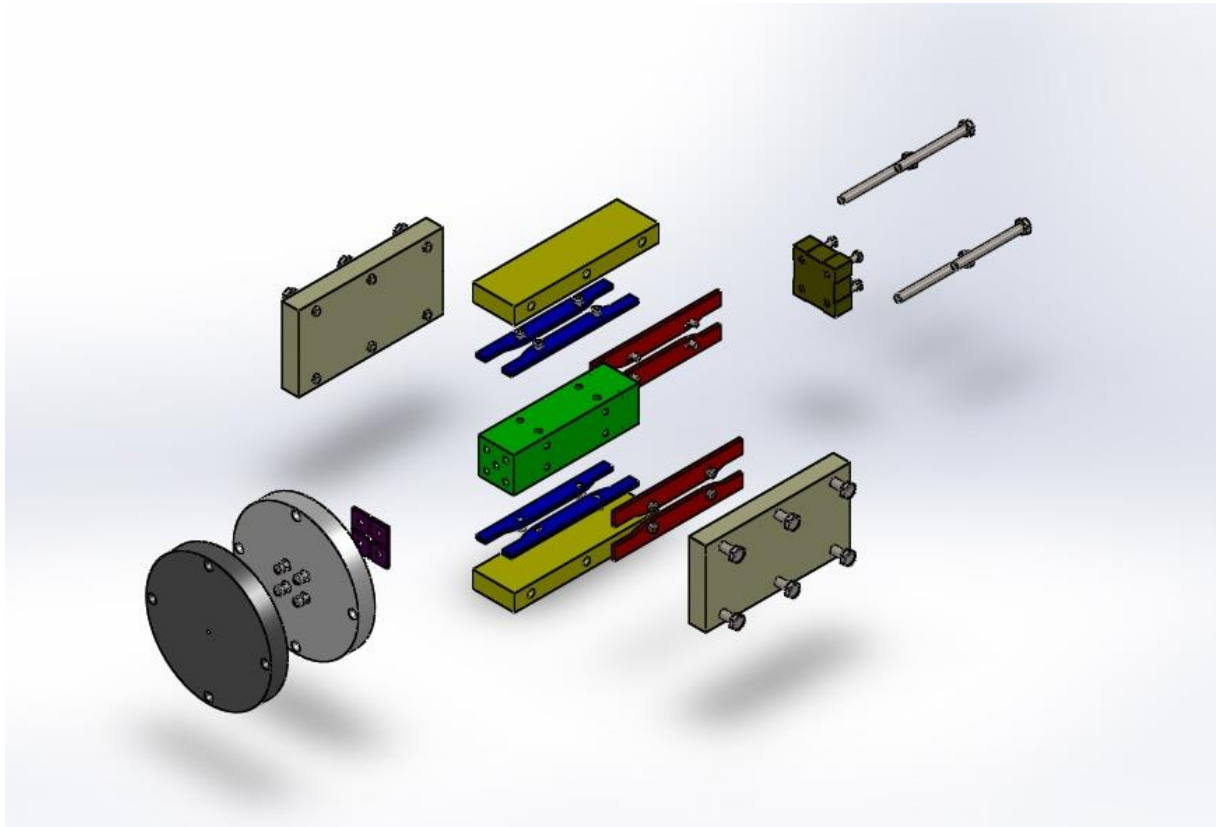


Figure II 19: vue éclate de la moule

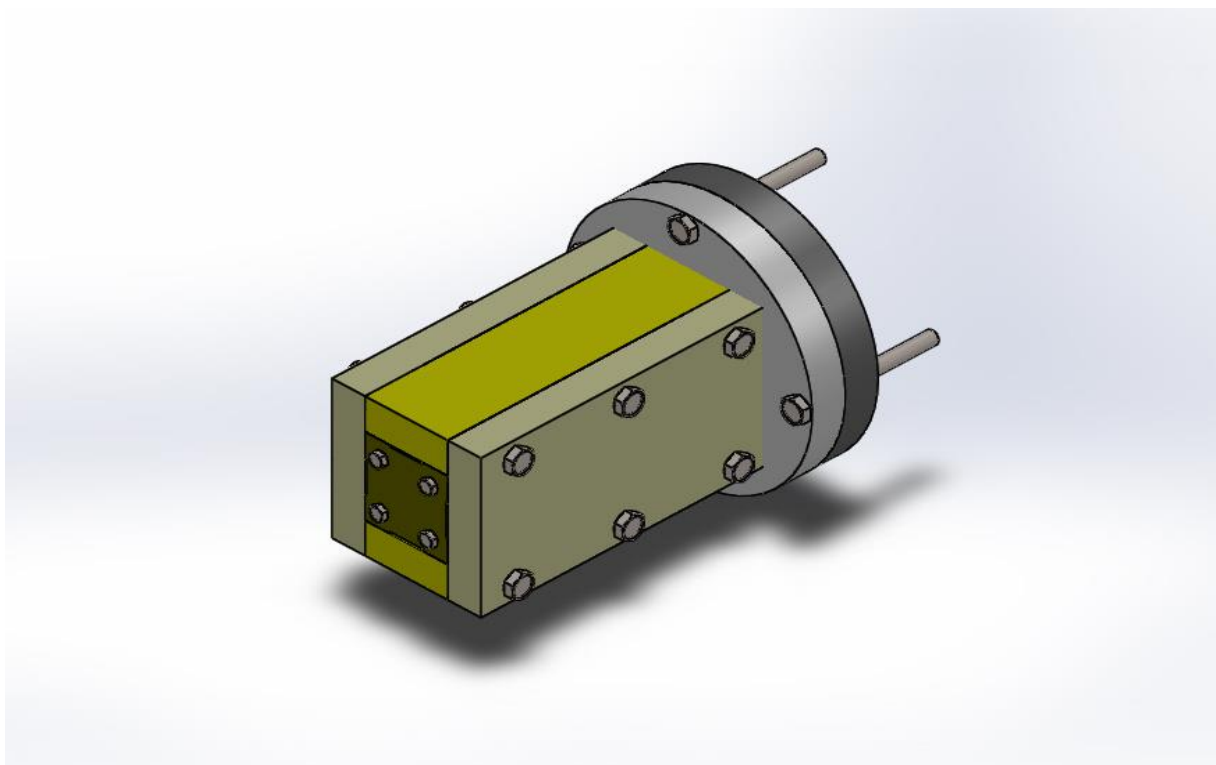
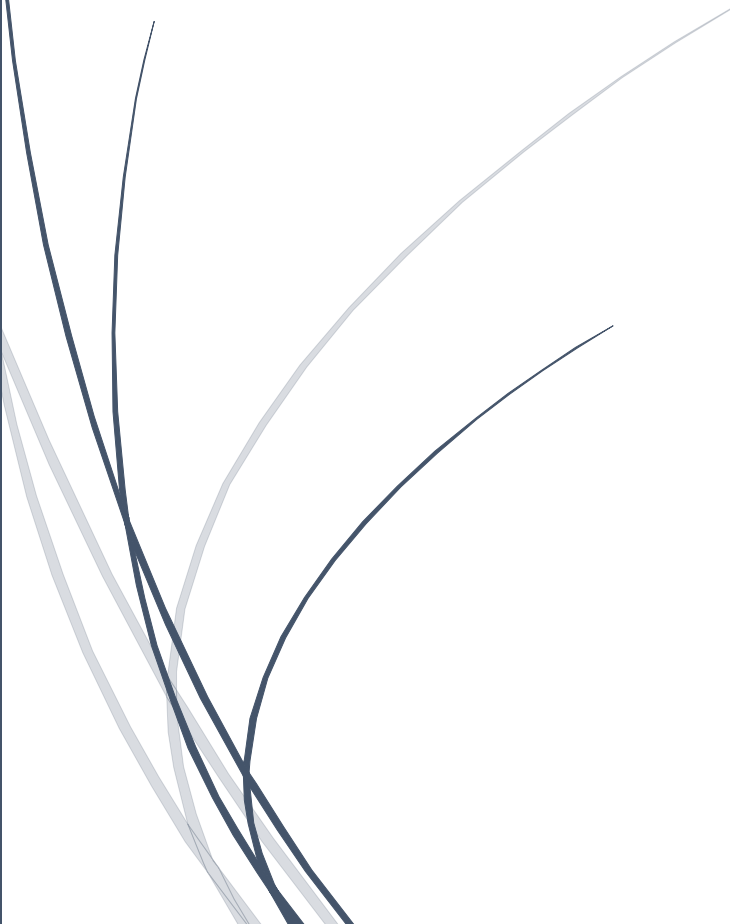


Figure II 20: Assemblage finale de la moule

CHAPITRE III

➤ Résultats et discussions



III.RESULTATS ET DISCUSSIONS

III.1discutions

III.1.1 : les étapes de l'expérience

Comme première étape du travail, Nous assemblons les pièces de moule
Nous fixé les plaques avec des vis à tête plate en acier de taille 6/12.

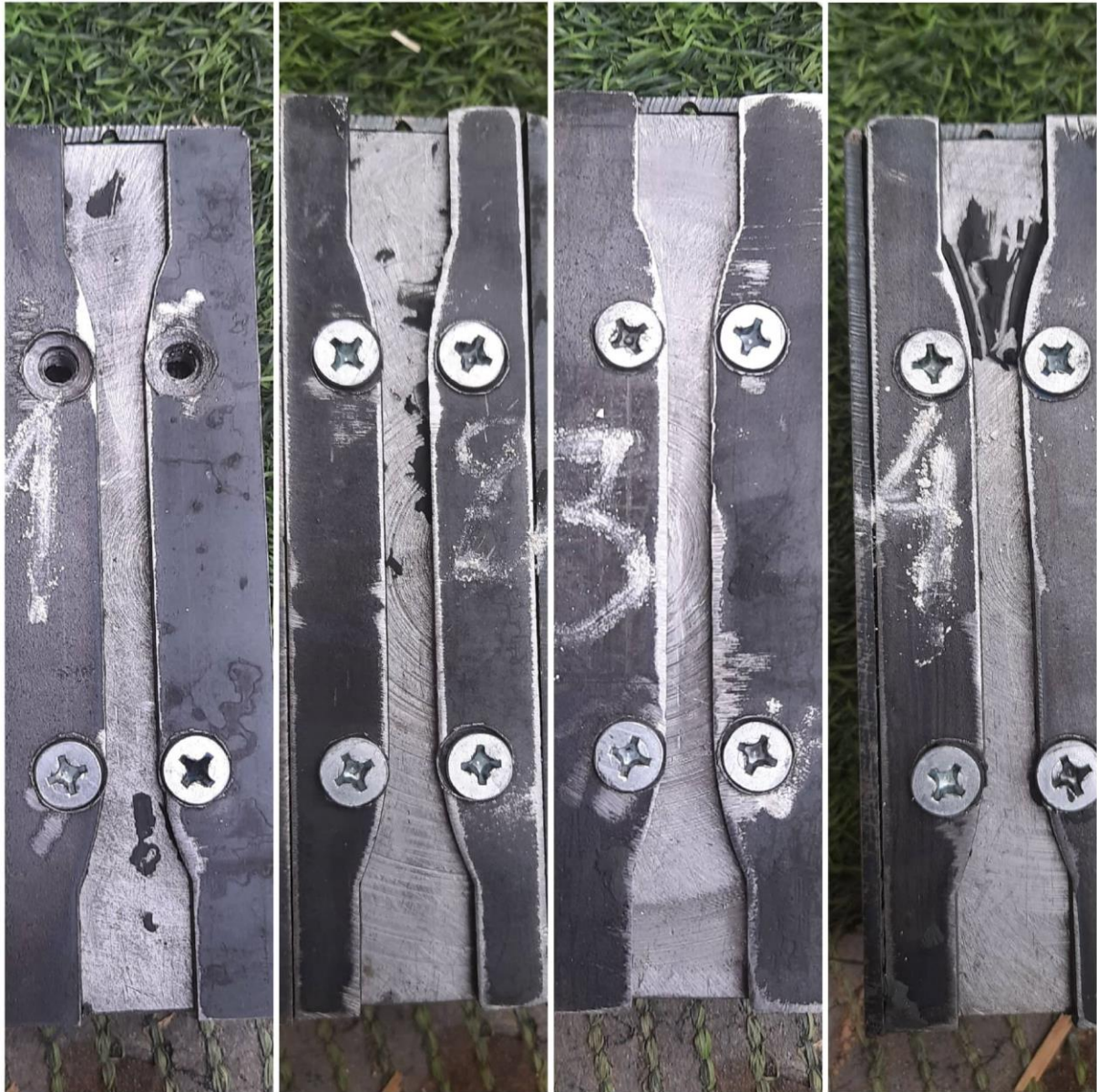


Figure III.01: Les quatre Cavité d'éprouvettes en réalité

Nous avons assemblé les pièces de couvre bloque avec 12 boulons en acier de classe 5.6 mesurant 13/35 dans les côtés pour fixer le noyau en serrage de boulon. Fixation du couve bloc arrière par 4 boulons de classe 5.6, taille 10/30.

Mettre la plaque des canaux sur la face du moule, puis mettre le disque intérieur dessus et le fixer avec 4 boulons de classe 5.6 taille 10/20 mâle,



Figure III. 2: Les canaux d'alimentation en réalité

Ensuite nous fixons le disque extérieur avec l'intérieur avec 4 boulons de classe 5.6, taille 17/110.



Figure III. 3: Assemblage d'un moule

On a monté le moule sur la machine à injection manuelle puis on a pris la pâte à modeler visqueuse, qui représente un polymère à chaud.

Nous prenons une quantité de 360 g soit le double du poids de la quatre éprouvette, on l'a coupé en petits morceaux et on l'a mis dans la brides avec un peu de chauffage pour le faire facile à marcher sur la trajectoire.



Figure III. 4: montage finale avec l'appareille

L'étape de faire tourner le piston manuellement, car il pousse le polymère vers le moule jusqu'à ce que nous voyions le polymère sortir du évent après avoir vérifié l'intégrité du moule en termes de flexion, traction et de cisaillement, puis laissez-le refroidir un peu et démonter le moule de la machine Et puis on pose le moule et c'est monté au congélateur pendant 24h.

III.2 : Résultats finale

Après une journée entière, nous avons sorti le moule du congélateur, puis nous l'avons démonté pour voir les résultats du travail

Le résultat observé est : Deux éprouvettes chargé complètement et renforcé (**fig. III.06**), tandis que les deux autres ne sont pas terminés (**fig. III.05**), cette raison est due aux dimensions différentes des seuils, car nous les avons sculptés manuellement à la lime. Cela rendait le seuil étanche ce qui empêchait le passage du polymère en quantité suffisante pour remplir la cavité , comme le montre la figure ci-dessous.



Figure III. 5: Les éprouvettes sont incorrectes



Figure III. 6: les bons éprouvette

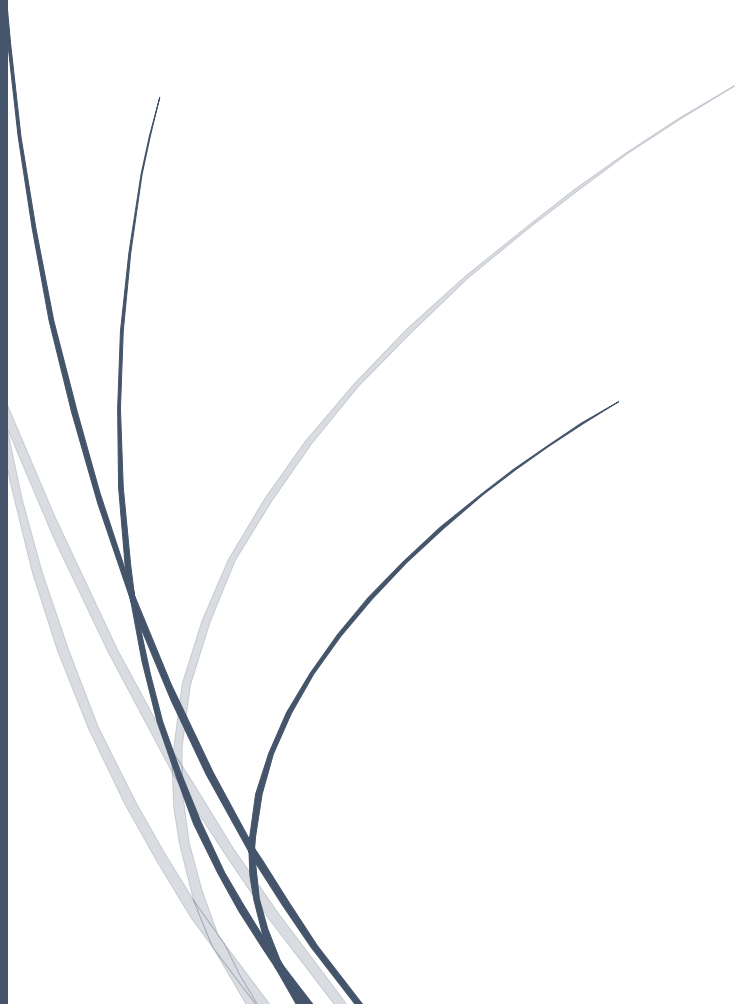
Lors de la découpe des inclusions pour donner la forme définitive, l'un des éprouvette s'est cassé à cause de la consistance de sa partie supérieure dans le couvre-bloque, cela est du à la non-lubrification du moule (**Fig. III.07**).



Figure III. 7: l'éprouvette cassée

RESUME ET CONCLUSION

GENERAL



RESUME

Le but de ce projet est de concevoir et de mettre en œuvre un moule pour la fabrication d'échantillons de test de polymères, connecté à une machine d'injection préfabriquée par des collègues comme une expérience avec le processus d'injection manuelle. Ce qui à son tour est soumis à des normes physiques et mécaniques afin qu'il puisse résister à la pression et à la force de coupe lors de l'injection de plastique avec du polymère.

Nous avons besoin d'informations pour nous aider à choisir la bonne forme de moule pour obtenir la pièce optimale afin qu'elle soit facile à fabriquer et facile à assembler et à démonter

Nous avons choisi la norme ISO 527_2 TYPE 1B car son volume est équivalent à la pression produite par la machine d'injection

Nous fabriquons un moule en acier cuboïde rempli de support pour quatre cavités sous forme d'éprouvettes fermées, puis récupérons les pièces du moule. Et on l'installe sur la machine à injection manuelle puis on le teste avec de la pâte à modeler

ملخص

الغرض من هذا المشروع هو تصميم وتنفيذ قالب لتصنيع عينات اختبار البوليمر ، متصل بآلة حقن مسبقة الصنع من قبل الزملاء كتجربة مع عملية الحقن اليدوي. والتي بدورها تخضع للمعايير الفيزيائية والميكانيكية بحيث يمكنها تحمل الضغط وقوة القطع عند حقن البلاستيك بالبوليمر.

نحتاج إلى معلومات لمساعدتنا في اختيار شكل القالب المناسب للحصول على الجزء الأمثل بحيث يكون سهل التصنيع وسهل التجميع والتفكيك

لقد اخترنا معيار ISO 527_2 TYPE 1B لأن حجمه يعادل الضغط الناتج عن ماكينة الحقن

نصنع قالباً فولاذياً مكعباً مملوءاً بدعامة لأربعة تجاويف على شكل قطع اختبار مغلقة ، ثم نجمع الأجزاء من القالب. ونقوم بتثبيتته على ماكينة الحقن اليدوي ثم نقوم باختباره بالبلاستيك

ABSTRACT

The purpose of this project is to design and implement a mold for the manufacture of polymer test samples, connected to an injection machine prefabricated by colleagues as an experiment with the manual injection process.

Which in turn is subject to physical and mechanical standards so that it can withstand the pressure and cutting force when injecting plastic with polymer.

We need information to help us choose the right mold shape to get the optimal part so that it is easy to manufacture and easy to assemble and disassemble

We have chosen the ISO 527_2 TYPE 1B standard because its volume is equivalent to the pressure produced by the injection machine

We fabricate a cuboid steel mold filled with support for four cavities in the form of closed test pieces, then collect the parts from the mold. And we install it on the manual injection machine and then we test it with plasticine

CONCLUSION GENERAL

En conclusion comme l'indique le titre du PFE Conception et réalisation d'un moule pour éprouvettes en plastique, nous avons conçu et réalisé avec les moyens de bord un moule très compact qui va très bien avec le cylindre du Roto-moulage, il est conçu pour permettre de mouler quatre éprouvettes à la fois.

Après une introduction générale, Nous avons commencé par une étude bibliographique au CH 01 permettant de connaître le Roto-moulage et le moulage par injection ainsi que les différentes structures des moules

Au chapitre 02 parmi plusieurs solutions imaginées et exécutées aux brouillonset qui peuvent exister, nous avons optée pour celle qui est la plus compact, et simple car elle est composée de pièces de formes simples et facile à réaliser avec nos modestes moyens de fabrication. Les éléments essentiels étudiés et réalisés dans ce chapitre sont la buse, les canaux d'alimentation, les seuils d'injection, et les cavités principales du moule.

Les premiers tests effectués avec la cire (patte à modeler) ont montré que le moule fonctionne, mais il n'est pas parfait. Seulement deux sur quatre éprouvettes sont bien moulées. Il n'est pas optimisé, Il contient des défauts de conception et surtout de fabrication au niveau de certains canaux d'alimentation et au niveau de certains seuils d'injection, car nos outils de fabrications ne sont pas précis.

Nous souhaitons une suite à ce travail pour détecter et corriger les erreurs commises dans la conception et la fabrication de ce moule.

Etant donné que seuls deux éprouvettes ont été obtenus complètement et que nous en voulons quatre, nous suggérons comme solution de changer le diamètre de la buze a deux fois la dimension précédent et la deuxième proposition est de rendre les canaux d'alimentation et le seuil avec la machine appropriée pour être plus précis que la coupe manuelle

RÉFÉRENCES

- [1] <https://docplayer.fr/19633141-.html>
- [2] <https://blog.anviplasturgie.fr/quelles-sont-les-differentes-etapes-dun-cycle-de-rotomoulage>
- [3] E. Pérot, «Thèse Optimisation et modélisation du procédé de roto-moulage,» École doctorale matériaux de Lyon, L'institut national des sciences appliquées de Lyon, Soutenue le 6 octobre 2006.
- [4] <https://Prototechasia.com/injection-thermoplastique/machines-injectionthermoplastique>.
- [5] A. MAROUENE, «CONCEPTION ET FABRICATION D'UN MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR COUVERCLE DE BATTERIE» mémoire du master, département de GENIE MECANIQUE, UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA, JUIN 2019
- [6] A. HAMADI, «Conception Générale des moules pour injection plastique,» mémoire du diplôme d'ingénieur, département de mécanique, université de Msila, 2003
- [7] <https://www.semanticscholar.org/paper/Identification-et-r%C3%A9duction-du-risque-pour-les-de-%C3%A0-Jocelyn/>
- [8] http://elearning.univrelizane.dz/moodle/pluginfile.php/40443/course/overviewfiles/-Les%20Polym%C3%A8res_ICCM.pdf?forcedownload=1
- [9] Harb Ahmed, Chakour Mohand, «Etude du processus de l'injection plastique et optimisation électrique et automatique,» En vue de l'obtention du Diplôme d'ingénieur d'Etat en électrotechnique, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2010.
- [10] <http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/1084/6/chapitre1.pdf>.
- [11] http://www.atomer.fr/1/1_dimensions-eprouvettes-essais-de-traction.html
- [12] <https://www.ametektest.fr/learningzone/standards/normesinternationales-d-essai-pour-les-plastiques-et-les-caoutchoucs>

- [13] www.zwickroell.com/industries/plastics/thermoplastics-and-thermosetting-molding-materials/tensile-test-iso-527-1-2/
- [14] www.zwickroell.com/industries/plastics/thermoplastics-and-thermosetting-molding-materials/tensile-properties-astm-d638/
- [15] <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:TrapezoidalRunner.tif>
- [16] Gilbert.D, Michel.G, Pierre.T, Robert.V, «Element de machine,» Deuxième édition revue et augmentées, Montréal, 1986.
- [17] www.vis-express.fr/fr/content/53-classe-de-qualite-des-vis-et-ecrou
- [18] torqbolt.com/6un-unified-thread-dimensions-specifications
- [19] Pr.Rahmani MED ,coure de module Moulage injection plastique Master 2 Fabrication & productique mécanique , univercite amar telidji laghouat ,2021/2022.
- [20] <https://fr.rubix.com/fr/conseils-techniques-outillage>