



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

Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du Diplôme de Master en Fabrication
Mécanique et productive.

Titre
Conception et Simulation D'un Moule D'injection Plastique.

encadré par :

MR.ABADA

Réalisé par :

Mr. Kheddaoui younes

Mme. Anissa Zahra

Remerciement

Après le nom de Dieu miséricordieux, et la prière et la paix pour notre Prophète bien-aimé et généreux, nous remercions notre Seigneur qui nous a donné foi et courage pour accomplir ce projet. Nous remercions également M. Mourad ABADA qui nous a accompagnés tout au long de ce voyage et qui a pris soin de nous, nous a guidés et nous a conseillé, pour réaliser notre rêve. Nous tenons à exprimer notre sincère gratitude à tous ceux qui ont contribué à notre soutien sans oublier nos parents, qui ont sacrifié et combattu pour nous jusqu'à présent. Nous remercions également les membres du jury qui sont honorés de les accepter pour examiner et juger notre travail, sans oublier le personnel et tout le personnel du salon technologique à l'Université Saad Dahleb Blida.

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Mon père et ma mère pour soutien moral et matériel.

Mes chers frères et sœurs.

A mes très chers Amis.

Et surtout ma chère préférée et Ma binome, Anissa Zahra.

Mr. KHEDDAOUI.

Je dédie ce travail à :

Mon père et ma mère pour soutien moral et matériel.

Mon Mari et Mon binome.

Mme. ZAHRA

ملخص

الهدف من موضوعنا الذي درسناه هو إنتاج أجزاء بلاستيكية منتهية و عالية الجودة عن طريق الحقن البلاستيكي, ويعتمد هذا أولا و قبل كل شيء على الرسم الصحيح و الدقيق الذي يتم في برنامج **solidworks**. يتم بعدها تصميم القالب ثم تصنيعه بواسطة آلة **CNC** , ثم وضعه في آلة الحقن المناسبة , وبعد ذلك يتم إختيار المادة البلاستيكية المناسبة , التي ستحقن تحت ضغط عالي ثم تبرد و تصبح صلبة , ثم يصبح الجزء جاهزا بعد تحريره من القالب.

الكلمات المفتاحية : حقن , قالب, بصمات , بلاستيك.

Résumé

L'objectif de notre sujet que nous avons étudié est de produire des pièces en plastique finies et de haute qualité par injection plastique, et cela dépend avant tout du dessin correct et précis qui est effectué dans le programme Solidworks. Après cela, le moule est conçu puis fabriqué par une machine CNC, puis placé dans la machine d'injection appropriée, et après cela, la matière plastique appropriée est sélectionnée, qui sera injectée sous haute pression, puis refroidie et solidifiée, puis la pièce devient prête après avoir été démoulé.

Les Mots clés : injection, moule , empreints , plastique.

Abstract

The goal of our subject that we have studied is to produce finished and high-quality plastic parts by plastic injection, and this depends above all on the correct and precise drawing that is carried out in the Solidworks program. After that, the mold is designed and then made by CNC machine, then put into the appropriate injection machine, and after that, the appropriate plastic material is selected, which will be injected under high pressure, then cooled and solidified, then the part becomes ready after being unmolded.

Key words: injection, mould, impressions, plastic.

SOMMAIRE

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Chapitre I : Généralités sur la matière plastique

I.1 Introduction	3
I.2 Histoire du plastique	3
I.3 Les Différents groupes des matières plastique.....	4
I.3.1 Les thermoplastiques	4
I.3.2 Les thermodurcissables	5
I.3.3 Les elastomeres	5
I.4 Propriétés des matières plastiques	6
I.4.1 La légèreté.....	6
I.4.2 La résistance mécanique	6
I.4.3 La transparence	6
I.4.4 Isolation.....	6
I.4.5 L'imperméabilité	6
I.4.6 La glisse	6
I.4.7 L'entretien	6
I.4.8 L'asepsie naturelle.....	7
I.5 Les applications du plastique	7
I.5.1 Le domaine de l'agriculture.....	7
I.5.2 Le domaine de sport	8
I.6 La polymérisation	9
I.6.1 La polycondensation	10
I.6.2 La polyaddition	10
I.6.3 La polymérisation radicalaire	10
I.7 Guide de sélection des matériaux	11
I.8 Le polyéthylène téréphtalate (PET)	11

I.8.1	Définition de PET	11
I.8.2	Historique sur le PET	12
I.8.3	Caractéristiques d'une matière première PET	13
I.8.4	Fabrication de PET	14
I.8.5	Domaine d'utilisation du PET	15
I.9	L acrylonitrile butadiène styrène	15
I.9.1	Définition d'ABS.....	15
I.9.2	Fabrication d'ABS	16
I.9.3	Les applications du type d'ABS	16
I.9.4	Propriétés d'acrylonitrile butadiène Styrène (ABS)	17
I.10	Coloration des matières plastiques.....	19
I.10.1	Les types de colorant	19
I.11	L'origine du plastique.....	19
I.11.1	Définition d'origine du plastique.....	19
I.11.2	Les d'efférents types d'origine du plastique	20
I.12	Conclusion	22

Chapitre II : La technologie d'injection

II.1	Introduction.....	23
II.2	Le principe d'injection	23
II.3	Procédés de transformations du plastique par injection.....	24
II.3.1	Procédé de l'injection	24
II.3.2	Injection soufflage	25
II.3.3	Extrusion.....	25
II.3.4	Extrusion gonflage	26
II.3.5	L'expansion moulage	27
II.3.6	Thermoformage.....	28
II.3.7	Calandrage	28
II.3.8	Roto moulage	29
II.4	Les machines d'injection.....	30
II.4.1	Fonctionnement d'une presse à injection	30

II.4.2	Structure de la presse d'injection	31
II.4.3	Les caractéristiques d'une presse à injection.....	32
II.4.4	Les différentes presses d'injection	33
II.4.5	Différentes parties d'une presse à injection.....	37
II.4.6	Le choix d'une presse	42
II.5	Les paramètres d'injection	43
II.5.1	Température de mise en œuvre	43
II.5.2	Pression dans l'empreinte.....	43
II.6	Les Techniques d'injection.....	44
II.6.1	Injection de grande cadence	44
II.6.2	Micro - injection	44
II.6.3	Injection lourde	45
II.6.4	Injection séquentielle	45
II.6.5	Injection sur noyau fusible.....	45
II.6.6	Sur - injection.....	45
II.6.7	Co - injection.....	45
II.7	Système refroidissement des moules	46
II.7.1	Le temp de refroidissement.....	46
II.8	Démoulage Ejection.....	47
II.8.1	Démoulage	47
II.8.2	Ejection	47
II.9	Conclusion	47

Chapitre III : Conception des Moule

III.1	Introduction.....	48
III.2	Modélisation de pièce	48
III.2.1	Règle de conception.....	48
III.2.2	Règles élémentaire de conception plastique	49
III.2.3	Dessin de la pièce.....	49
III.2.4	Epaisseurs de parois	49
III.2.5	Les dépouilles et contre - dépouille	49

III.2.6	Le choix du plan de joint	49
III.3	L'architecture du moule	50
III.3.1	Moule à deux plaques	50
III.3.2	Moule à tiroir	51
III.3.3	Moule à coquilles.....	52
III.4	Empreint du moule.....	53
III.4.1	Nombre d'empreintes	53
III.4.2	Matériaux constitutifs de l'empreinte.....	54
III.4.3	Régulation de température	55
III.4.4	Fermeture du moule	55
III.5	Fabrication de moule.....	57
III.5.1	Usinage a grande vitesse	57
III.5.2	Usinage par enlèvement de particules ou électroérosion.....	57
III.5.3	Electro - dépostions.....	58
III.6	Remplissage du moule	58
III.6.1	Organes constitutifs de la machine	58
III.6.2	Chauffage du filet	59
III.6.3	Clapet de Vis.....	59
III.7	Cycle de moule	60
III.8	Conclusion	60

Chapitre IV : Conception et Simulation du moule Par CAO

IV.1	Introduction.....	61
IV.2	Dessin technique des deux pièces	61
IV.2.1	Dessin technique de la 1 ^{ère} pièce.....	61
IV.2.2	Dessin technique de la 2 ^{ème} pièce	69
IV.2.3	Assemblage des deux pièces	79
IV.3	La conception des moules.....	82
IV.3.1	Analyse de dépouille.....	82
IV.3.2	Lignes de joint.....	83
IV.3.3	La surface d'arrête	84

IV.3.4	Le plan de joint	86
IV.3.5	Insertion de noyau et d'empreinte	86
IV.3.6	Choix de la matière pour les deux moules	88
IV.4	Simulation des moules	89
IV.4.1	Simulation de 1 ^{er} moule (spécial pour la coque de rétroviseur)	89
IV.4.2	Simulation de 2 ^{eme} moule (spécial pour le support)	95
IV.5	Conclusion	99

Chapitre V : Partie Calcul

V.1	Introduction.....	100
V.2	Le choix de la machine pour la coque de rétroviseur	100
V.2.1	Determination de la Volume injectable	100
V.2.2	Calcule du la course de Dosage	102
V.2.3	Calcul du la Force de fermeture.....	102
V.2.4	Calcule du temps de refroidissement	104
V.2.5	Le Distance entre colonnes	104
V.2.6	Epaisseur minimale du moule.....	105
V.3	Le choix de la machine pour le support	106
V.3.1	Détermination de la Volume injectable	106
V.3.2	Calcule du course de dosage	107
V.3.3	Calcul du la Force de fermeture.....	107
V.3.4	Calcul du temps de refroidissement.....	109
V.3.5	La distance entre les colonnes.....	109
V.3.6	Epaisseur minimale du moule.....	110
V.4	Conclusion	110
	Conclusion général.....	111

LISTE DES FIGURES

Chapitre I

Figure I.1: Les différents groupes des matières plastiques	5
Figure I.2 : Répartition des marchés de la plasturgie	7
Figure I.3 : Les Procédés de polymérisation.....	9
Figure I.4 : Les Granulés de polyéthylène téréphtalate (pet)	12
Figure I.5 : Formule développée de PET	13
Figure I.6 : Temps de refroidissement de PET	14
Figure I.7 : Les plaques plastiques de l'ABS	16
Figure I.8 : L'acrylonitrile butadiène styrène.....	18
Figure I.9 : Les étapes de production plastique	20
Figure I.10 : L'origine animale	20
Figure I.11 : L'origine végétale.....	21
Figure I.12 : L'origine naturelle	21

Chapitre II

Figure II.1 : Moulage par injection.....	24
Figure II.2 : extrusion	26
Figure II.3 : Extrusion gonflage	27

Figure II.4 : L'expansion moulage.....	27
Figure II.5 : Thermoformage.....	28
Figure II.6 : calandrage.....	29
Figure II.7 : Rotomoulage.....	30
Figure II.8 : La press d'injection.....	31
Figure II.9 : Presse à injecter verticale.....	34
Figure II.10 : Presses à injecter horizontales.....	35
Figure II.11 : Presse électrique.....	37
Figure II.12 : fermetures double et simple genouillère.....	39
Figure II.13 : Fermeture hydraulique.....	40
Figure II.14 : Fermeture mixte.....	41
Figure II.15 : Les différents éléments d'un moule d'injection - nomenclature.....	42
Figure II.16 : La pression dans l'empreint sur un cycle de moulage.....	44

Chapitre III

Figure III.1 : moule d'injection à deux plaques.....	50
Figure III.2 : moule à tiroir.....	52
Figure III.3 : Les canaux chauds dans le moule d'injection plastique.....	53
Figure III.4 : Moule d'injection de métal en alliage d'aluminium.....	55
Figure III.5 : Le système d'ouverture et de fermeture du moule.....	56
Figure III.6 : Procéde de l'injection.....	58
Figure III.7 : Fonctionnement du clapet.....	59

Chapitre IV

Figure IV.1 : Vue de face de notre 1 ^{er} pièce	62
Figure IV.2 : Corps volumique de notre 1 ^{ère} pièce.....	63
Figure IV.3 : Corps volumique contenant un creusage	64
Figure IV.4 : L'endroit ou sera installé le moteur 2D	65
Figure IV.5 : L'endroit ou sera installé le moteur 3D	66
Figure IV.6 : Deux formes qui protéger le moteur	66
Figure IV.7 : Congé à l'arrière de notre 1 ^{ère} pièce.....	67
Figure IV.8 : Mise en plan de notre 1 ^{er} pièce	68
Figure IV.9 : Bâti spécial 2D	69
Figure IV.10 : Bâti spécial 3D	70
Figure IV.11 : une petite barrière en plastique 2D	71
Figure IV.12 : une forme géométrique 2D	71
Figure IV.13 : Petite barrière en plastique 3D	72
Figure IV.14 : triangle rectangle.....	73
Figure IV.15 : Enlève de matière pour 11.99°	73
Figure IV.16 : La partie qui sera installé avec la voiture 2D.....	74
Figure IV.17 : La partie qui sera installé avec la voiture 3D.....	74
Figure IV.18 : La face arrière de notre corps	75
Figure IV.19 : Création une creusage sur la face arrière de notre corps	76
Figure IV.20 : 4 cercle pour la création des tubes	76
Figure IV.21 : les tubes	77

Figure IV.22 : Le vide qui assurer la rotation de la coque de rétroviseur	77
Figure IV.23 : mise en plan de support.....	78
Figure IV.24 : Création des trou pour le câble du moteur et support	79
Figure IV.25 : Création des trou pour le cable et coque de rétroviseur	80
Figure IV.26 : L'assemblage entre la coque de rétroviseur et le support.....	81
Figure IV.27 : Vue de dessus du l'assemblage	81
Figure IV.28 : Analyse de dépouille de la 1ère pièce (la coque de rétroviseur)	82
Figure IV.29 : Analyse de dépouille de la 2 eme pièce (le support)	83
Figure IV.30 : lignes de joint de la 1ère pièce (la coque de rétroviseur)	83
Figure IV.31 : lignes de joint de la 2ème pièce (le support)	84
Figure IV.32 : La surface d'arrêt pour la coque de rétroviseur	85
Figure IV.33 : La surface d'arrêt pour le support	85
Figure IV.34 : Le plan de joint pour la coque de rétroviseur.....	86
Figure IV.35 : Insertion de noyau et d'empreinte pour la coque de rétroviseur	87
Figure IV.36 : Insertion de noyau et d'empreinte pour le support	87
Figure IV.37 : L'assemblage pour le moule de la coque de rétroviseur	88
Figure IV.38 : L'assemblage pour le moule de support	89
Figure IV.39 : La face qui nous choisirons pour la Configuration de l'usine.....	90
Figure IV.40 : Le résultat de 1 ^{er} simulation	91
Figure IV.41 : Le G-cod de 1ere partie de moule	92
Figure IV.42 : La face qui nous choisirons pour la Configuration de l'usine.	93
Figure IV.43 : Le résultat de 2eme simulation	94
Figure IV.44 : Le G-cod de la 2eme partie de moule	95

Figure IV.45 : la face qui nous choisirons	96
Figure IV.46 : Le résultat de la 3eme simulation	97
Figure IV.47 : La face qui nous choisirons.....	98
Figure IV.48 : Le résultat de la 4eme simulation	99

Chapitre V

Figure V.1 : Préforme ABS poids sur solidworks	100
Figure V.2 : la surface projeté au plan de joint	103
Figure V.3 : Schémas d'un plateau d'une presse 225 T.....	105
Figure V.4 : Caractéristiques dimensionnelle de la presse 225 T.....	105
Figure V.5 : Propriétés de masse	106
Figure V.6 : La surface projeté pour le support	108

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I

Tableau I.1 : Les dates Importantes de découvert	4
Tableau I.2 : Domaine d application des polymers	9
Tableau I.3 : Les types de la polymérisation	10
Tableau I.4 : Les propriétés mécanique et thermique d'ABS	18

Chapitre II

Tableau II.1 : Les avantages et les inconvénients	36
Tableau II.2 : Quelques des machines d'injection avec leurs crêtes.....	42
Tableau II.3 : la température de moule et de la matière	43
Tableau II.4 : la pression d'injection et Maintien	44

Chapitre IV

Tableau IV.1 : Les principales propriétés de ces deux matériaux	88
Tableau IV.2 : Les opérations et les outils de la 1 ^{er} simulation.....	91
Tableau IV.3 : Les opérations et les outils de la 2eme simulation	94
Tableau IV.4 : Les paramètre des opérations et des outils pour la 3eme simulation	96

Tableau IV.5 : Les paramètre des opérations et des outils pour la 4eme simulation 98

Chapitre V

Tableau V.1 : Caractéristiques technique de la presse 225 T 102

LISTE DES SYMBOLES

CAO : conception assistée par ordinateur

PE : polyéthylène

PET : polyéthylène téréphtalate

PS : polystyrène

PVC : polychlorure de vinyle

PP : Polypropylène

ABS : Acrylonitrile Butadiène Styène

PEHD : Polyéthylène haute densité

M : La masse de la moulée [g].

Vc : Volume injectable [cm^3]

F : Force de fermeture du moule [T]

P : la pression d'injection [Mpa]

S : la surface projeté [mm^2]

Tr : temps de refroidissement [s]

e : épaisseur de paroi [m]

a : coefficient de diffusion thermique [$10^{-8}\text{m}^2\text{s}^{-1}$]

Tm : température de la matière [$^{\circ}\text{C}$]

Tmo : température du moule [$^{\circ}\text{C}$]

Te : température moyenne de démoulage [$^{\circ}\text{C}$]

C : La course de Dosage [cm]

Introduction générale

De nos jours, les pièces thermoplastiques sont de plus en plus présentes dans notre vie quotidienne, que ce soit dans les automobiles, les meubles ou les appareils électroménagers. Dans ces secteurs hautement spécialisés et concurrentiels, les changements de conception sont devenus fréquents et indispensables.

L'objectif de notre sujet que nous avons étudié est de produire des pièces en plastique finies et de haute qualité par la technologie d'injection plastique, qui est un procédé utilisé pour mettre en œuvre des matériaux thermo formables, notamment des matériaux thermoplastiques. De la petite à la grande série, cela permet d'obtenir des pièces de formes simples ou complexes avec un minimum de manipulations. La matière plastique est ramollie, injectée dans un moule, puis refroidie et demoulée.

Comment les pièces en plastique finies sont-elles produites par la technologie d'injection plastique ? et Comment le moule est-il conçu ? Quels sont les principaux types de matières plastiques ? Pour répondre à ces questions, Nous avons organisé notre travail en cinq chapitres comme suit :

- Après cette introduction, nous allons montrer l'importance des matières plastiques en général, et avec ses types et ses formes. Puis nous allons présenter les différents Groupes Des Matières Plastiques, les propriétés, les applications, l'origine et ainsi que la coloration.
- Dans le deuxième chapitre nous parlerons en détail de l'injection plastique, dans lequel nous mentionnerons les procédés de transformation du plastique par injection, les techniques d'injection et les types machines, ainsi que les paramètres et démoulage.
- Le troisième chapitre aborde la conception d'un moule, en mettant l'accent sur les matériaux utilisés pour sa réalisation, les mécanismes de fermeture du moule, la modélisation de la pièce, la fabrication du moule ainsi que le processus de remplissage et le cycle de fonctionnement du moule.
- Le quatrième chapitre se concentre sur l'utilisation du logiciel SolidWorks pour la conception et la simulation d'un module de rétroviseur. Nous commencerons par dessiner en détail les deux pièces principales, puis nous les assemblerons. Ensuite,

nous explorerons la création d'un moule à partir de ces deux pièces et les simulerons

- Dans le dernier chapitre, nous allons calculer les paramètres de réglages pour les deux pièces (la coque de rétroviseur et le support), ensuite nous choisirons la machine d'injection adéquate qui va les fabriquer correctement et précis afin que nous obtenons de haute qualité et de bonne performance.

Dans notre recherche, Nous avons choisi l'approche explicative et analytique, car avec l'analyse les choses deviennent claires et la compréhension sera plus facile.

En fait, nous n'avons rencontré aucune difficulté si ce n'est l'installation du programme SolidWorks sur l'ordinateur. Dans nos recherches, nous nous sommes appuyés principalement sur les références suivantes :

- Mémoire "Etude et Conception D'un Moule D'injection Plastique" 2021/2022.
- Mémoire "procédure de conception d'un moule à injection plastique d'une multiprise électrique A3 "2015/2016.
- Mémoire "Conception d'un moule d'une presse d'injection plastique" 2020/2021.

I.1 Introduction

Le plastique est un matériau organique qui est produit en convertissant des substances naturels à partir de matériaux extraits du gaz, du charbon, du pétrole, et autres, car le plastique est constitué de grosses particules obtenues grâce à polymérisation de monomères.

Le polymère est l'une des matières plastique les plus utilisées dans divers domaines, que l'on appelle la matière première être injecté par une machine d'injection, car le polymère est présent dans tous les domaines de notre activité : l'une des choses les plus courantes pour les applications techniques complexes. On le trouve dans les appareils électroménagers, les matériaux de construction, la peinture, ainsi que les produits médicaux, chirurgicaux et d'hygiène, et on le retrouve également dans les véhicules de transport.

Il existe des molécules organiques appelées monomères, qui produisent à leur tour des polymères. Ils sont constitués principalement de carbone et d'hydrogène, tandis que l'oxygène et l'azote ont de faibles proportions [1].

Dans ce chapitre, nous montrerons l'importance des matières plastiques en général et avec ses types et ses formes, dans lequel nous mentionnons : Les Différents Groupes Des Matières Plastiques, Les propriétés, les applications, L'origine et ainsi que la Coloration.

I.2 Histoire du plastique

En l'an 1865, un matériau très important appelé plastique est apparu, ce matériau est présent dans tous nos domaines d'activité, son développement a commencé en l'an 1960 jusqu'à ce que son développement atteigne le dépassement du volume de production de métal, et ce, en l'an 1980. Cette priorité du plastique sur les autres matériaux est due au fait qu'il n'y a pas de forme On est en plastique, mais il existe un grand nombre de plastiques qui ont chacun une propriété spécifique.

Le plastique se caractérise par sa flexibilité et sa fusion rapide à une température appropriée, et cette caractéristique l'aide à absorber les chocs et les vibrations, ainsi que des

Chapitre I : Généralités sur la matière plastique

méthodes de fabrication qui permettent de former facilement et sans former des formes complexes.

Les chimistes ont coopéré dans ce domaine avec les physiciens et les mécaniciens, car ils ont réussi à découvrir et à analyser de nouvelles structures de molécules, ce qui leur a permis de créer un grand nombre de monomères puis de les fabriquer à grande échelle tout en garantissant leur extrême pureté. Par exemple, le polyéthylène a été découvert en 1935 par deux scientifiques, FAWCETTE et GIBSON. Et en 1880, le chlorure de polyvinyle (PVC) est inventé, sachant que le Français Jean-Jacques Trilat a obtenu une matière plus dure que la corne et utilisée pour fabriquer des boules de billard [1].

Date de développement	Produit du plastique	Decouvert par
1926	PVC	Henri victor regnault en 1838
1920	Viscose	Cross et Bewan en 1890
1960	Téflon	Roy J. Plunkett en 1938
1990	polyéthylène	Fawcette et Gibson en 1935
1928	plexiglas	Otto Rohm en 1902
1925	Polystyrène	Edouard Simon en 1839
1960	Polypropylène	Giulio Natta en 1950

Tableau I-1: les dates importantes de découverte

I.3 Les Différents Groupes Des Matières Plastiques

Les plastiques sont généralement classés en trois grandes familles ont des propriétés différentes: thermoplastiques, thermodurcissables et élastomères.

I.3.1 Les thermoplastiques :

Les thermoplastiques sont utilisés pour fabriquer les pièces les plus complexes au monde, car ils se ramollissent lorsqu'ils sont chauffés sous une température ne dépassant pas 100 C, et cela se fait à l'aide d'un four chauffant, ils deviennent donc souples, sachant qu'ils

durcissent lorsqu'ils sont refroidis, au fur et à mesure de leur conversion est réversible. se décline en deux types : **Thermoplastiques amorphes** et **Thermoplastiques semi-cristallins**.

I.3.2 Les thermodurcissables :

Les Thermodurcissables sont des matériaux réfractaires qui se caractérisent par leur facilité d'utilisation, car ils prennent la forme définitive au premier refroidissement, ils se dégradent, brûlent et décomposent lorsqu'ils sont chauffés à très haute température, mais le pire est que la réversibilité de la forme est impossible [3].

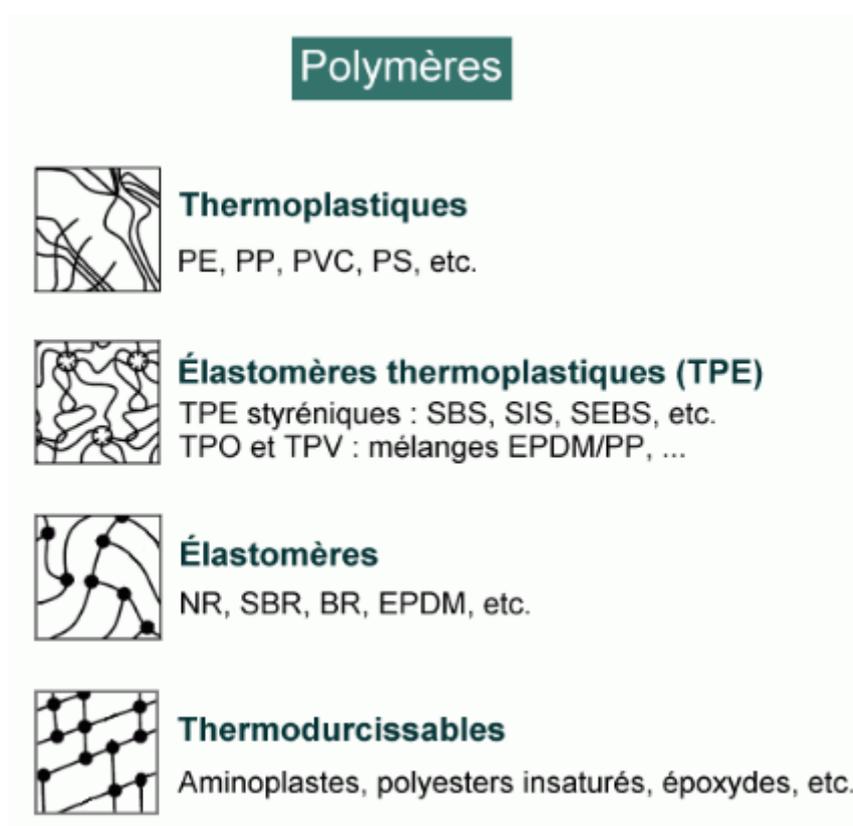


Figure I-1: Les différents groupes des matières plastiques [26].

I.3.3 Les élastomères :

Ces polymères se caractérisent par leur flexibilité, leur faible coût et leur longue durée de vie. Ils sont flexibles, comme le caoutchouc, et sont utilisés pour fabriquer des éléments flexibles tels que des courroies. Ces polymères sont appelés les élastomères, car ils consistent en un état de repos de longues chaînes moléculaires repliées sur elles-mêmes et réalisent un

Chapitre I : Généralités sur la matière plastique

phénomène appelé haute élasticité réversible à la température ordinaire, et une fois libéré, le produit reprend ses dimensions d'origine [3].

I.4 Propriétés des matières plastiques

Les propriétés spécifiques des matières plastiques vont d'une matière à l'autre. Les principales propriétés sont :

I.4.1 La légèreté :

La densité de la plupart des matières plastiques est comprise entre 0,9 et 1,8.

I.4.2 La résistance mécanique :

La résistance mécanique du plastique varie en fonction de sa composition chimique. Le plastique se caractérise par sa légèreté par rapport à d'autres matériaux tels que le fer, le cuivre, l'argent et autres [2].

I.4.3 La transparence :

Certains plastiques ont un coefficient de transmission de la lumière transparent voisin de celle du verre [2].

I.4.4 Isolation :

Ce sont de bons isolants électriques, thermiques et acoustiques [2].

I.4.5 L'imperméabilité :

Ils assurent une bonne barrière aux gaz et à l'eau [2].

I.4.6 La glisse :

Ils possèdent le plus souvent un faible coefficient de frottement.

I.4.7 L'entretien :

Il est facile à entretenir et ne nécessite pas de traitements de surface [2].

I.4.8 L'asepsie naturelle :

Le plastique est transformé à des températures supérieures à 150°C avec l'emballage sterilize [2].

I.5 Les applications du plastique

Nous savons que le plastique est très utile dans notre vie quotidienne, car c'est un composant plus léger, plus malléable et plus durable. Et à partir de là on peut dire que le plastique a une place importante dans les voitures depuis leur création, tant on le retrouve dans leurs moteurs que dans leurs châssis. Il est facile de produire du plastique. En effet, contrairement au carbone et au cuivre [3].

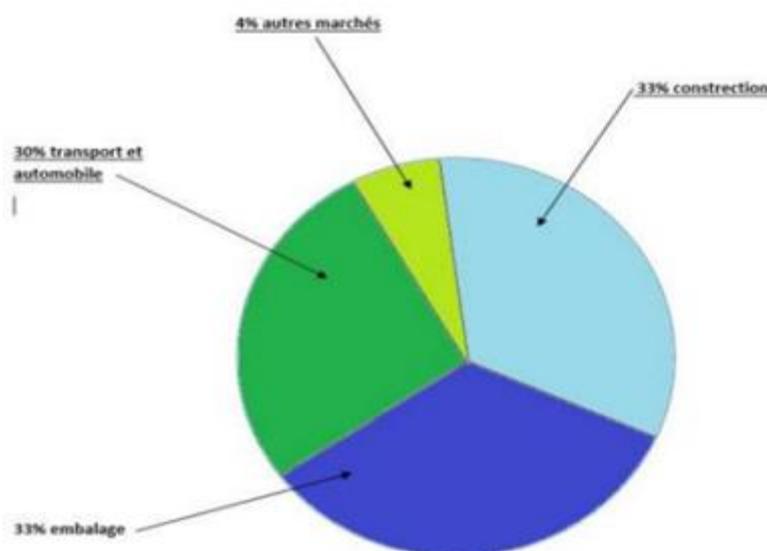


Figure I-2 : Répartition des marchés de la plasturgie [11].

I.5.1 Le domaine de l'agriculture :

Si nous jetons un coup d'œil au domaine de l'agriculture, nous constaterons que le plastique a des propriétés très utiles. Grâce aux tuyaux en plastique, nous avons pu conserver

Chapitre I : Généralités sur la matière plastique

plus d'eau avec une grande efficacité, et grâce aux bâches en plastique, nous avons pu couvrir des huttes et serres. Avec tout cela, cela a permis aux agriculteurs d'augmenter les rendements, de réduire la dépendance aux pesticides et de créer une meilleure protection pour nos produits alimentaires [3].

I.5.2 Le domaine du sport :

Le plastique est considéré comme un matériau de base dans le domaine du sport, car il est utilisé dans la fabrication de chaussures légères, d'équipements de protection et de vêtements respirants que les athlètes utilisent pour leur confort lors de la pratique. Le plastique est également utilisé dans les stades tels que le basket-ball et le football, car il est possible d'obtenir des balles plus rapides et des raquettes de tennis plus légères.

Polymères	Domaines	Applications
PVC (polychlorure de vinyle)	Médicales	Poches de drainage urinaire, Bracelet medical, packs de glace, Draps de lit, Masque, Séparateur de Rideau.
PS (polystyrène)	bâtiment	Isolation, cloisons, coffrage pour la coulée du béton,.....etc.
PEHD (polyéthylène)	emballages	Bouteille de lait et bidon de huile, Bidons produits sanitaires et chimiques.
PP (polypropylène)	Automobile	Les pare-chocs, les tableaux De bord, l'habillage de l'habitacle, réservoir d'essence, Garniture interne
ABS (L'acrylonitrile butadiène styrène)	électroniques et électroménager	Cadres TV, abillages pour de appareils de cuisine, dispositifs portatifs, claviers, adaptateurs et chargeurs....etc
PVC et PE	Agriculture	ensilage, bâchage, poterie,

		florale et cagette, Drainage, arrosage
--	--	---

Tableau I-2 : Domaine d application des polymers [14].

I.6 La polymérisation

La polymérisation est un processus chimique dans lequel les réactifs, les monomères (composés de faible poids moléculaire) sont chimiquement regroupés, donnant naissance à une molécule de poids important, appelée polymère, soit une chaîne linéaire, appelée macromolécule tridimensionnelle.

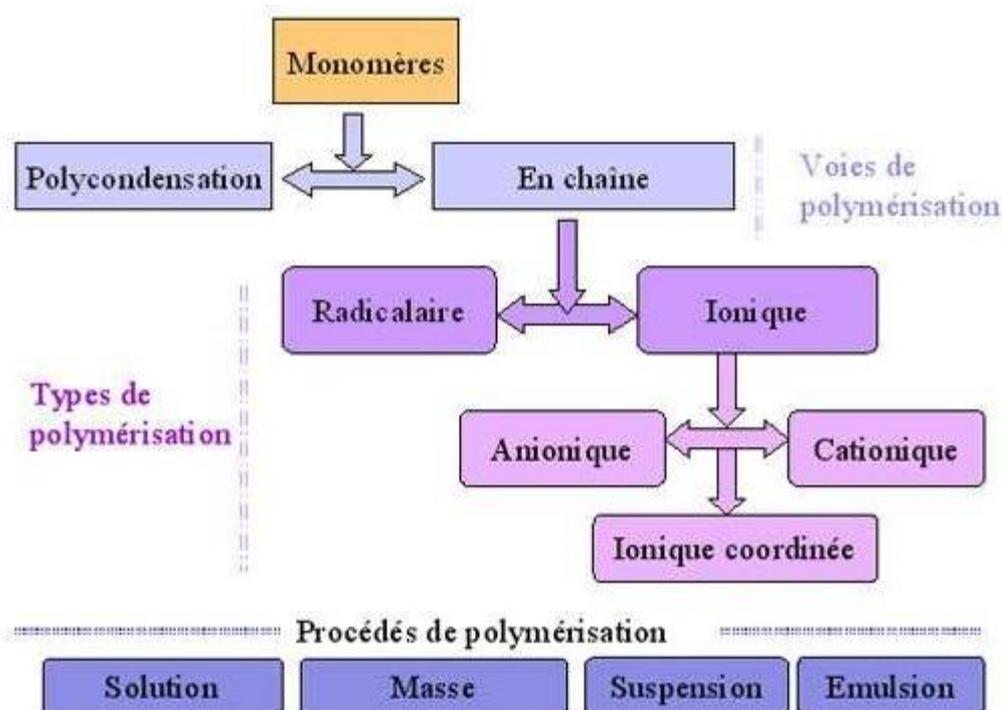


Figure I-3 : Les Procédés de polymerization [27].

I.6.1 La polycondensation :

De nombreuses petites molécules de deux types A et B sont liées les unes aux autres alternativement de nombreuses et nombreuses fois pour donner des molécules géantes appelées macromolécules. Ensuite, on utilise un catalyseur pour augmenter la vitesse d'apparition de la réaction, et tout cela se produit lors de la polycondensation [3].

I.6.2 La polyaddition :

La réaction chimique consiste à additionner un grand nombre de fois un ou plusieurs monomères pour obtenir un polymère. Pendant cette réaction, une liaison parmi la double liaison entre les deux carbones se casse [3].

I.6.3 La polymérisation radicalaire :

La polymérisation radicalaire inclut les radicaux comme espèce active et comprend trois étapes : La première étape consiste à séparer l'amorceur, ce qui conduit à l'émergence de radicaux sur chaque molécule, cette étape est appelée amorçage. La deuxième étape est appelée la propagation, dans laquelle la chaîne de macromolécules est formée par l'ajout successif d'unités monomères sur le macro-radical en croissance. La dernière étape consiste à lier deux chaînes macromoléculaires entre elles, qui est la terminaison [3].

Type de Polymérisation	Centre actif	Amorceur	Voies d amorçage
Radicalaire	Radical	Peroxyde (péroxyde de benzoyle) Dérivés azoïques (AIBN) Benzoïne Systèmes redox	Chimique Photochimique Thermique Radiochimique
Anionique	Anion	Dérivées Dorganométalliques Bases	Chimique
Cationique	Cation	Acides (Lewis et Bronsted)	Chimique

Tableau I-3 : les Types de la polymérisation [27].

I.7 Guide de selection des matériaux

En raison de la grande variété de matériaux plastiques, nous constatons que le processus de sélection du meilleur est très difficile, car ce choix dépend des qualités propres au matériau, des avantages et des caractéristiques du matériau ainsi que du coût. Par exemple, nous avons choisi polymère pour sa facilité de fabrication, ses cadences élevées, sa longue durée de vie et sa grande résistance par rapport aux métaux. Dans les polymères, nous avons choisi les thermoplastiques car ils représentent près de 90% des applications plastiques et permettent des formes plus complexes [4].

Si nous voulions connaître les raisons les plus courantes qui nous poussent à passer au plastique, nous constaterions que le plastique se caractérise par sa longue durée de vie et sa grande résistance. Ces raisons sont: l'élimination de la lubrification, la réduction de la puissance nécessaire au fonctionnement de l'équipement ainsi que du poids, Réduction de l'usure des pièces d'appui [10].

I.8 Le polyéthylène téréphtalate (PET)

Le PET est le polymère obtenu par polycondensation de l'acide téréphtalate et de l'éthylène glycol, il peut être décrit comme un pétrole affiné car l'éthylène glycol et les connexions téréphtalate sont exploitées en pétrole partiellement transformée avec l'oxygène, ces liaisons sont liées à de longues chaînes de molécules, tout cela afin de fabriquer du PET qui est utilisé pour former le moulage par injection de bouteilles en plastique telles que des bouteilles de jus de fruits. Le PET a une structure interne homogène orientée dans la même sens [18].

I.8.1 Définition de PET :

Le PET (Polyéthylène Téréphtalate) est un polyester, qui est une matière plastique, chimique incassable et 100% recyclable. Sa croissance ces dernières années a un impact qui a atteint des rythmes étonnants et incroyables, comme ses bouteilles, qui ont produit environ 120 milliards de cols, grâce à ses propriétés exceptionnelles et bénéfiques. Le polyéthylène

téréphtalate est produit à 100 % à partir de pétrole. 1,9 kg de pétrole brut donne environ 1 kg de polyéthylène téréphtalate très léger [19].

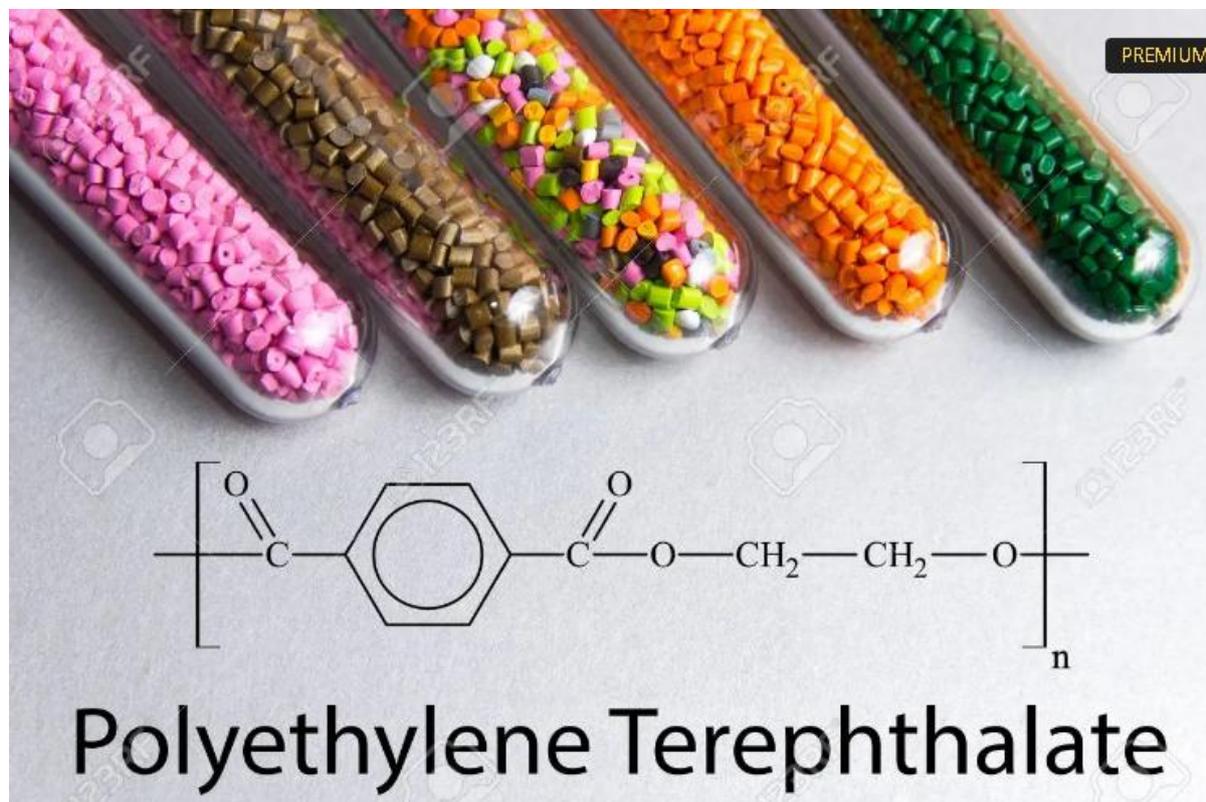


Figure I-4 : Les Granulés de polyéthylène téréphtalate (pet)

I.8.2 Historique sur le PET :

En 1941, le polyéthylène téréphtalate a été synthétisé par la British Petroleum Company, où il a été inventé la même année par John Rex Whinfield et James Tennant Dickson. Ses premières productions industrielles et applications commerciales ont commencé en 1950. Et en 1980, il a commencé sa prospérité commerciale pour le conditionnement et l'embouteillage de boissons gazeuses, puis d'eau minérale. Nous avons vu le développement de nouvelles applications telles que les bouteilles plates, la bière et les jus de fruits, et c'est en l'an 1990 [17].

Formule développée

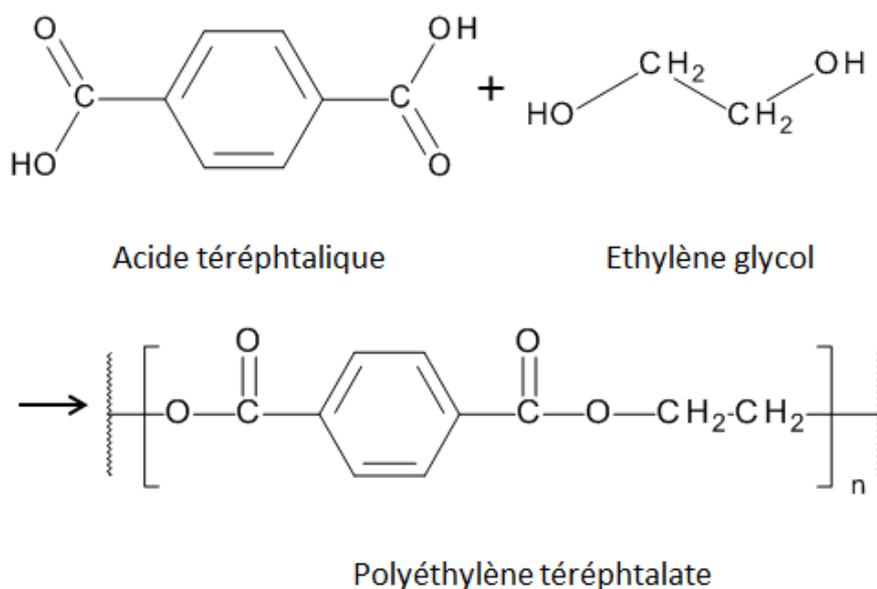


Figure I-5 : Formule développée de PET [28].

I.8.3 Caractéristiques d'une matière première PET :

Le polyester linéaire a d'abord été utilisé principalement pour la fabrication de fibres textiles (terylène, duolène, etc.) ou de films (mylar, terfan, etc.). Mais la tendance actuelle est de développer ses applications telles que les plastiques techniques pour les industries mécaniques et électriques, du fait de ses caractéristiques et avantages que sont :

1. Excellente transparence supérieure à 90%, excellente brillance de la surface et aspect.
2. Vitreux et Organiques et Biaxial.
3. bon arôme et étanchéité à l'air.
4. Excellente résistance chimique. Il est presque résistant à tous les médicaments.
5. Bonne hygiène, approuvé par le PDA (le plus grand laboratoire de chimie aux États-Unis).
6. Aucun gaz toxique ne se produira lors de la combustion.
7. Excellentes propriétés de résistance et peuvent être encore améliorées par l'étirement.

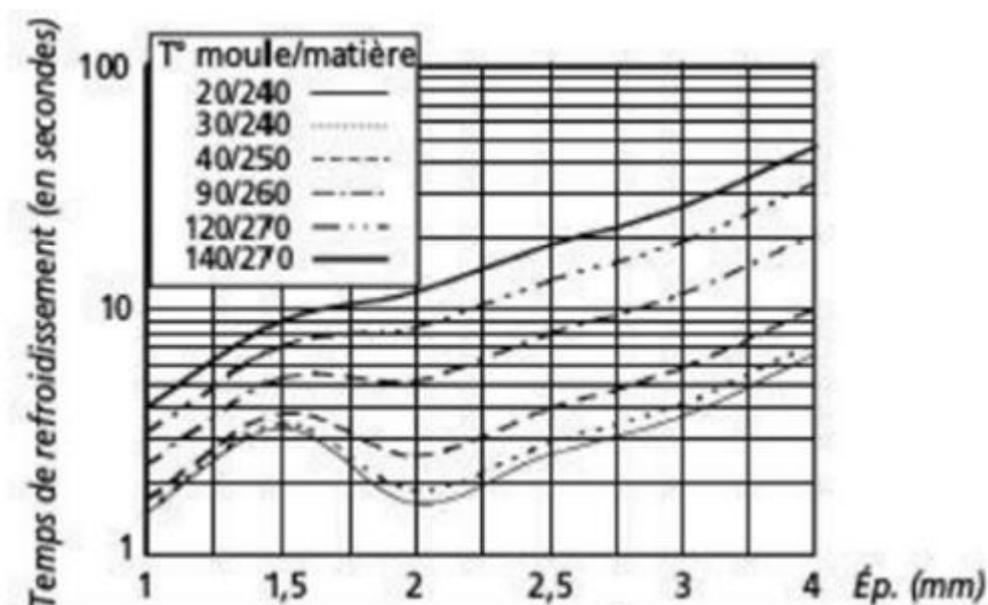


Figure I-6 : temps de refroidissement de PET [11].

I.8.4 Fabrication de PET :

On sait que le PET est une matière plastique et chimique utilisé pour produire des bouteilles en plastique telles que des bouteilles plates, des bouteilles de bière, des jus de fruits...etc. Mais si nous voulions savoir comment le PET est fabriqué en général, nous constaterions qu'il est fabriqué en trois étapes consécutives : estérification, polycondensation et Enoncé de solide [16].

1. Estérification :

Dans cette étape, ils utilisent le TPA pour l'estérification directe, tandis que pour la transestérification, ils utilisent le DMT (Formation des monomères).

2. Polycondensation :

Dans cette étape, nous faisons un Assemblage des monomères en phase visqueuse, environ 100 unités. Tel que : PET monomère PET + EG[la polycondensation et poursuivie jusqu'à l'obtention d'une viscosité ~ 0,6] . Le PET visqueux est extrudé, refroidi et coupé pour donner des granulés de PET Amorphe.

3. Enoncé de solide :

Au cours de cette étape, Continuation de la polycondensation en phase solide (augmentée de 100 à 140 unités Environ), où le solide est fait entre 180°C et 240°C pendant 6 à 8 heures.

I.8.5 Domaine d'utilisation du PET :

Le PET s'est d'abord développé dans le domaine des textiles et des films, puis dans les fils industriels et dans les corps creux. Et tout cela grâce à l'excellente maîtrise et le contrôle de la cristallisation [16].

1. Rembourrage de peluches, de coussins.
2. Fibre textile pour la confection de vêtements (notamment à la base de PET recyclé).
3. Emballage résistant au feu.
4. Revêtement ajouté sur le papier aluminium pour éviter le contact avec les aliments.
5. Métalliser lunette d'observation des éclipses de soleil.
6. Films transparents à bas coût pour les applications d'optique (écran LCD).
7. Plastie ligamentaire et chirurgie reconstructrice.
8. Bouteilles.

I.9 L acrylonitrile butadiène styrène :

L'ABS est largement utilisé pour les applications de boîtiers dans des secteurs tels que les appareils électroménagers, la téléphonie, l'informatique et les équipements de jeu en raison de ses bonnes propriétés et ses bonnes qualités, de sa stabilité dimensionnelle et de son aptitude à la décoration. L'ABS peut être facilement recyclé par étuvage et peut être combiné avec d'autres composés styréniques (PS, SB, SAN) [7].

I.9.1 Définition d'ABS :

L'acrylonitrile butadiène styrène ou ABS est une matière plastique souple qui se caractérise par sa grande résistance aux acides et aux bases, il est également relativement rigide, léger et peu coûteux, car il présente un faible coefficient de retrait et une haute

stabilité. Et à partir de là, nous pouvons dire que l'ABS mérite d'être le choix parfait pour les appareils portables grand-public [7].



Figure I-7 : les plaques plastiques de L'ABS

I.9.2 Fabrication d'ABS:

Le matériau ABS est biphasé (structure complexe), fabriqué en mélangeant un copolymère styrene-acrylonitrile avec un matériau élastomère à base de polybutadiène (du polystyrène ou du SAN a été greffé sur le tronc de polybutadiène). Les nodules de la structure élastomère sont noyés dans la matrice. la phase élastomère apporte de la résistance aux chocs et de la souplesse [8].

I.9.3 Les applications du type d'ABS :

L'ABS est un plastique souple et résistant aux chocs largement utilisé dans de nombreux domaines et secteurs industriels tels que l'automobile, Instruments électroniques et l'électroménager, Extrusion.....etc [9].

1. Automobile :

Console centrale , boîte a gents , tableau de bord inferieur , appuie –genoux , console plafond , dossiers de siège moules par soufflage, panneaux intérieurs de portière, montants, garnitures de sieges, grilles, boîtiers de rétroviseurs , composants structurels [9].

2. Instruments électroniques et Electroménager :

Cadres TV , abillages d’appareils de cuisine , enceintes moniteur d ordinateur portable , boîtiers d’aspirateurs, panneaux de commande de produits blancs, dispositifs portatifs , panneaux LCD , claviers , adaptateurs et chargeurs , carcasses de téléphone mobile.

3. Extrusion :

Feuilles, receveurs de douche, toits de tracteurs, chants de meubles, revêtements de réfrigérateurs, bagagerie.

I.9.4 Propriétés d'acrylonitrile butadiène Styrene (ABS) :

L ABS c est un matériau avec des bonnes caractéristiques mécaniques et optique , électriques, thermique.....ect.

Nome de matériaux	Méthode de test	Valeur
Acrylonitrile Butadiène Styrène		
Densité spécifique g/cm ³	ASTM D792	1.04
Résistance a la traction (type 1,0.125) N/mm ²	ASTM D638	37
Module d'élasticité en traction N/mm ²	ASTM D638	2320
Allongement (type 1,0.125) %	ASTM D638	3
Résistance a la flexion (méthode 1) N/mm ²	ASTM D790	53
Module d'élasticité en flexion N/mm ²	ASTM D790	2250

Résilience IZOD (méthode A 23 °C) J/m	ASTM D256	106
Coefficient de frottement	ASTM D1894	0.080 à 0,46
Résistance a la déformation a chaud, a	ASTM D648	96
Résistance a la déformation a chaud	ASTM D648	82
Température de fusion des F°	DTA	407 à 501

Tableau I-4 : Les propriétés mécanique et thermique d'ABS [14].

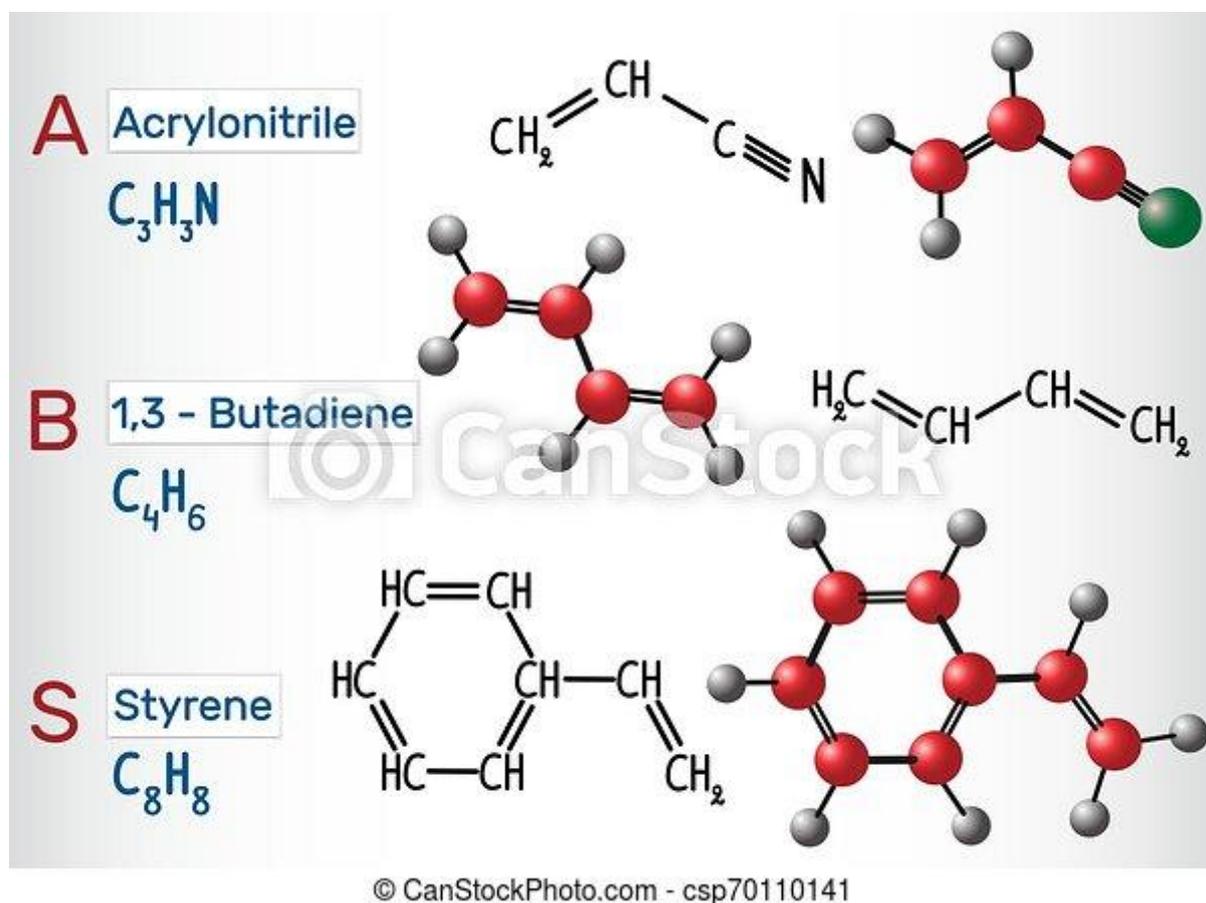


Figure I-8 : L'acrylonitrile butadiène styrène [29].

I.10 Coloration des matières plastiques

On sait qu'il existe de nombreux types de plastiques, quel qu'il soit, il est coloré à différents stades de son élaboration, en teintées des résines naturelles foncées (noir, rouge, bleu) et des résines naturelles claires sont colorées claire (jaune, orange) pour les polymères selon leur couleur naturelle [11].

I.10.1 Les types de colorant :

Les types de coloration des matières plastiques sont les suivantes :

1. Colorant à sec :

Les granulés vierges sont mélangés dans le tambour avec le colorant choisi.

2. Colorants dans la masse :

Les granulés sont colorés à sec et pour réaliser une bonne dispersion de la couleur, ils sont extrudés en filament, puis broyés par granulation.

I.11 L'origine du plastique

De nos jours, la plupart des matières plastiques sont synthétisées à partir de produits pétrochimiques, la chimie organique permettant de préparer en abondance et à peu de frais tous les précurseurs de polymères à partir du pétrole. Les trois origines essentielles des matières plastiques sont : pétrole 55%, charbon 35%, gaz naturel 10% [2].

I.11.1 Définition d'origine du plastique :

Si nous voulions savoir d'où provenaient à l'origine la plupart des matières plastiques, nous constaterions qu'ils proviennent des résines dérivées des matériaux Végétal, comme la cellulose (extraite du coton), le furfural (extrait de céréales), et les huiles (obtenues à partir de graines) [2].



Figure I-9 : Les étapes de production plastique

I.11.2 Les d'efférents types d'origine du plastique :

Les d'efférents types d'origine du plastique sont les suivants :

1. Origine animale :

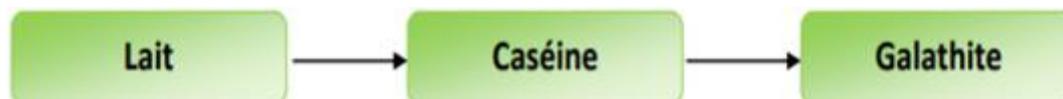


Figure I-10 : L'origine animale [21].

2. Origine végétale :

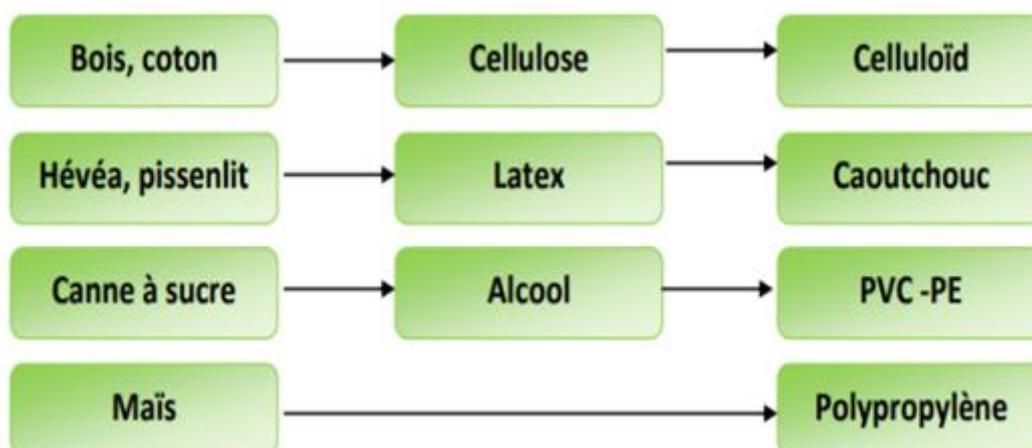


Figure I-11 : L'origine végétale [21].

3. Origine naturelle :

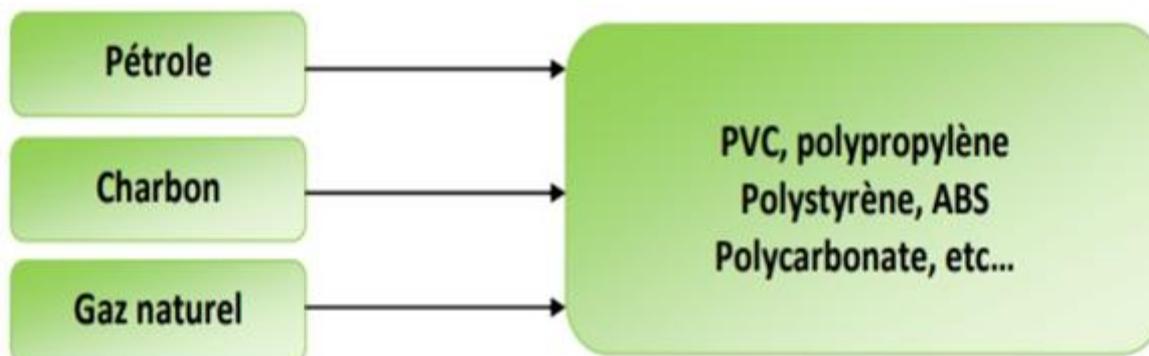


Figure I-12 : L'origine naturelle [21].

I.12 Conclusion

A l'heure actuelle, le plastique est l'un des matériaux les plus importants dans le domaine de la plasturgie et revêt une grande importance dans tous les domaines en raison de ses propriétés physiques et mécaniques.

Dans ce chapitre , nous concluons que les plastique sont des matériaux largement utilisés dans divers domaines , grâce à leurs propriétés (physiques, chimiques et mécaniques) correspondant à différentes exigences. De plus ,cela nous permet de différencier les différents types de plastiques.

II.1 Introduction

Des matériaux organiques à base de chimie et carbone ont été utilisés pour créer diverses pièces dans plusieurs domaines. En cela, nous avons remarqué que le moulage du polymère est différent. Pour former ce polymère, il existe plusieurs méthodes, dont l'injection plastique, qui est un procédé de mise en oeuvre de matières thermoplastiques, grâce auquel on obtient des pièces aux formes complexes. Cela se fait avec de ramollie le polymère dans des machines d'injection plastique, puis de la malaxé au niveau de vis de plastification, puis il est injecté sous haute pression dans un moule froid, et le polymère se solidifie en prenant la forme du moule. Les conditions et les paramètres de moulage, ainsi que la conception des formes et la réalisation des outillages sont des critères de base dont dépend la qualité du corps injecté [11].

Les machines d'injection plastique ont pour origine le but de produire des pièces de différentes tailles et de formes complexes en grande quantité, et cette injection se fait sous haute pression et haute température. La machine d'injection plastique est utilisée pour mise en oeuvre des thermoplastiques dans différentes domaines tels que l'automobile, l'électronique et l'électroménager, ainsi que les matériels de informatique. La plupart des types de machines d'injection diffèrent par l'unité de plastification, car elles se composent de deux unités principales : l'unité d'injection et l'unité de moulage. Il existe également 3 types de machines : Presse verticale, Presse horizontale, les Presse électrique [14].

Dans ce chapitre, nous parlerons en détail de l'injection plastique, dans lequel nous mentionnerons les procédés de transformation du plastique par injection, les techniques d'injection et les types des machines, ainsi que les paramètre et démoulage.

II.2 Le principe d'injection

La matière, en granulés, ramollie par la chaleur est injectée dans un moule sous forte pression. Après refroidissement ces moules permettent la réalisation d'objets de dimensions et forms variables, ainsi que de pièces techniques très complexes et de grandes precisions. Le moulage permet de fabriquer un objet immédiatement utilisable, l'organe central de la

Chapitre II : La technologie d'injection

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 qui est le sujet de notre étude.

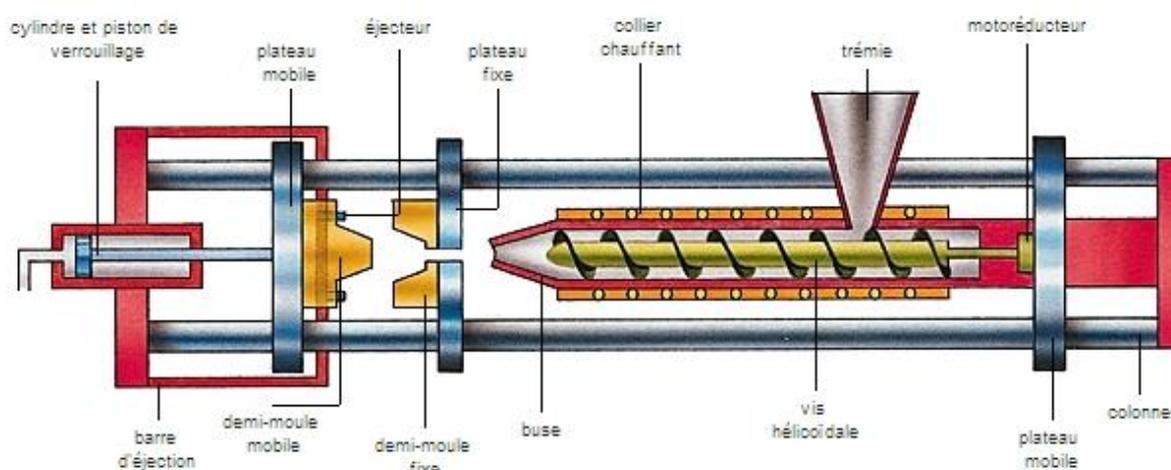


Figure II.1 : Moulage par injection [30].

II.3 Procédés de transformations du plastique par injection

Il existe différentes technologies qui permettent de transformer les plastiques et le choix des procédés de fabrication dépend essentiellement des polymères, les procédés utilisés le plus fréquemment sont :

II.3.1 Procédé de l'injection :

La procédure d'injection des plastiques est une technique de production très rapide et efficace grâce à laquelle nous obtenons des produits finis et semi-finis avec des formes complexes dans une seule opération, et aussi nous obtenons des pièces en grande série. Cette technique de fabrication, est commune pour la fabrication des objets moulés de haute qualité

dans différents domaines tels que l'automobile, l'agriculture et l'électronique. Il y a des choses qu'on ne peut pas faire de cette manière. Cette technique se fait aux étapes suivantes:

1. **la phase de dosage** : Dans cette étape, les granulés de polymère sont fondus par des actions conjuguées des colliers chauffants de la fourreau, puis la matière plastique est cisailée et transportée en l'avant de la vis dans l'espace lors de rotation.
2. **la phase d'injection** : le polymère fondu est transféré du réservoir à un moule via des canaux, Grâce à un mouvement de translation de la vis qui est généré par un vérin, à travers le clapet anti-retour.
3. **la phase de compactage** : Dans cette phase, il faut s'assurer que le moule soit complètement rempli avant que le matériau ne se solidifie. Voilà pourquoi on continue à envoyer de la matière sous pression, afin de pallier au retrait qui s'exerce lorsque la matière refroidit.
4. **la phase de refroidissement** : Refroidir le tout, par le biais de circuits de refroidissement à l'intérieur du moule. Suite à cette opération l'objet est éjecté du moule.
5. **la phase d'éjection** : Au contact des parois froides, elle prend la forme du moule et se solidifie, Le moule s'ouvre ensuite pour faire sortir la pièce (Ejecter la pièce)[5].

II.3.2 Injection soufflage :

Le procédé d'injection soufflage est la technique la plus utilisée dans la fabrication des bouteilles d'eau et de jus. La matière plastique est injectée pour de former (préforme), qui peut être chauffée ou stockée, pour être ensuite soufflée pour prendre la forme voulue. Après cela, L'éprouvette est placée dans le moule de soufflage en deux demi-coquilles qui ont la forme que nous voulons, puis l'injection est faite dans la cavité à travers le trou. Ensuite, nous mettons le matériau sur l'empreinte à froid et le figer dans sa forme finale [5].

II.3.3 Extrusion :

L'extrusion est un procédé de fabrication à haute cadence par lequel nous obtenons des formes très diverses., où l'extrusion est utilisé pour le revêtement des fils et des câbles électriques. Les produits sont fabriqués à partir de différents matériaux sous forme de couches en utilisant plusieurs machines conjointement. Ce procédé permet de transformer les poudres et les granulés en tuyaux, gaines, profilés, films ou plaques, et cela se fait en insérant

le matériau dans le cylindre de chauffage avec une vis sans fin à l'intérieur. Cette vis pousse le matériau à se fondre et comprimer, après quoi la phase de traitement est faite pour obtenir certaines propriétés avant le refroidissement.

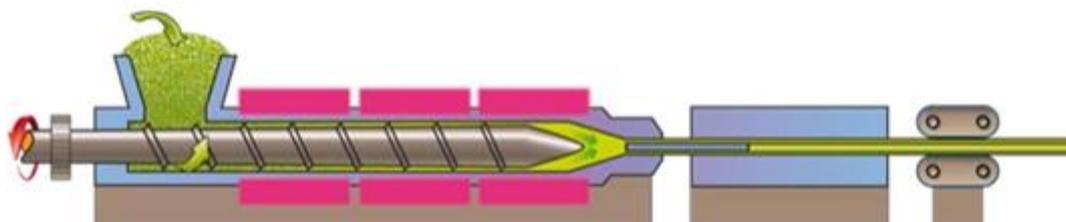


Figure II.2 : extrusion [14].

II.3.4 Extrusion gonflage :

Ce procédé est un dérivé de l'extrusion, il consiste à souffler en continu de l'air à l'intérieur d'un tube appelé paraison pour la faire gonfler. Ce procédé ne nécessite pas de moule, c'est l'air soufflé qui donne la forme et le refroidissement. Cette technique permet de fabriquer des en phase initiale, le principe est le même que celui de l'extrusion classique mais il n'y a pas de forme à la sortie de l'extrudeuse plastiques [6].

1. On insuffle de l'air comprimé dans le plastique ramolli.
2. Il se gonfle alors et s'élève verticalement comme une bulle de film très fin. On le laisse ensuite refroidir.
3. Avant de l'aplatir entre des rouleaux, on forme des soufflets et on prédécoupe les sacs.
4. On les enroule sur des bobines ou on forme des rouleaux.

L'extrusion-gonflage est utilisée pour fabriquer des sacs plastique (sacs poubelles, sacs de congélation,.... etc.), des rideaux de douche, des parapluies, des cirés, des films agricoles, etc.

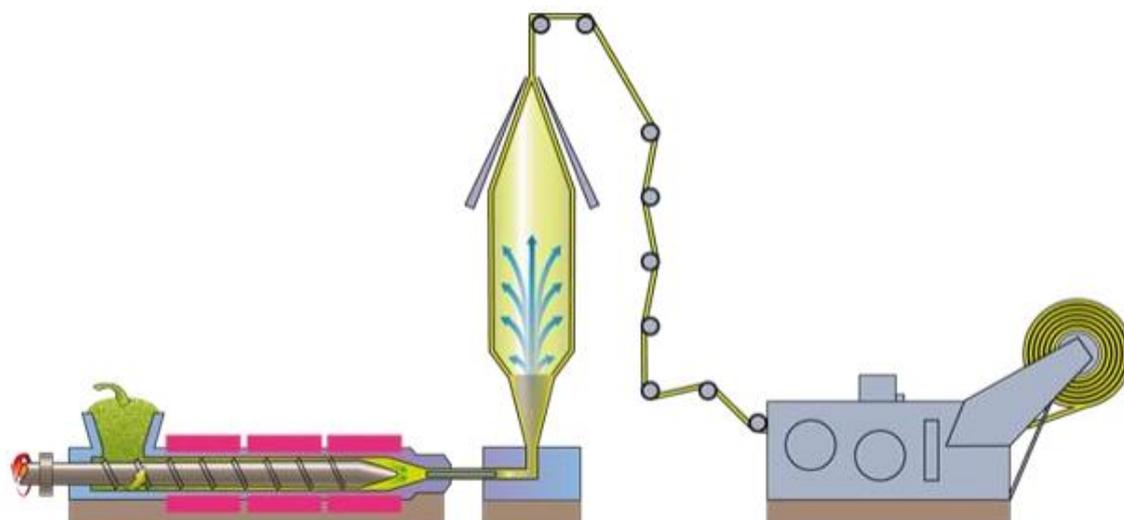


Figure II.3 : Extrusion gonflage [11].

II.3.5 L'expansion moulage :

Si nous voulions connaître l'importance de cette méthode et à quoi elle sert, nous constaterions qu'elle est utilisée pour fabriquer toutes sortes d'emballages constitués de polystyrène expansé, qui à son tour et avec sa caractéristique efficace est utilisé dans différent domaines, comme ainsi que pour la production de récipients pour l'emballages de lait et de yaourt [6].

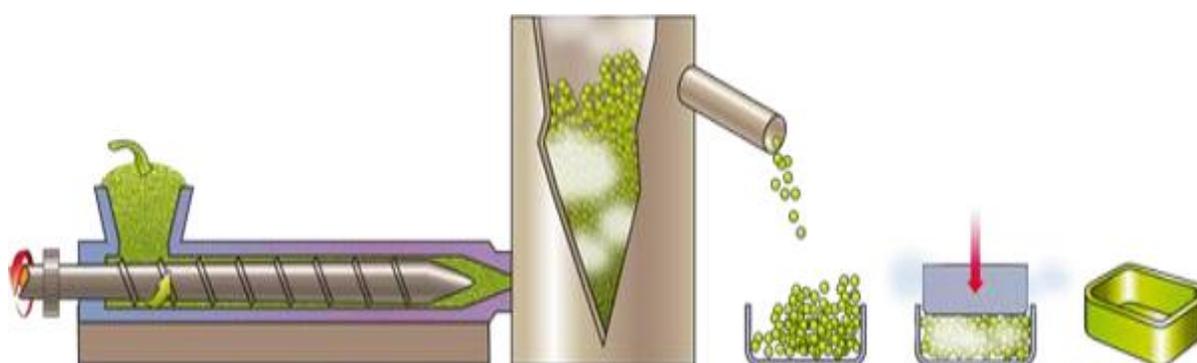


Figure II.4 : L'expansion moulage [11].

II.3.6 Thermoformage :

Ce procédé est notamment utilisé pour produire des pièces aux formes géométriques simples comme des pots de yaourt qui constituées de polystyrène et d'ABS. Le matériau se présente sous forme de plaques tubulaires, puis il est ramolli par chauffage avant de se déformer, puis le matériau est adhesion parfait au moule métallique au moyen d'un revêtement par injection d'air [12].

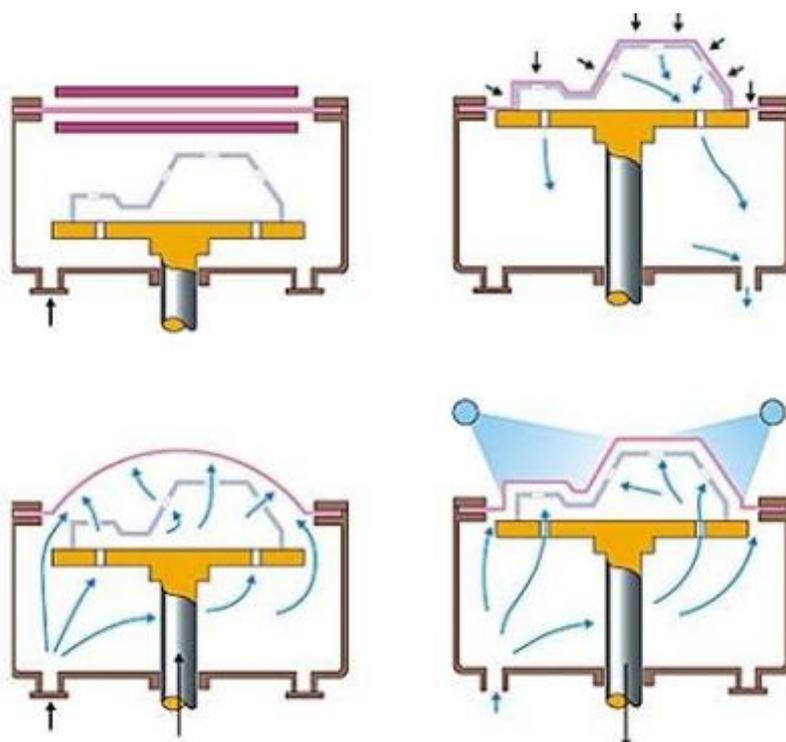


Figure II.5 : Thermoformage [31].

II.3.7 Calandrage :

Les matières thermoplastiques, mélangées à des additifs et des stabilisants, sont écrasées entre plusieurs cylindres parallèles. La matière est chauffée puis malaxée par une vis sans fin spéciale, pour donner une pâte épaisse. Cette procédure est utilisée pour fabriquer des produits semi-finis par des étapes suivantes :

1. Elle le passe entre les rouleaux pour une homogénéisation parfaite.
2. Réglées les paramètres (température, pressions, vitesse de rotation).

3. L'écartement, la pression et type de rouleaux donner les dimensions et les aspects des films qui sont mis en bobine ou coupés et empilé pour faire des feuilles , aux dimensions souhaitées des objets a former.

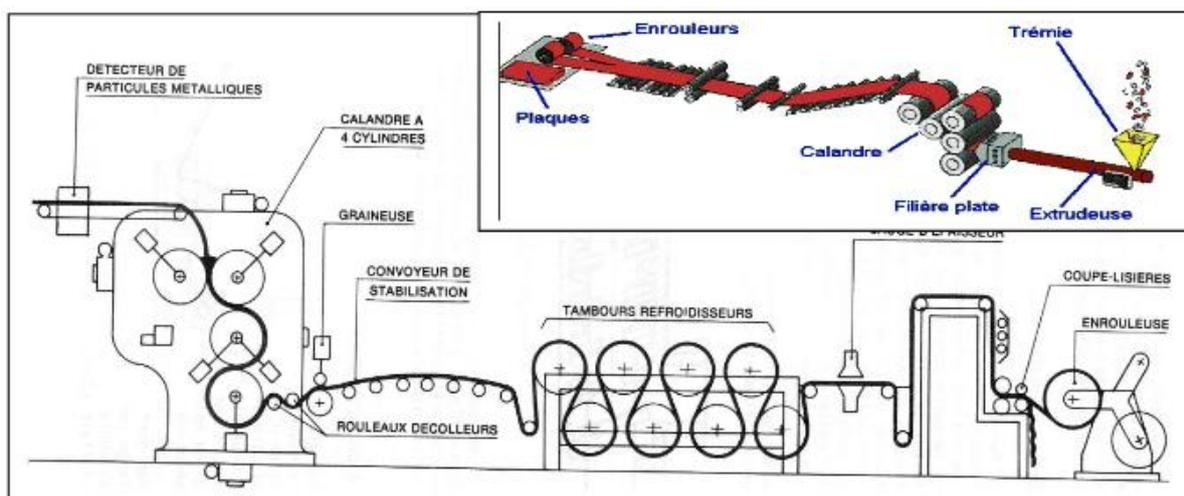


Figure II.6 : calandrage

II.3.8 Roto moulage :

Si nous voulions savoir à quoi conçu cette procédée, nous constaterions qu'elle est utilisée pour produire des corps creux, et cela se fait par les étapes suivantes :

1. Introduire la matière dans le moule sous forme de poudre fine.
2. Chauffer le moule après l'avoir fermé.
3. Mettre matière sous forme de fluide dans une double rotation afin qu'elle recouvre toutes les parois.
4. Refroidir le moule.
5. Démoulage de la pièce.

Un poste de rotomoulage doit assurer principalement la rotation du moule autour de deux axes perpendiculaires. Le temps de cycle est important en comparaison aux autres procédés (15-40 minutes par cycle); donc ces postes ont une faible cadence de production [12].

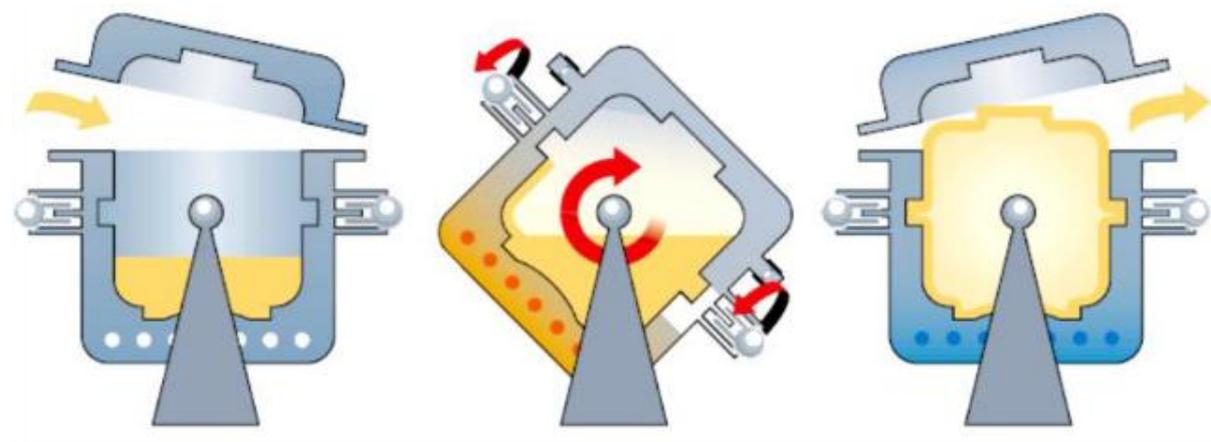


Figure II.7 : Rotomoulage.

II.4 Les machines d'injection

Les machines d'injection plastique consiste en une presse vis-piston qui comprend une trémie d'alimentation, un cylindre chauffé muni d'une vis sans fin mobile longitudinalement assurant la plastification et l'injection sous pression de la matière dans le moule.

II.4.1 Fonctionnement d'une presse à injection :

Le fonctionnement d'une presse à injecteur est un procédé relativement simple, généralement divisé en 4 étapes ordonnées : phase de plastification, l'injection, le refroidissement, puis l'éjection [15].

1. verser les granulés plastiques de dimensions allant de 2-3 mm dans la trémie, puis les ramollir en étant portée à 200°C - 250°C.
2. Pousser la matière malléable dans le buse puis l'injecter dans le moule à l'aide du vérin d'injection.
3. Refroidir la pièce en quelques secondes entre 50°C et 80°C, après avoir réparti uniformément les matériaux dans la cavité.
4. La presse ouvre l'outillage et les éventuels tiroirs, la pièce est éjectée par la batterie d'éjection.

II.4.2 Structure de la presse d'injection :

La presse à injecter se compose de plusieurs parties, les principales sont : plateau fixe, collier chauffant, vis sans fin, mécanisme de fermeture et console, buse, système d'évacuation, plateau mobile [11].

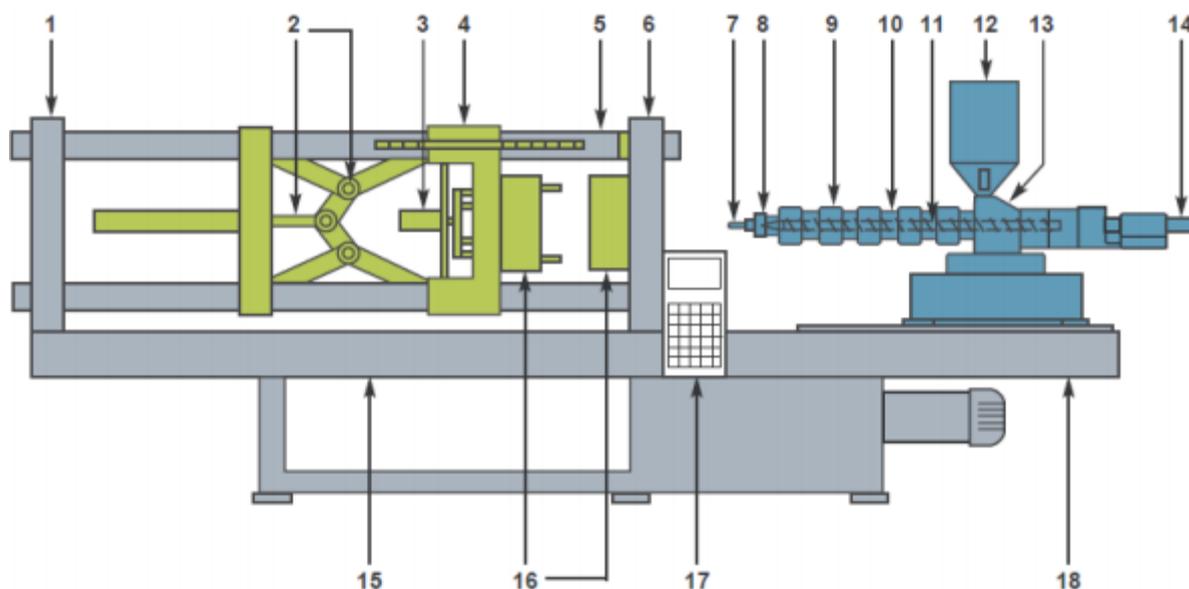


Figure II.8 : la press d'injection [14].

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 de plastification.
12. Trémie d'alimentation.
13. Goulotte d'alimentation.

14. Motorisation de la vis.
15. Décharge des pièces
16. Moule.
17. Console de commande.
18. Bâti.

II.4.3 Les caractéristiques d'une presse à injection :

Il ya des plusieurs caractéristiques d'unes presse d'injection plastique , dans ce partie nous mentionnerons les caractéristiques necessaire a la conception du moule , ainsi que les fondamentales [20].

A. Les caractéristiques fondamentales d'une presse à injection sont :

1. **La force d'injection** : C'est la force produite par le piston lorsqu'il avance sous l'influence du système hydraulique qu'il commande.
2. **pression d'injection** : Les pièces thermoplastiques sont injectées sous haute pression appelée (La pression d'injection), grâce à laquelle la matière a moulée entre dans le moule.
3. **Temps d'avance de piston** : durée de parcours de piston dans le cylindre lors deremplissage d moule il s'exprime en seconde.
4. **La capacité d'injection** : qui est la masse maximale de matière injectable a chaque cyclesuivant les machine cette masse peut varier de 15 g à 380 g .
5. **La pression de verrouillage** : Cette pression doit être supérieure à la valeur de pression totale adapté par la matière dans le moule , où il commande la pression pour une pression d'injection spécifique.

B. les caractéristiques necessaire a la conception du moule :

1. **Course de fermeture ou d'ouverture** : Elle conditionne la profondeur maximale des pièces moulables. La course d'ouverture doit au moins égale au double de cette profondeur.
2. **Passage entre colonnes** : Il détermine la largeur maximale du moule exploitable, à moins d'équiper la presse avec une colonne démontable, solution devenue assez courante.
3. **Dimensions des plateaux** : Elles fixent les valeurs extrêmes possibles pour l'une des dimensions transversales du moule.

4. **Épaisseur de moule minimale** : Il existe une distance entre les plateaux en position moule fermé qui représente le moule d'épaisseur minimale exploitable. L'obtention d'une fermeture complète des barquettes n'est pas nécessaire s'il n'y a pas de moule installé.
5. **Épaisseur de moule maximale** : Prévoir un réglage permettant au plateau mobile de bouger est absolument indispensable, car ce réglage ajouté à l'épaisseur du moule minimal, donnant l'épaisseur maximale possible du moule dans ces conditions. Nous utilisons une moule plus épaisse que la moule minimale, pour de conserver la valeur maximale de la course d'ouverture.
6. **Le volume maximale injectable** : C'est le volume maximal de la matière qu'on peut injecter dans le moule, sur la surface, y compris le volume des canaux d'alimentation. C'est le volume de la zone de dosage.
7. **Centrage et bridage** : La vérification de la disponibilité de la taille et de la pression requises est absolument nécessaire pour le type de pièces ou de matériaux à transformer. la totalité des cas de figures peut être résolue de cette manière. car les constructeurs offrent 3 diamètres de vis différent. Les différentes possibilités de commandes a savoir : Conventionnelle – boucle ouverte – boucle fermée dépendent des fabrications a réaliser et seront abordées en fin de chapitre [22].

II.4.4 Les différentes presses d'injection :

Il ya des plusieurs types d'une machine d'injection plastique , les principaux types ou les plus connaitre sont : Presse vertical , Presses horizontales , Presse électrique , ainsi que la presses modulables.

1. Presse vertical :

C'est l'une des types de machines d'injection plastique difficiles et fréquemment utilisées, où l'éjection de la pièce est manuelle. Ce type de machine est utilisé pour des moules comportant des insertions de prisonniers métalliques. l'ouverture du moule est dans un plan horizontal tandis que l'axe de la vis est vertical. la presse à un faible encombrement au sol, et aussi La stabilité laisse à désirer, car cette preses peu de place au sol [11].



Figure II.9 : presse à injecter verticale.

2. Presses modulables :

Type de presses particulières en générale de petite capacité et développées par quelques constructeurs (Arburg – boy). Par rotation des deux parties, ces machines peuvent être soit horizontales , verticales ou permettent l injection en plan de joint [20].

3. Presses horizontales :

On remarque dans ce type de machines que le moule est difficile à mettre en place, car il prend une position verticale par rapport à l'axe de la vis ou du piston horizontal. malgré que L'encombrement au sol soit très important, mais cela facilite l'accès à tous les organes, et pour cette raison on l'appelle encore en ligne. Caractérisé par : bonne stabilité, bonne accessibilité chargement matières.



Figure II.10 : Presses à injecter horizontales.

4. Presses spéciales :

Nous voyons réapparaitre des machines a deux plateaux mobiles permettant de doubler la capacité de production pour une même puissance sans avoir recours aux moules a étages (presse Stork) [20].

5. Presse électrique :

Les presses d'injection électriques sont généralement plus coûteuses à l'achat par rapport aux presses d'injection hydrauliques ou hybrides. et aussi nécessitent moins de maintenance que les presses hydrauliques, Les presses d'injection électriques ont souvent une puissance de serrage inférieure à celle des presses hydrauliques. Les principales commandes de mouvements des presses sont hydraulique, mais dernièrement sont apparues des presses a commandé tout électrique par servomoteurs alternatif , qui apportent les avantages sur le tableau suivantes :

Type de presse	Les inconvénients	Les avantages
Presse vertical	Chargement matiere peu accessible (hauteur trémie), charge au sol importante, nécessité de travailler avec des systèmes d obturations, cycles automatiques possibles que par utilisation de manipulateurs.	faible encombrement au sol, facilite de montage du moule, pose d inserts facilitée, recentrage des 2 parties moule aise.
Presses horizontales	Encombrement au sol important, recentrage du moule délicat (flexion des colonnes).	bonne stabilite (charge au sol mieux repartie), bonne accessibilité chargement matières, marche automatique aisee chute des pieces par gravite.
Presse électrique	Coût initial élevé, Dépendance à l'électricité, Complexité du système, Puissance limitée, nécessitent moins de maintenance que les presses hydrauliques.	Meilleure précision (indépendance de la température d'huile), Démarrage plus rapide, cycle plus court, Consommation énergétique (-50%), Surface au sol réduite, Maintenance simplifiée.

Tableau II.1 : les avantages et les inconvénients [20].

Nous avons remarque que La plupart des types des machines d'injection plastique sont différents par l'unité de plastification, elles se composent de deux unités principales : l'unité d'injection et l'unité de moulage , ainsi nous avons remarque que toutes les machines d'injection à des avantages et des inconvénients .



Figure II.11 : presse électrique [32].

II.4.5 Différentes parties d'une presse à injection :

Les machines d'injection plastique sont composées de 3 parties différentes : Unité d'injection, Unité de fermeture ou verrouillage et Le moule [11].

A. Unité d'injection :

- 1. analyse de la fonction :** Il est obligé de transférer la matière plastique préparée à l'intérieur du moule, pour cette raison la matière plastique doit passer de l'état solide à l'état liquide, être sous forme de granulés et devenir liquide grâce à la température élevée. Cela garantit la meilleure fluidité et homogénéité possible.
- 2. les moyennes utilisées :** système vis - piston est le système utilisé depuis longtemps dans les machines d'injection plastique, car nous nous limiterons dans notre développement sur ce système. Il existe un système de transfert qui réserve une capacité grossière d'injection (10 000 cm³). Le transfert de la matière est assuré par un vérin qui commande le piston de le transfert, Tandis que la plastification est assurée par une vis.
- 3. Système vis-piston :** Il existe 4 Caractéristiques principales du système VIS – Piston : La capacité d'injection qui est le volume maximal que peut offrir le cylindre d'injection, La capacité de plastification horaire, La pression maximale d'injection, ainsi que Le dégazage qui est très utile pour avoir la possibilité d'évacuer le gaz produit pendant la plastification. Le dispositif

remplit deux fonctions en un seul mécanisme sont : la plastification et l'injection.

- ◆ **Pour la plastification** : On sait que les granulés de plastique sont placés dans la trémie, mais ces granulés se fondent et s'homogénéisent lors du transport de la trémie à la buse, où se trouve la vis tourne et plastifie la matière. Le dispositif vis-piston peut reculer dans le fourreau de la machine pour doser la quantité voulue de matière plastifiée devant la vis, et ceci pour stocker la quantité nécessaire pour injecter une pièce. Les paramètres de plastification sont : courbes, les chauffes, vitesse de rotation vis, contre pression, Cinématique de la plastification ou dosage.
 - ◆ **Pour l'injection** : un vérin hydraulique pousse la vis, celle-ci plaque le clapet sur son siège, la matière ne peut plus refluer vers l'arrière l'ensemble injecte sous pression dans le moule la matière dosée. l'hydraulique peut être asservie pour harmoniser le remplissage du moule en fonction de la pièce et de la matière éjectée.
4. **La vis de plastification** : vis de plastification est un élément essentiel dans le processus de transformation des plastiques, permettant la fusion, le mélange et la plastification des matières plastiques afin de les rendre aptes à être formées selon les besoins spécifiques de la production. la vis transfère la masse dans le pot d'injection et continue à plastifier des nouvelles quantités. La vis de plastification comprend quatre zones :
- ◆ **zone de l'alimentation** : C'est le transport de la matière vers la zone de plastification, Dans cette zone, le matériau est généralement solide et est poussé vers l'avant par l'action d'un ou plusieurs systèmes d'alimentation, tels que des trémies ou des vis d'alimentation.
 - ◆ **zone de la plastification** : La chaleur appliquée à cette zone, généralement par des éléments chauffants intégrés à la vis, fait fondre le matériau en une masse visqueuse homogène. La vis de plastification est conçue pour mélanger et homogénéiser le matériau fondu pendant son passage dans cette zone.
 - ◆ **zone de le mixage** : Mixer la coulée pour éliminer les infondus.
 - ◆ **zone de le transport de la matière plastifiée** : Transporter de la matière plastifiée de la goulotte vers le pot d'injection.

B. Unité de fermeture ou verrouillage :

Le groupe de fermeture sert à appliquer la force de fermeture et à centrer les deux parties du moule lors de la fermeture. Ce groupe joue un rôle important dans la machine d'injection plastique car il permet de monter le moule sur la presse et de rendre possible son ouverture et sa fermeture. Le Groupe de fermeture à un plateau mobile et un plateau fixe. La force de fermeture est la force nécessaire pour maintenir les deux parties du moule fermées pendant son remplissage sous haute pression [11].

1. Caractérisation d'un système de fermeture:

Les caractéristiques d'un système de fermeture sont : la force de fermeture , le course de fermeture ou d'ouverture , la force d'éjection, ainsi que l'épaisseur du moule maximale et les dimensions des plateaux .

2. les différentes types d un système de fermeture :

- ◆ **fermeture mécanique dite a genouillères** : La force de verrouillage n'est garantie que par les genouillères, c'est pourquoi on l'appelle fermeture mécanique. On note que le verrouillage est positif, surtout si La résultait de la force assurée par l'allongement mécanique des colonnes machines. il faut peu d'effort au verin pour assurer l'alignement des points d'articulation[20].

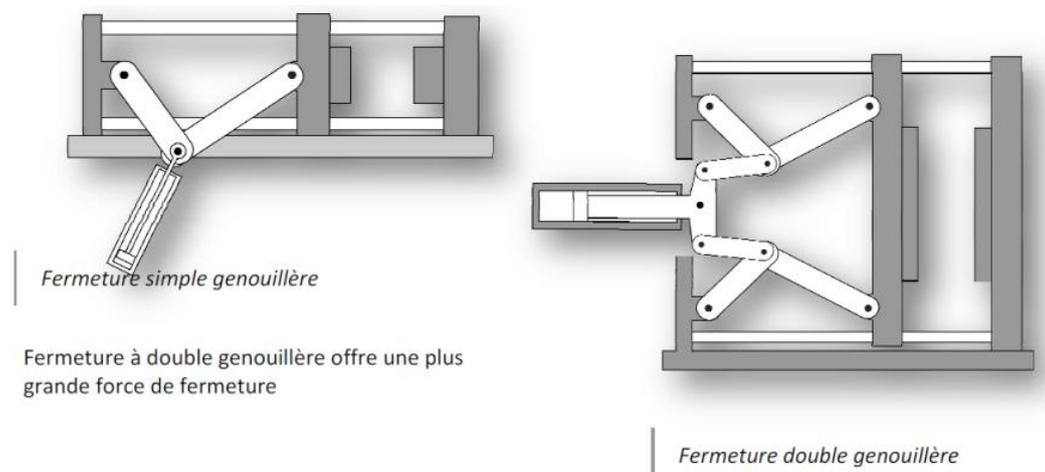


Figure II.12 : fermetures double et simple genouillère [22].

◆ **fermeture hydraulique :**

- a. La fermeture hydraulique est réalisée par des vérins hydrauliques.
- b. La phase d'approche est réalisée par des vérins de section plus faible.
- c. L'huile de la chambre du gros vérin est aspirée ou descendant par gravité.
- d. le vérin est alimenté directement et un peu d'huile suffit pour obtenir la montée en pression en fin de course.
- e. Il faut attendre que la pression se stabilise pour démarrer la phase suivante du cycle [20].

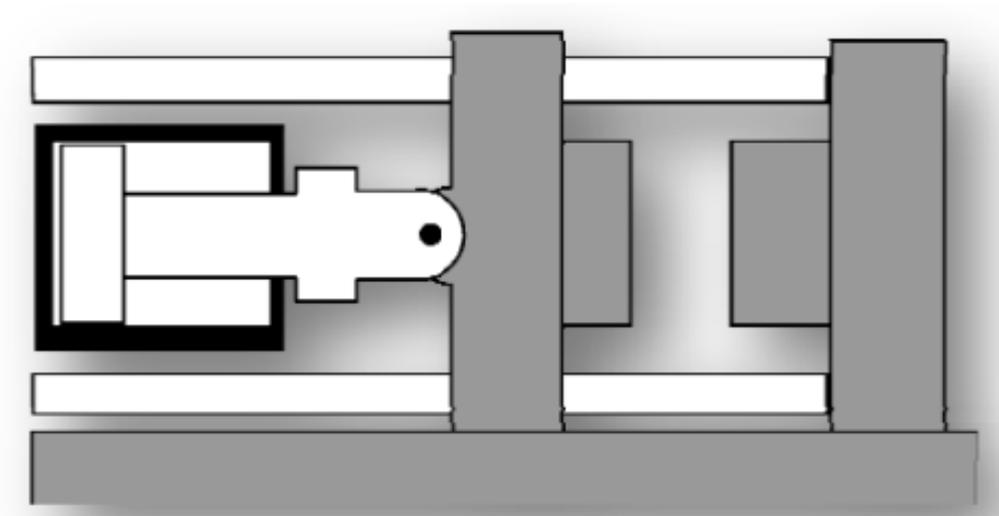


Figure II.13 : Fermeture hydraulique [22].

- ◆ **fermeture mixte :** Compromis entre la fermeture mécanique et hydraulique. les mouvements rapide d ouverture et de fermeture sont réalisés par la genouillère. Après alignement de celle-ci , un ou plusieurs vérins assure le verrouillage [20].

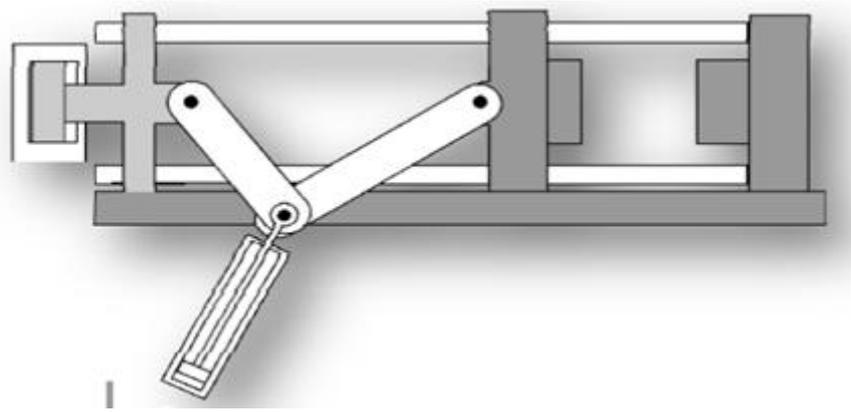


Figure II.14 : fermeture mixte [22].

C. Le moule :

Le moule est un ensemble de pièces métalliques bien assemblées, c'est un assemblage mécanique de haute précision qui permet de fabriquer des milliers de pièces en injectant de la matière plastique. Il est utilisé sur une machine appelée presse à injecter car il se compose de deux parties principales, une partie fixe pour l'injection de la matière et une partie mobile pour la fermeture du moule. Le processus de démoulage a lieu lorsque la pièce est prête et fabriquée, cela signifie que la pièce a obtenu le matériau thermoplastique et aussi obtenu une rigidité suffisante par refroidissement, ce refroidissement qui est assuré par les circuits qui sont implantés autour de la cavité de la pièce à moulée [11].

1. Règle de conception :

Les règles essentielles concernant la conception des moules pour thermoplastique sont :

- ◆ Eviter les entailles et les arêtes aigues.
- ◆ Eviter la variation importante sur les épaisseurs des parois.
- ◆ Eviter les accumulations des masses.
- ◆ Prévoir l'éventration du moule dans les zones de découlement ou dans les zones de soudure.
- ◆ Prévoir des angles de démoulage.

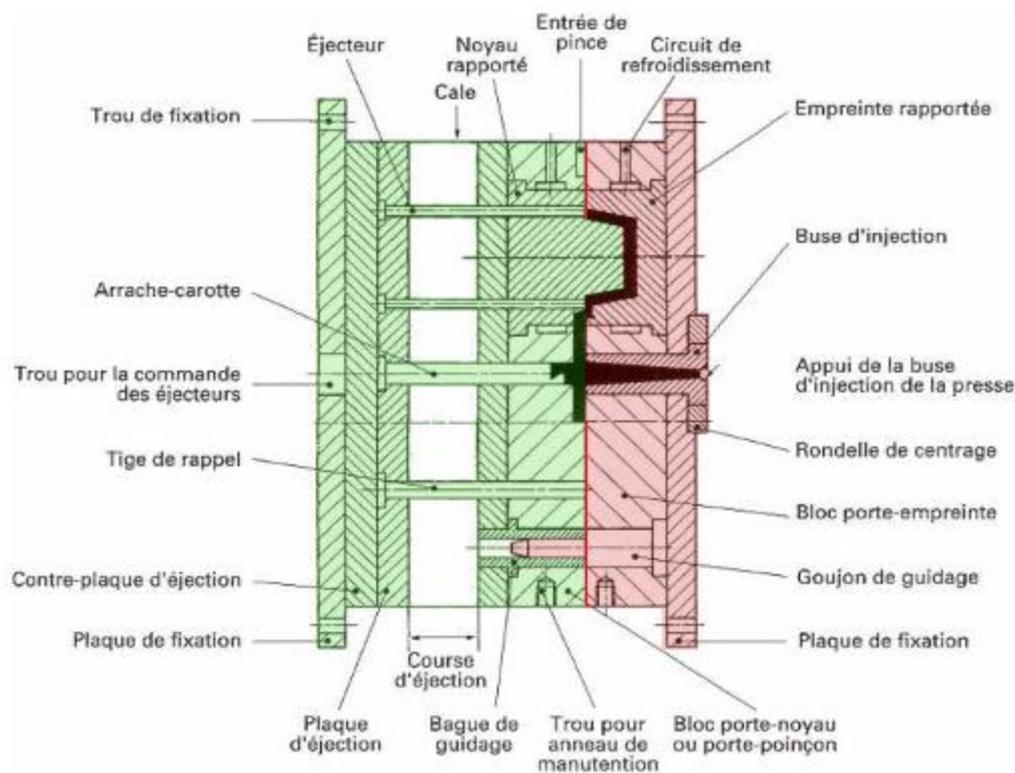


Figure II.15 : Les différents éléments d'un moule d'injection- nomenclature.

II.4.6 Le choix d'une presse :

Si nous voulons choisir une des machines d'injection plastique pour voir un meilleur rendement , Nous dépendons des critères telque : L'encombrement entre colonnes , La force de fermeture , La capacité de plastification , Epaisseur minimale du moule (fermeture maximale des plateaux), La capacité d'injection ainsi que la force d'éjection [11].

Marquee et Type de machine	Dimension entre les colonnes (haut*harg)(mm)	La force de fermeture (t)	La capacité de plastification (kg/h)	Epaisseur minimale du moule (mm)
F80/20 klockner	255*235	20	36	150
80/25 Engel	260*260	25	46	60
80/35 Engel	260*260	35	46	60
H150/50 Billion	205*305	50	50	140

Tableau II.2 : Quelques des machines d'injection avec leurs cretères [20].

II.5 Les paramètres d'injection

II.5.1 Température de mise en œuvre :

Dans la méthode d'injection plastique, il y a des choses qui doivent être connues sur la température, afin qu'elle ait des valeurs spéciales pour la production de pièces thermoplastiques sans problèmes ni dommages. La dégradation thermique du matériau se produit avec des changements de couleurs et de propriété mécanique lorsque la température est trop élevée, tandis que la basse température provoque des tensions internes dans la pièce moulée par injection. Dans le réglage de température du cylindre s'effectue en fonction des degrés, entre 240 et 280°C. Aussi, les températures des moules montent entre 40 et 120°C, car leur augmentation entraîne une diminution des tensions internes [11].

Matière	Température de la matière	Température de la moule
ABS	220 - 280	60 - 80
PC	270 - 320	80 - 120
pp	250 - 270	40 - 100
PA - 66	250 - 290	80 - 90

Tableau II.3 : la température de moule et de la matière [22].

II.5.2 Pression dans l'empreinte :

Si nous voulions connaître les dégâts et les problèmes causés par la très basse pression, nous constaterions qu'elle entraîne un Remplissage difficile et des lignes de soudures, tandis que la très haute pression provoque la Dégradation de la matière et parfois la Dégradation des additifs. Pour assurer une bonne qualité et une bonne précision dimensionnelle, il est nécessaire de concevoir un système de régulation de pression idéal qui est commenté dans le tableau suivant :

Matière	Pression d'injection	Pression Maintien
ABS	800 - 1400	
PC	800 - 2000	560 - 1400
PP	600	300
PA - 66	1700 - 1200	350 - 600

Tableau II.4 : la pression d'injection et Maintien [22].

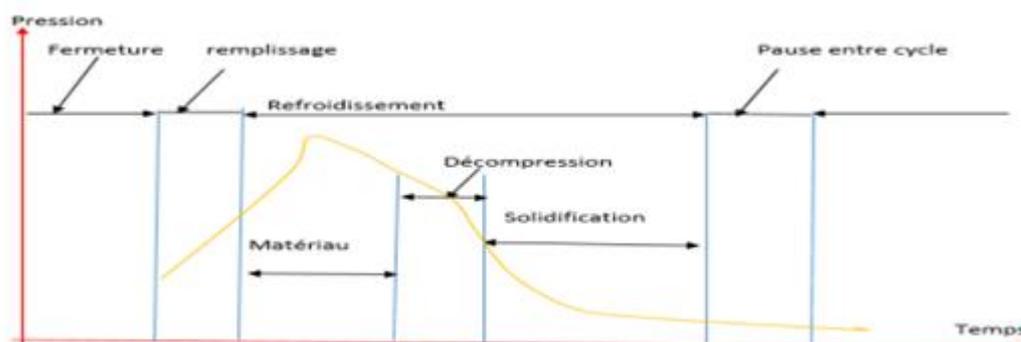


Figure II.16 : la pression dans l'empreint sur un cycle de moulage.

II.6 Les Techniques d injection

Pour pouvoir optimiser les pièces moulées, l'injection s'est fortement différenciée en une bonne quinzaine de technique.

II.6.1 Injection de grande cadence :

Nous Remarque que cette technique vise à éviter les vibrations ainsi que la lubrification (décarottage) , et cela se fait en utilisant des presses à vitesse d'injection rapide et stable avec des moules multiples empreinte pour les systèmes à canaux chauds [13].

II.6.2 Micro – injection :

Le technique micro – injection est un méthode trie important qui nécessaire de faire le vide dans les micros empreintes du moule, elle est crée pour réalise des petits pièces et des élément d un poids de 0.10g [13].

II.6.3 injection lourde :

Dans cette technique, ils utilisent des presses à mailles ainsi que des presses avec plus de 2000 t de force de fermeture [13].

1. Remplacement des colonnes de bordure classiques par des cadres en acier qui bloquent le sommier et la plaque fixe.
2. Insertion du moule sur un côté de la machine.
3. roulé le moule sur les plaques de fixation.

II.6.4 Injection séquentielle :

C est une technique particulière dans laquelle tous les points d'injection sont alimentés en même temps, car chacun d'eux traverse le flux de matières provenant du point placé dans une direction plus élevée. Elle diffère grandement des autres techniques et de peu d'utilisés.

II.6.5 Injection sur noyau fusible :

On peut dire que cette technologie est utilisée pour fabriquer des pièces creuses et complexes, et cette fabrication se fait par de mouler d un noyau en coquille, puis injectant la matière plastique dans le noyau qui fusionne par induction magnétique, en suite la pièce et l outillage fondu se récupère pour renoyautage [14].

II.6.6 Sur – injection :

La sr-injection consiste , au noyau de plusieurs machines d injection positionnée successivement sur le même moule, à injecter plusieurs matières de façon à former un objet complexe [14].

II.6.7 Co- injection :

Cette technique ne Pas plus différent que les autres technique, car elle est consiste à injecter successivement dans la même cavité diverses matières qui se superposent, elle s'appelle la Co- injection [14].

II.7 Système refroidissement des moules

On peut dire que ce régime est en effet essentiel car les calories doivent être déchargées le plus rapidement possible pour la préservation de qualité. Pour cela, trois principes doivent être rappelés : les températures des deux faces du moule égal $\pm 5^\circ \text{C}$, Les écarts de température doivent être inférieurs à 5°C sur toutes les parois, Se placer dans les conditions de régime turbulent, les dispositifs de régulation thermique règlés entre 50 et 80°C .

Les fluides de régulation peuvent être saumure, tel que eau glycolée, pour les températures à 0°C , et pour les températures comprises entre 0 et 90°C , nous utilisons de l'eau, et les huiles pour les températures supérieures à 90°C .

dans le circuit de refroidissement, ils sont utilisés en général d'eau adoucie et de pompe, et aussi présents dans les empreintes seulement, ainsi que refroidit au plus près de chaque point d'injection [14].

II.7.1 Le temps de refroidissement :

Le temps de refroidissement est défini par la relation suivante :

$$Tr = \frac{e^2}{\pi^2 * a} \ln \frac{8 * (ti - tm)}{\pi^2 * (td - tm)} \quad [22]$$

Avec :

Tr = temps de refroidissement en s.

e = épaisseur de la pièce.

Tm = température de la surface de l'empreinte.

Td = température moyenne de la moulée au moment du démoulage.

a = coefficient de diffusion thermique de polymère.

Ti = température de l'injection.

II.8 Démoulage Ejection

II.8.1 Démoulage :

C'est un processus nécessaire qui se fait après la solidification de la pièce et se caractérise par plusieurs solutions mécaniques qui garantissent l'éjection, telles que la dégagement de tous les éléments qui s'opposent au démoulage et des mécanismes d'extraction tels que les plaques de dévêtissage et l'air comprimé, ainsi que comme éjecteurs. Mieux vaut ne pas oublier de retenir les pièces injectées dans le moule pour éviter les problèmes.

les systèmes principaux sont : Extraction liée directement au mouvement d'ouverture de la presse, dégagement par dévissage, démoulage des pièces avec des éléments mobiles qui sont enlevés après éjection [14].

II.8.2 Ejection :

Nous savons que la haute qualité est l'un des principaux objectifs de la production de pièces en plastique, de sorte que les pièces ne doivent pas être déformées lorsqu'elles sont éjectées par un éjecteur, par l'air, par une plaque de revêtisseuse ou un coulisseuse. Cela se fait à une température correspondant approximativement à 50 C. La plupart du temps, nous choisissons l'éjection à lame ou latérale pour les éjections.

II.9 Conclusion

Les procédés de mise en œuvre des matières plastiques sont très divers et s'appliquent selon les cas à des matériaux solides ou liquides plus ou moins pâteux, thermoplastiques ou thermodurcissables, monolithiques, homogènes ou composites.

III.1 Introduction

Dans l'injection plastique, les empreintes sont les parties du moule qui servent à obtenir la pièce désirée. Généralement, l'empreinte ayant des reliefs est placée en partie mobile pour que la pièce ait tendance à rester dessus, permettant ainsi à la batterie d'éjection d'éjecter la pièce. Les empreintes sont en acier désigné par 40CrMnMo8 [22].

Le moule est constitué de deux parties principales, une partie fixe et une partie mobile, cette partie fixe pour l'injection de matière tandis que l'autre pour la fermeture du moule. Le moule est un outil de transformation comportant une cavité destinée à recevoir un matériau liquide puis à le mettre en forme en vue d'obtenir un objet. Ce moule permet de fabriquer des milliers de pièces en injection de matière plastique en fusion dans des empreintes, la pièce devra se démouler au niveau de plan de joint. L'opération de démoulage peut avoir lieu lorsque la pièce fabriquée a acquis par refroidissement le plus souvent une rigidité suffisante.

Dans ce chapitre, nous allons parler sur la conception d'un moule, où dans lequel nous mentionnerons les différents matériaux constitutifs de l'empreinte, les fermetures du moule, la modélisation de pièce, la fabrication de moule ainsi que le remplissage et le cycle de moule.

III.2 Modélisation de pièce

Plastisem dispose en interne d'un bureau d'études injection plastique dédié à ses clients. Équipé d'un logiciel de modélisation 3D, le bureau d'études offre de nombreux services pour modéliser ou optimiser les pièces en plastique à injecter.

III.2.1 Règle de conception :

Dans la conception des moules concernant de thermoplastique, il faut éviter les entailles et les arêtes aiguës et les accumulations des masses pour obtenir un objet de haute qualité et précis, il faut aussi prévoir des angles de démoulage et éviter la variation importante sur les épaisseurs des parois [14].

III.2.2 Règles élémentaires de conception plastique :

Dans la conception des moule, les concepteurs réaliser des pièces en plastique plus facile a moulé, plus légère possible et plus facile a assembler si elle est composée de la plusieurs éléments. Aussi la pièce a moulée doit être plus résistant aux chocs et au vieillissement [14].

III.2.3 Dessin de la pièce :

Pour la conception d'une bonne pièce plastique, il faut :

1. Respect les règles qui visent à donner à la pièce l'aspect souhaitent.
2. permettre une réalisation de moule les plus simples possibles a minimiser les reprises.
3. Respect les règles qui visent a donné à la pièce la résistance souhaites.
4. assurer une production économique [14].

III.2.4 Epaisseurs de parois :

Pour obtenu des pièces plastique de bonne qualité et sans des retassures, bulles, criques, il faut respecter les règles de choix des épaisseurs de paroi, par exemple : il faut Garder l'épaisseur de la paroi aussi uniforme que possible et Utilisez des transitions progressives entre des sections épaisses et fines. L'épaisseur de la paroi doit correspondre à la fois à la fonction et au procédé de fabrication [14].

III.2.5 Les dépouilles et contre – dépouille :

Afin de faciliter le démoulage et l'éjection, il faut prévoit des dépouilles sur les parties intérieures, ainsi que d'inclure des contre-dépouilles lorsque votre conception possède ces caractéristiques (des crochets, des rainures et d'autres éléments). Il nécessaire aussi de évitera les parties de pièce en contre dépouilles qui obligent utiliser des tiroirs.

III.2.6 Le choix du plan de joint :

En fonction des possibilités de moulage et de réalisation du moule, ce choix peut devenir très délicat quand les dépouilles sont difficilement compatibles avec les fonctions que la pièce doit assurer certains détails de conception ne sont pas compatibles avec n'importe quel plan de joint [14].

III.3 L architecture du moule

La conception de la pièce et le choix de son type d'alimentation déterminent le choix de l'architecture du moule et les difficultés d'usinage et de moulage.

III.3.1 Moule à deux plaques :

Ce moule est constitué de deux plaques métalliques reliées par une charnière, la plaque fixe et la plaque mobile, avec une plaque centrale qui isole les carottes et canaux des pièces. La résine fondue est injectée à travers la carotte du côté fixe le long d'un canal sur le plan de joint. Les pièces sont éjectées de la partie mobile lorsque le moule est ouvert.

Ce système est plus simple et plus fréquent, offre plusieurs avantages, comparé au moule à deux plaques, D'abord, le dégagement est automatique au cours du processus d'éjection [21].

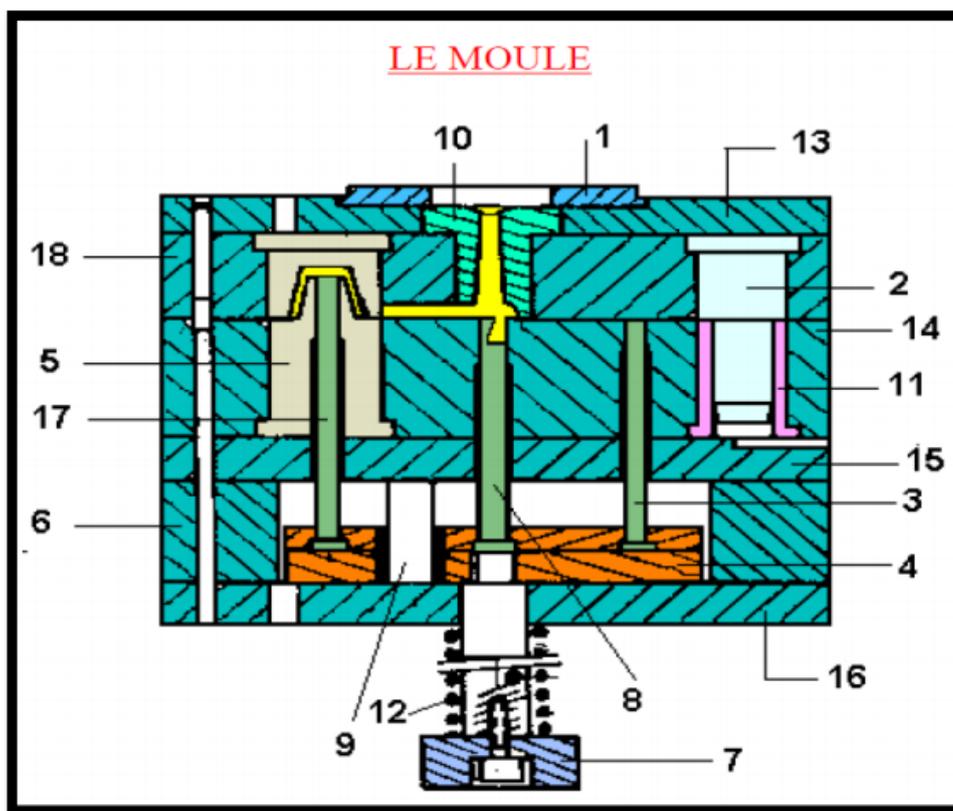


Figure III.1: moule d'injection à deux plaques [22].

Chapitre III : Conception des Moule

1. Bague de centrage.
2. Colonne de guidage.
3. Rappel d'éjection.
4. Plaque d'éjection.
5. Empreinte.
6. Tasseaux.
7. Queue d'éjection.
8. Arrache carotte.
9. Plot de soutien.
10. Contre buse.
11. Bague de guidage.
12. Ressort de rappel.
13. Plaque de fixation A.V.
14. Plaque porte empreinte Inf.
15. Plaque intermédiaire.
16. Plaque de fixation A.R.
17. Ejecteur.
18. Plaque porte empreinte sup.

III.3.2 Moule à tiroir :

Les moules à tiroirs sont utilisés pour les pièces de moulage par injection ou de fonderie sous pression avec contre-dépouilles sur tout le périmètre. Ce type de moule permet de sortir des pièces offrant des parties en contre – dépouille ou trou. Il contient les avantages suivants :

1. Moules à tiroirs prêts à l'emploi composés de pièces standard de précision disponibles sur stock.
2. Entraxe adaptée aux plaques F.
3. Les tiroirs couvrent toute la longueur du moule.
4. Aucun risque de coincement grâce au rapport favorable longueur / largeur du guidage et de la colonne centrale oblique.
5. Système de guidage tout prêt robuste et ajusté [21].

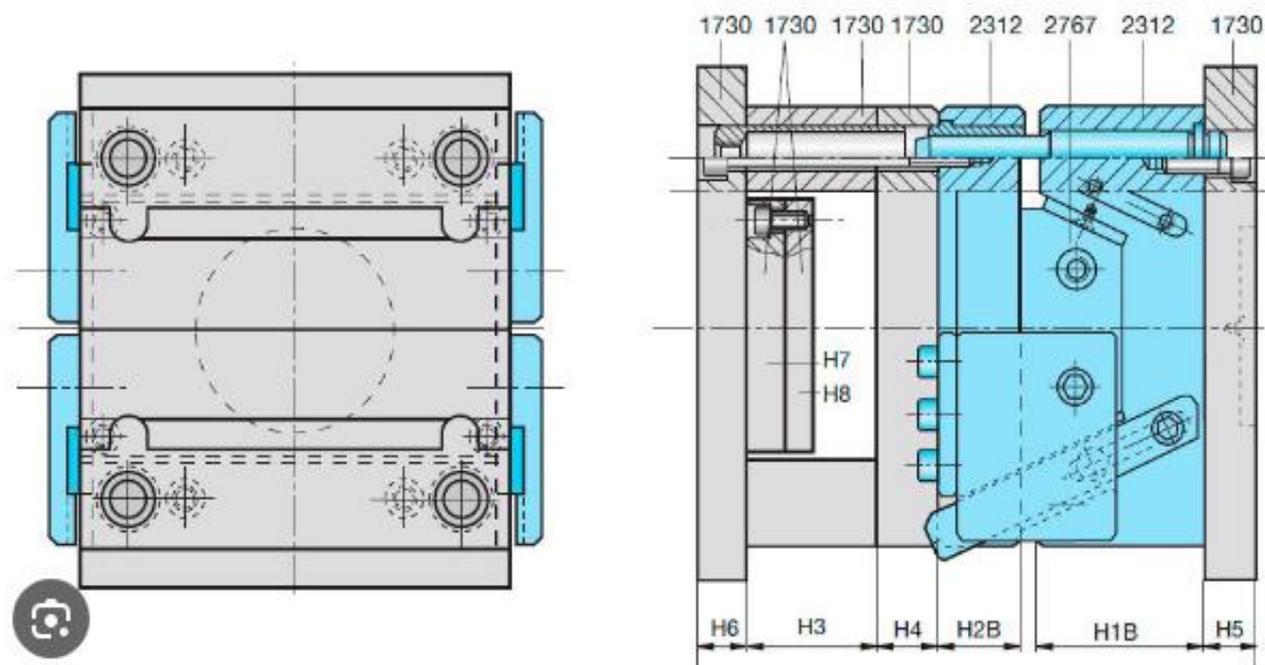


Figure III.2: moule à tiroir [22].

III.3.3 Moule à coquilles :

Ces moules à canaux chauds remplacent les moules de carotte et canaux froids avec un distributeur chauffé à l'électricité qui conserve cette portion du dosage à l'état fondu. Il contient les avantages suivants :

1. Raccourcir le cycle de moulage des pièces ET Économiser les matières premières plastiques.
2. Réduction du volume de matière engagée, donc réduction de l'énergie consommée pour chauffer le cylindre et plastifier la matière.
3. Réduire les déchets et améliorer la qualité des produits.
4. Utilisation de presses plus petites car les canaux ne créent pas de forces réactionnelles.

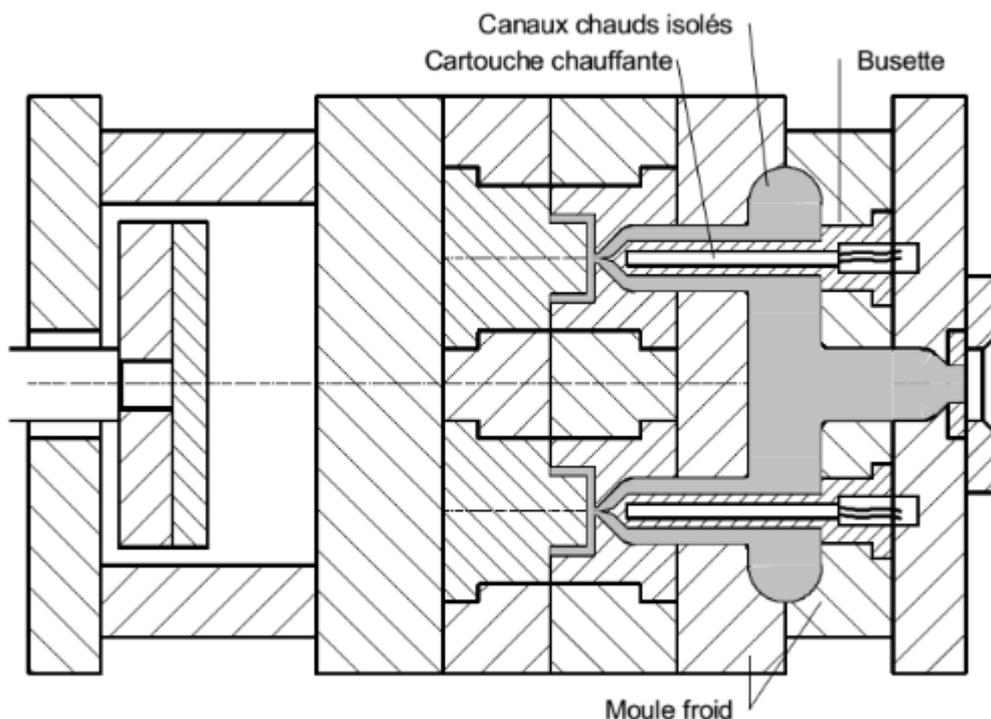


Figure III.3: les canaux chauds dans le moule d'injection plastique.

III.4 Empreint du moule

La nature de l'acier utilisable pour fabriquer l'empreinte d'un moule est définie en fonction du nombre de pièces à mouler. La plupart du temps, les empreintes sont en acier désigné par 40CrMnMo8 [acier « 110 kg » (110 kgf /mm²): ayant une résistance à la rupture de 1 100 MPa].

III.4.1 Nombre d'empreintes :

Le nombre d'empreintes est une fonction d'impératifs technique (precision et reproductibilité des empreintes, temps de cycle....etc).La détermination de ce nombre est une étape fondamentale dans le calcul qui précède la conception. Les critères économiques sont:

1. Temps d'occupation des machines.
2. Nombre de démoulages annuels ou hebdomadaires.

3. Production et stockage des pièces pour que toutes les pièces d'une même moulée soient identiques.

IL peut utilisé pour les autres types de moules telque les moules pour pièces en caoutchoucs tout en tenant compte des techniques utilisées [14].

III.4.2 Matériaux constitutifs de l'empreinte :

Ce choix dépend de la destination du moule, que les critères de longévité sont pris en compte en photo avant tout Pour les moules de grandes séries. Tandis que pour les moules de très petites séries par contre, être réalises avec des matériaux moins résistants si les conditions de fonctionnement des moules sont identiques. Ces matériaux doivent avoir une bonne résistance à l'abrasion causée par le frottement, une usinabilité et une bonne aptitude au polissage, une précision et une stabilité dimensionnelle correcte. Ainsi que une bonne résistance à la corrosion chimique indispensable et conductivité thermique.

A. Acier :

Les aciers les plus couramment utilisés dans la construction de moules sont les suivants : Aciers de cimentation, Aciers à canon, Aciers à durcissement individuel, Aciers résistants à la corrosion. Nous obtenons des éléments résistant à la fatigue et aux contraintes grâce a un choix et un traitement thermochimique judicieux. Le mode de fabrication de l'empreinte amen les moulistes à choisir des aciers faciles à usiner et à polir [15].

B. Alliage de cuivre :

Les alliages de cuivre désignent un ensemble d'alliages où la teneur en cuivre est majoritaire, Ils ont une bonne résistance à la corrosion. dans le moulage par injection , on peut employer un alliage cuivre béryllium qui a une conductivité thermique 4 a 6 foil plus grande que celle de l'acier ,larsqu'il est nécessaire d'obtenir un refroidissement plus rapide des pieces.

C. Alliage d'aluminium :

Les alliages d'aluminium à un usinage facile et particulièrement rapide par électroérosion, ils sont des alliages dont le constituant principal est l'aluminium, destinés à être transformés par des techniques de fonderie. Ces matériaux utiliser pour les moules prototypes et se compose de : Zn; Mg; Cu; Cr. Leur dureté est voisine de 150 HB [15].



Figure III.4: Moule d'injection de métal en alliage d'aluminium.

III.4.3 Régulation de température :

Dans le moulage par injection, le temps de cycle augmente si la température augmente, et Plus l'empreinte comporte de pièces constituées, la circulation de fluide sera plus complexe et plus délicate. Alors, Le moule doit être muni de circulation de fluide pour réguler la température de la paroi de l'empreinte d'un cycle à l'autre [14].

III.4.4 Fermeture du moule :

Le dispositif de manœuvre des plateaux porte moule doit assurer l'ouverture, la fermeture, et le verrouillage du moule avec une force suffisante. Ces fonctions importantes peuvent être assurées de différentes manières [14].

A. Fermeture mécanique par genouillère :

La fermeture mécanique par genouillère est un système très simple que les autres systèmes de fermeture. Que le verrouillage du moule est fourni par la mise en traction des colonnes de la presse, au moment où le moule est verrouillage. la genouillère est actionnée par un vérin hydraulique.

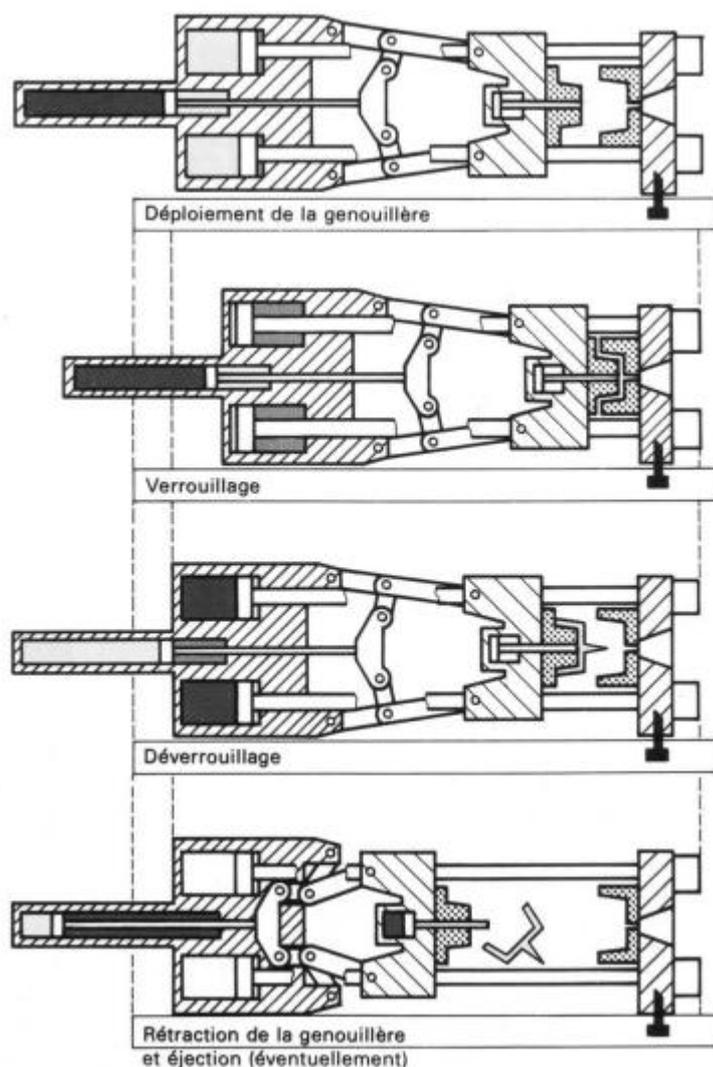


Figure III.5: Le système d'ouverture ET de fermeture du moule [14].

B. Fermeture hydraulique avec genouillère :

Le déplacement rapide pour l'approche des parties du moule a genouillère. Mais le verrouillage est obtenu par un ou plusieurs vérins hydrauliques quand la genouillère est alignée.

C. Fermeture hydraulique a un vérin :

Un seul vérin à deux étages fournit l'avance et le verrouillage du moule. C'est un dispositif lent.

D. Fermeture hydraulique multi – vérins :

On sait que les machines électriques sans centrales hydraulique à commence de voir apparaitre sur le marche, Alor on peu dire que Fermeture hydraulique multi – vérins est mécanique avec commode par moteur électrique. Les fonctions d'avance rapide et verrouillage sont dissociées et remplies par des vérins distincts.

III.5 Fabrication de moule

Les méthodes d'enlèvement de matière représentent la grande majorité des méthodes Moules et inserts utilisés pour fabriquer des moules d'injection. Après traitement Par des Procédés de fabrication mécanique traditionnels (fraisage, tournage, perçage, etc.). Les outillages peuvent être réalises par différents procédès :

III.5.1 Usinage a grande vitesse :

C'est une technique d'usinage caractérisée par des conditions de coupe quatre à dix fois plus élevées que lors d'usinage conventionnel. Mais cette définition n'est pas figée car la frontière entre les deux restes floue. C est une opération d'enlèvement de matière à des vitesses de coupe élevées [11].

Les échanges thermiques peuvent affecter la structure métallurgique de l'alliage a la surface qui sera introduire des contraintes résiduelles superficielles qui peuvent être prétraitées.

III.5.2 Usinage par enlèvement de particules ou électroérosion :

L'usinage par électroérosion est une technique procédant par fusion et vaporisation et éjection de la matière, le métal est enlève par étincelles électrique éclatant entre une électrode outil et la pièce à usiner, Cheque étincelle agit comme une source thermique ponctuelle. L'énergie est apportée par des décharges électriques. Il n'y a pas de contact, entre l'électrode et la pièce qui sont distances de l'intervalle d'étincelage ou gap, dans la valeur est d'environ quelques dixièmes de millimètre. On peut utilise l'électroérosion par fil pour réaliser des filières [11].

III.5.3 Electro – dépôts :

Il permet de déplacer par électrolyse par électrolyse assez forte de métal (Cu + Ni) sur un modèle a reproduire, après d'avoir rendu conducteur par un dépôt de cuivre chimique. Le temps de formation du dépôt est de l'ordre d'un a deux mois, pour pouvoir disposer d'une forme reproduite, avec son grain, qui sera ensuite ajustée dans la carcasse du moule [11].

III.6 remplissage du moule

Le remplissage est réalisé dans un moule par l'intermédiaire d'un ensemble de réservoirs et conduits que nous dénommerons par la suite système d'alimentation.

III.6.1 Organes constitutifs de la machine :

La presse d'injection classique comporte essentiellement de trémie d'alimentation qui reçoit les granulés (matière première) et un cylindre dans lequel les matières plastiques sont chauffées et une vis piston avec clapet anti – retour, ainsi que le dispositif de manipulation et de retenue du moule [14].

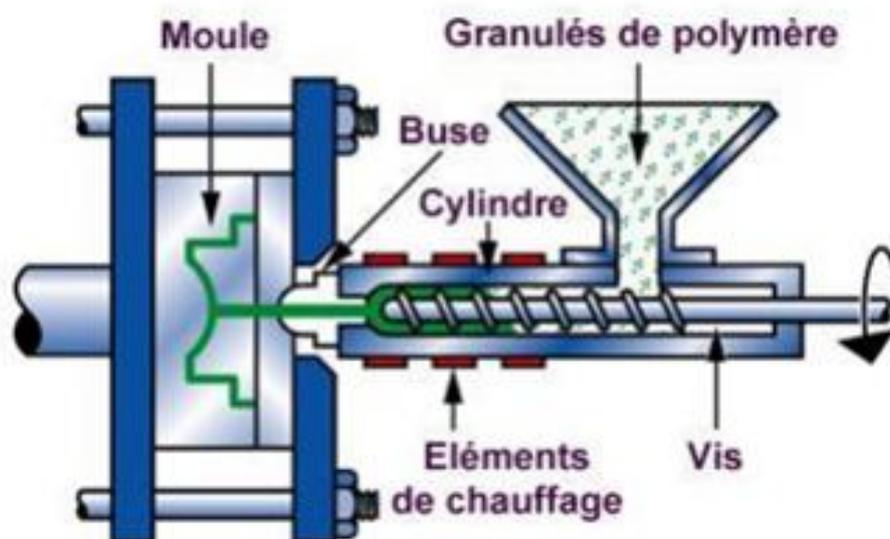


Figure III.6: Procédé de l'injection [11].

III.6.2 Chauffage du filet :

Le chauffage de filet (200 a 300°C) est réalise par des colliers chauffants qui permettent d'atteindre une température interne de plastification de 150 a 250 °C. En fait rapport calorifique est réalise pour moitié par la résistance électrique et pour l autre motile par brassage et frottement.

III.6.3 Clapet de Vis :

Le clapet permet à la vis de fonctionner comme un piston pendant l'injection et comme une vis d'extrusion pendant la phase de plastification. Le développement dans le moule c est que la pression d'injection peut atteindre plus de 1 000 bars a cause des pertes de charges, Il fau de prévoir une fermeture efficace. On notera encore deux configurations possibles : presse horizontale et presse verticale [11].

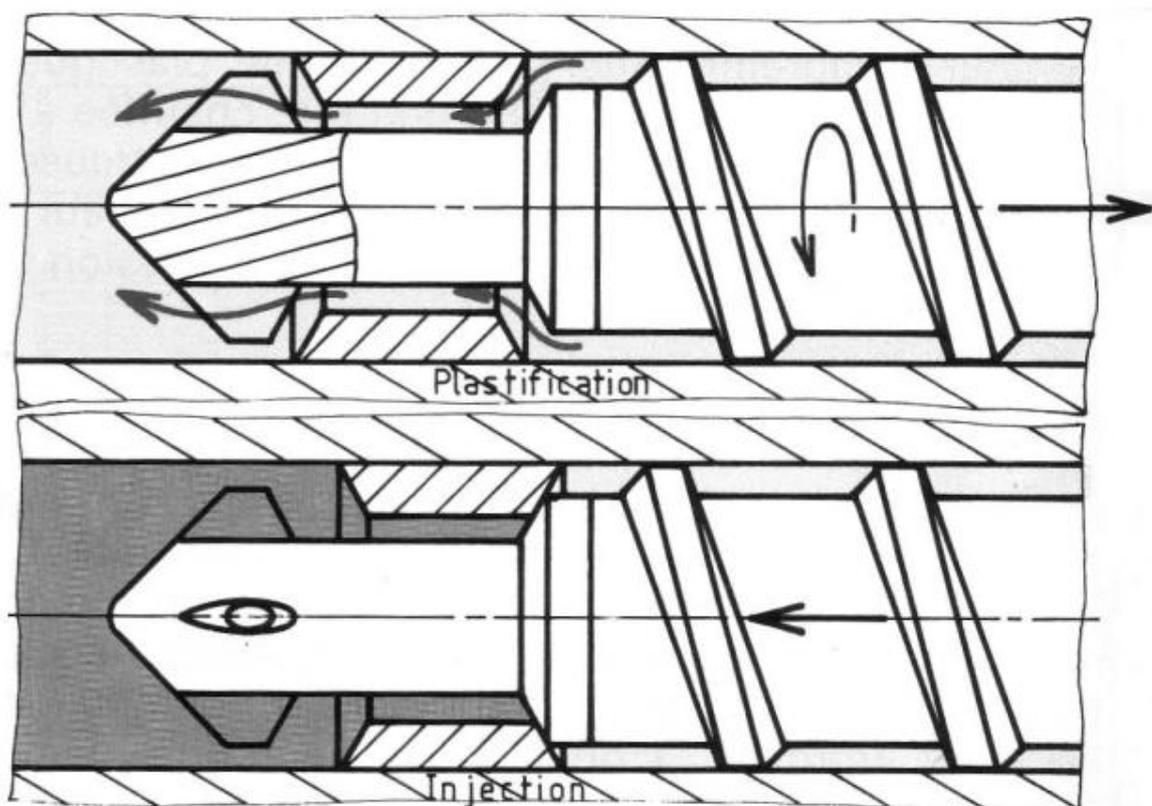


Figure III.7: Fonctionnement du clapet [11].

III.7 cycle de moule

Le cycle complet de fabrication se déroule par les étapes suivantes :

1. **fermeture du moule** : Le but de cette démarche est de laisser le temps au système de sécurité d'agir correctement.
2. **Le verrouillage du moule** : Une force est appliquée pour maintenir les deux surfaces des parties fixes et mobiles en contact.
3. **L'injection ou le remplissage** : Durant le remplissage du moule avec la matière, la pression doit être contrôlée en permanence. Il faut passer à la pression de maintien lorsque le moule est presque rempli.
4. **Refroidissement** : cette étape pour solidifier la matière.
5. **Ouverture du moule** : Pour ce faire, la partie mobile s'écarte pour que le moule puisse s'ouvrir. En suite éjecté de la pièce solidifiée [23].

III.8 Conclusion

Pour une bonne conception d'un moule d'injection plastique, le concepteur doit suivre toutes les étapes nécessaires, car le choix optimal des paramètres de conception garantit notre produit fini de haute qualité.

IV.1 Introduction

La conception assistée par ordinateur (CAO) comprend l'ensemble des logiciels et des techniques de modélisation géométrique permettant de concevoir. Il permet de concevoir des systèmes dont la complexité dépasse la capacité de l'être humain.

Solidworks est logiciel le plus utilisé dans la conception assistée par ordinateur. Il utilise le principe de conception paramétrique et génère trois types de fichiers qui sont liés: la pièce, l'assemblage, et la mise en plan. Ainsi toute modification sur un de ces trois fichiers sera répercutée sur les deux autres.

SOLIDWORKS® CAM est un complément compatible avec toutes les versions du logiciel de CAO SOLIDWORKS , ce complément est une solution de tournage et de fraisage sur 2,5 axes optimisée par CAMWorks, il permet de préparer la fabricabilité de vos conceptions dès le début du cycle de développement [25].

Dans ce chapitre, nous utilisons le programme solidworks pour la conception et la simulation d'un moule de rétroviseur, Où nous dessinons deux pièces principales avec une explication détaillée, puis nous les assemblons, et après cela nous montrons comment créer un moule à travers ces deux pièces et les simuler à l'aide du programme SOLIDWORKS® CAM.

IV.2 Dessin technique des deux pièces

Dans cette partie nous allons dessiner deux pièces, la première pièce s'appelle **la coque de rétroviseur**, et la 2ème pièce s'appelle **le support**. Ensuite nous choisirons la matière ABS pour chacun d'eux. Puis, nous allons fait l'assemblage des deux pièces.

IV.2.1 Dessin technique de la 1^{ère} pièce :

La coque de rétroviseur est un élément en plastique qui se trouve exclusivement sur les rétroviseurs extérieurs de la voiture. Il sert avant tout à protéger la glace du rétroviseur en cas de choc. IL se dessiné par les étapes suivantes:

◆ 1^{ère} Etape :

Dans cette étape, nous allons dessiner la vue de face de notre 1^{ère} pièce, illustrée à la figure 1 ci-dessous, puis la convertir en une taille tridimensionnelle, comme illustré à la figure 2.

1. **Dessiné un rectangle à partir d'origine de plan** : Cela se fait en choisissant un plan de face, puis en dessinant un rectangle à partir de son origine, la longueur de ce rectangle est de 149,24 mm, tandis que sa largeur est de 109,24 mm.
2. **Crée un congé d'esquisse sur chaque coin de rectangle** : Cela se fait en choisissant "congé d'esquisse" puis en spécifiant un rayon de ce congé. Ces congés à des rayons entre 16,62mm et 36,62mm.
3. **Dessine un broche sur le côté droit du rectangle** : Cela se fait en dessinant un autre rectangle sur le côté droit du grand rectangle, d'une longueur de 48,53 mm et d'une largeur de 45,25 mm, puis on crée un congé d'esquisse sur le coin de cet rectangle avec un rayon de 32 mm.

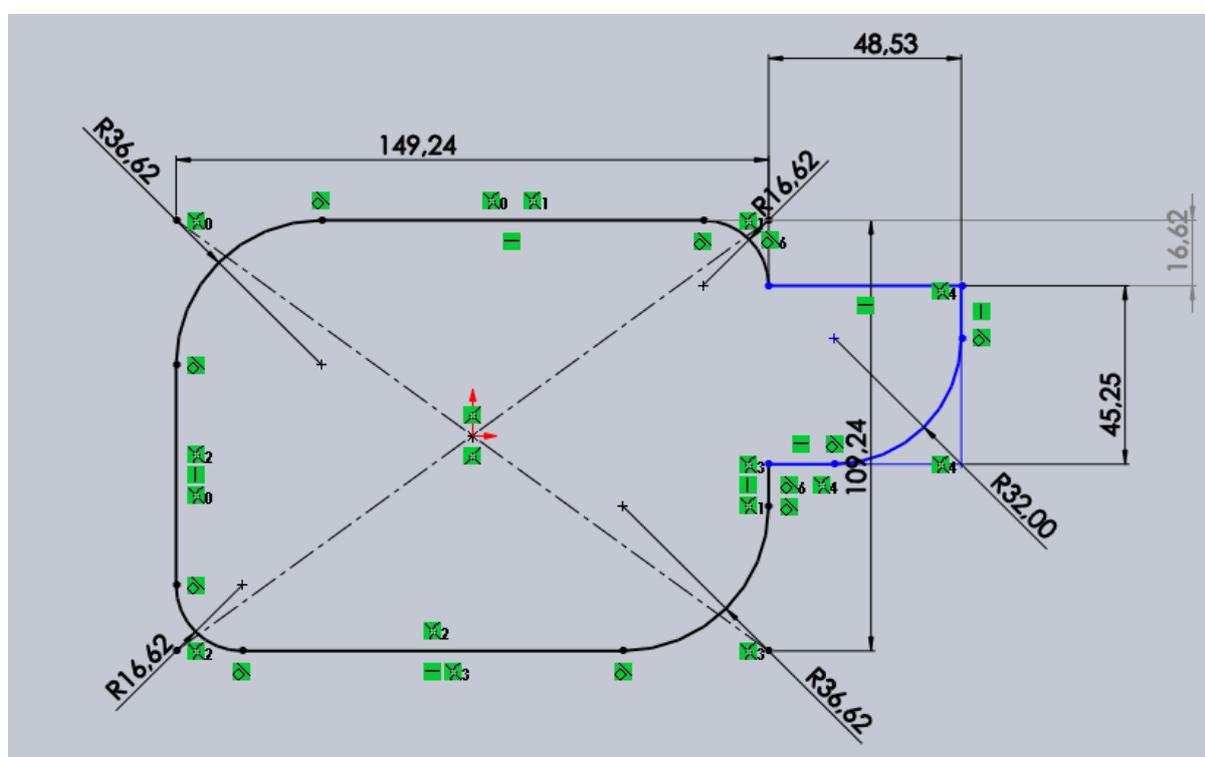


Figure IV.1: Vue de face de notre 1^{er} pièce.

4. **Convertir ce dessin en un volume de taille tridimensionnelle :** Cela se fait en cliquant sur "bossage/Base extrudé" puis en sélectionnant une épaisseur de 44mm et dépouiller le volume vers l'intérieur avec un angle de 3 degrés. Et après avoir cliqué sur "OK", nous obtenons un volume 3D.

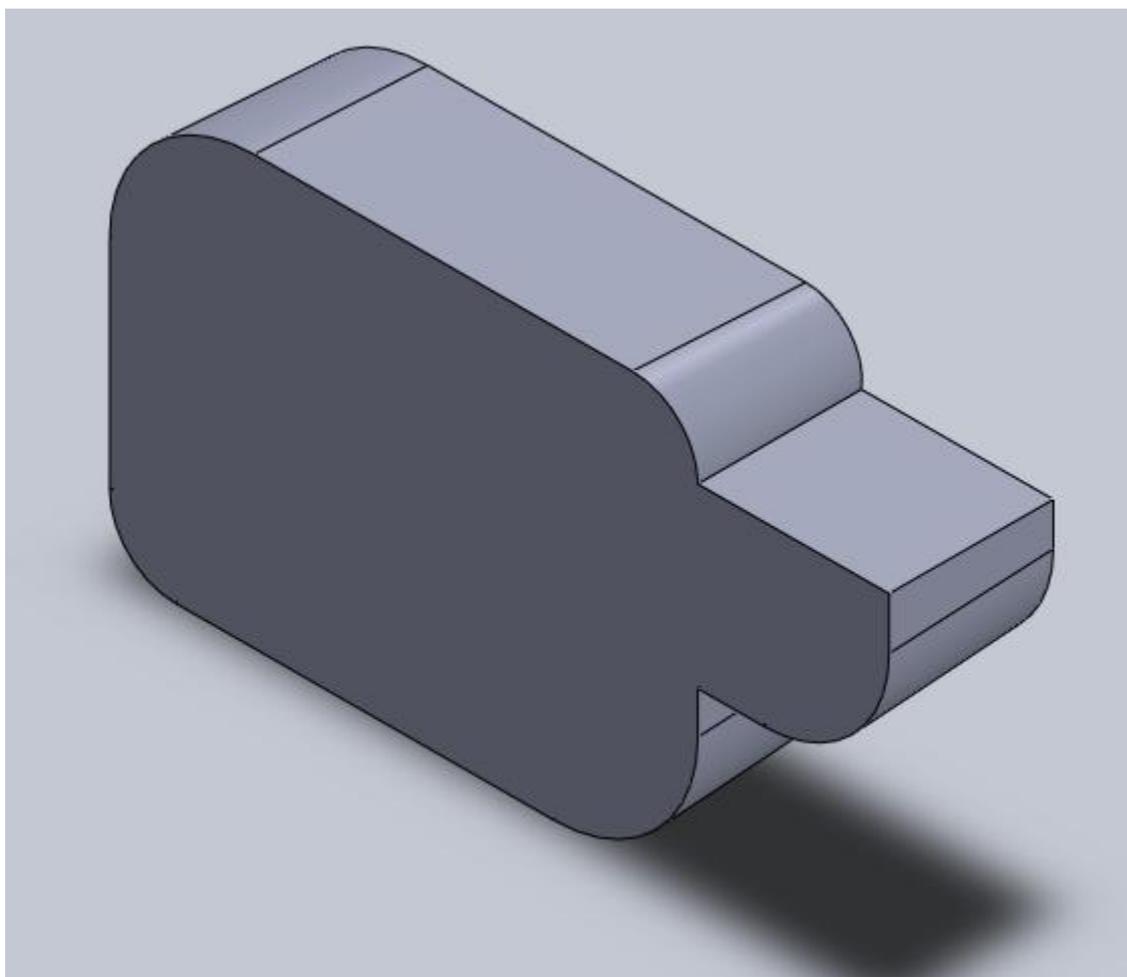


Figure IV.2: Corps volumique de notre 1^{ère} pièce.

◆ **2eme étape :**

Dans cette étape, on va créer un creusage. Cela va sélectionner une face sur notre corps volumique, puis tracer un rectangle sur cette face de 140 mm de long et 100 mm de large, puis créer un congé d'esquisse sur chaque coin de cet rectangle, ces congés à des rayons entre 12mm et 32mm. Ensuite on clique sur "Enlève de matière extrudé" puis on sélectionne une

profondeur de 38 mm et le dépouiller vers l'intérieur avec un angle de 3 degrés. Et après avoir cliqué sur "OK", nous obtenons un creusage sur notre corps volumique. Illustrée à la **figure 3**

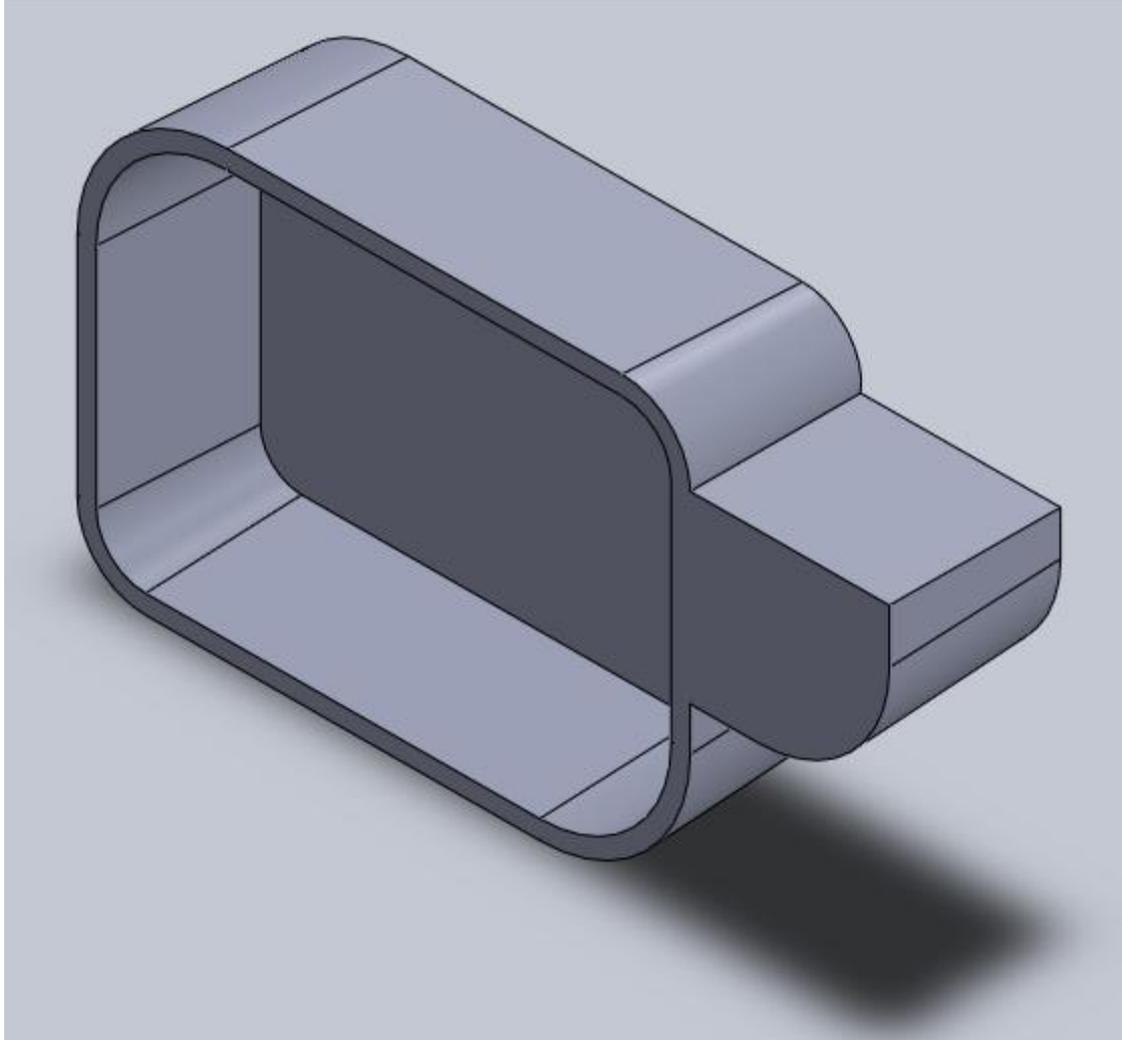


Figure IV.3: Corps volumique contenant un creusage.

◆ **3eme Etape :**

Dans cette étape, nous allons créer l'endroit où sera installé le moteur, illustré aux **figures 4 et 5**. Ce moteur contient le câble qui commande le miroir.

1. Sélectionner la face qui est à l'intérieur de notre pièce.

2. à partir de centre de cette face (origine), dessiner un rectangle de longueur 85 mm et de largeur 55 mm, puis crée un congé d'esquisse de rayon 2.5 mm sur chaque coin de ce rectangle.
3. dessiner 4 rectangles de longueur 10 mm et de largeur 7 mm, chaque rectangle à un trou de diamètre 1.87 mm et avec deux congés de 2.5 mm.
4. dessiner un rectangle de longueur 21 mm et de largeur 10 mm, ce rectangle à des 3 trous de diamètre 1.87 mm et avec 4 congés de rayon 2.5 mm.

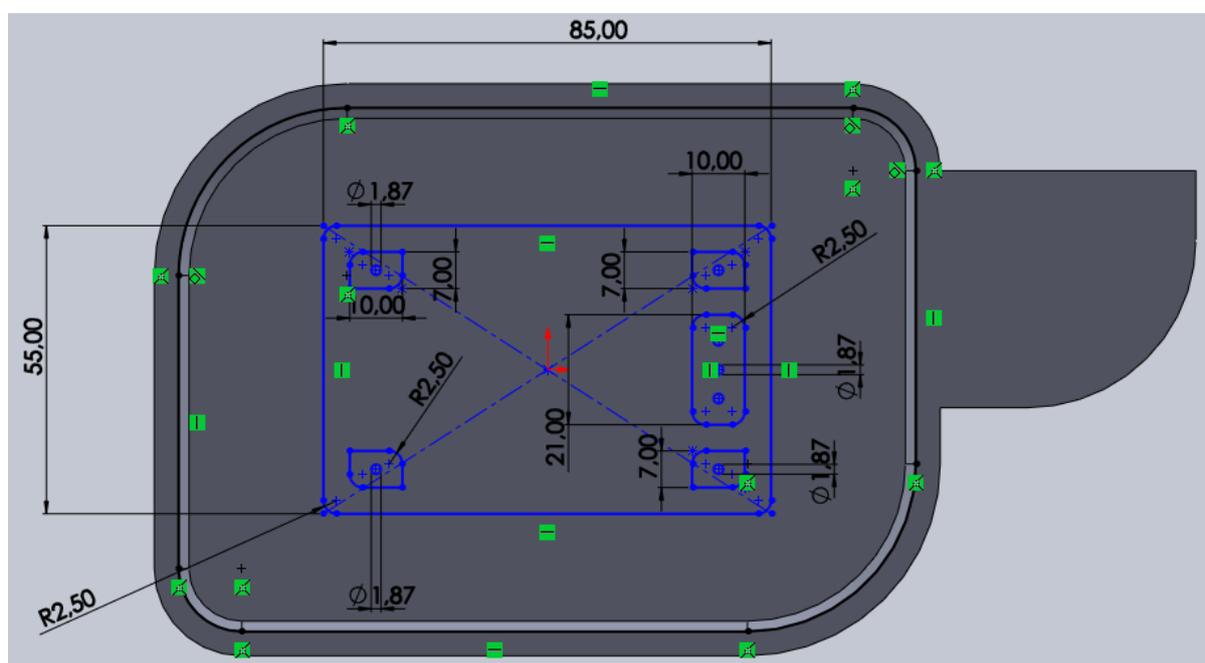


Figure IV.4: L'endroit où sera installé le moteur (2D).

5. clique sur "bossage/Base extrudé" puis sélectionner les faces souhaité, en suite sélectionner une épaisseur de 6 mm et le dépouiller ver l'intérieur avec un angle de 3 degrés. Et après avoir cliqué sur "OK", nous obtenons le corpe souhaité qui illustrée à la figure 5.

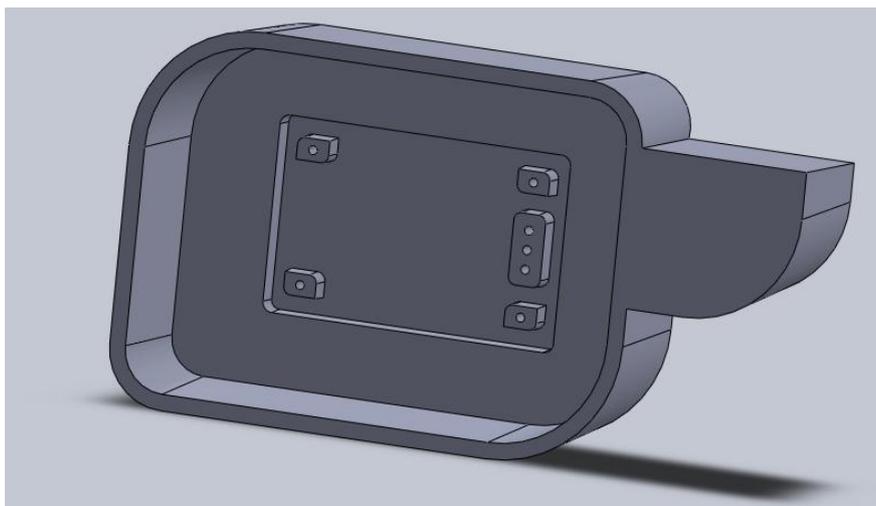


Figure IV.5: L'endroit où sera installé le moteur (3D).

◆ **4eme étape :**

Dans cette étape, nous allons créer deux formes, dont rôle est de protéger le moteur des chocs et des vibrations qui provoquent son desserrage. Cela se fait en choisissant une face puis en dessinant deux formes complexes qui ont des dimensions différentes, ensuite Cliquez sur "bossage/Base extrudé" puis sélectionner les faces souhaité, en suite sélectionner une épaisseur de 10 mm et le dépouiller vers l'intérieur avec un angle de 3 degrés. Et après avoir cliqué sur "OK", nous obtenons le corps souhaité qui illustrée à **la figure 6**.

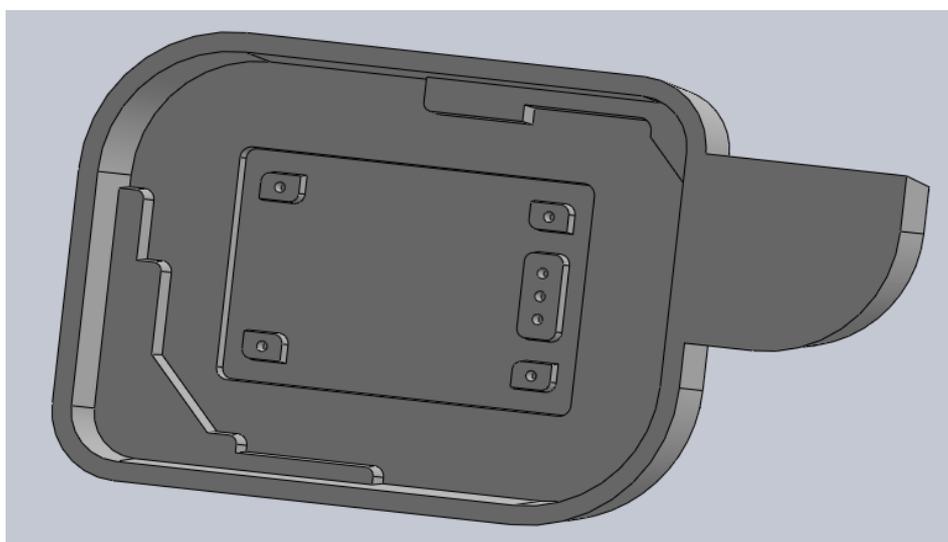


Figure IV.6: Deux formes qui protéger le moteur.

◆ **5eme étape :**

Dans cette étape, nous allons créer un congé à l'arrière de notre pièce, cela se fait en cliquant sur "congé" puis choisissant leur style (cercle), ensuite sélectionner un rayon de 6 mm , puis sélectionner les lignes souhaitez . Et après avoir cliqué sur "OK", nous obtenons un congé qui illustrée à **la figure 7**.

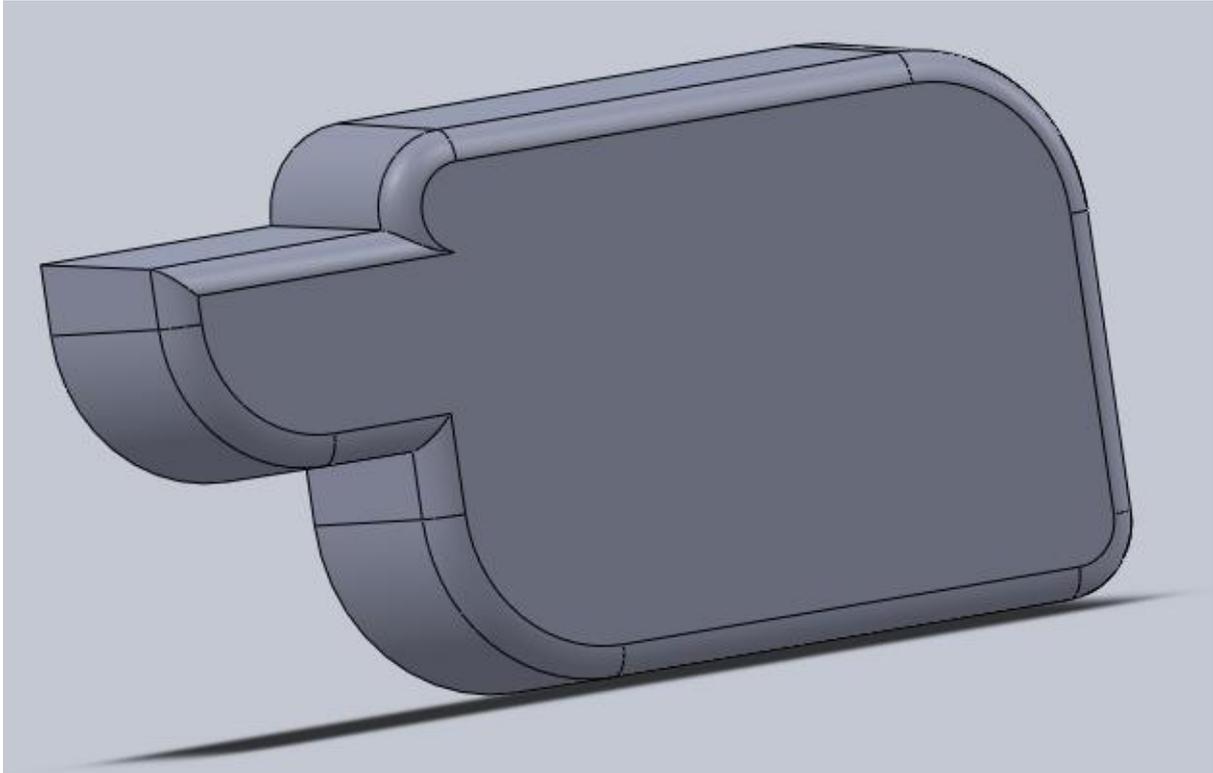


Figure IV.7: Congé à l'arrière de notre 1^{ère} pièce.

◆ **La dernière étape :**

À partir de notre pièce, nous allons créer une mise en plan qui contient quelque des propriétés représentées dans **la liste** suivante :

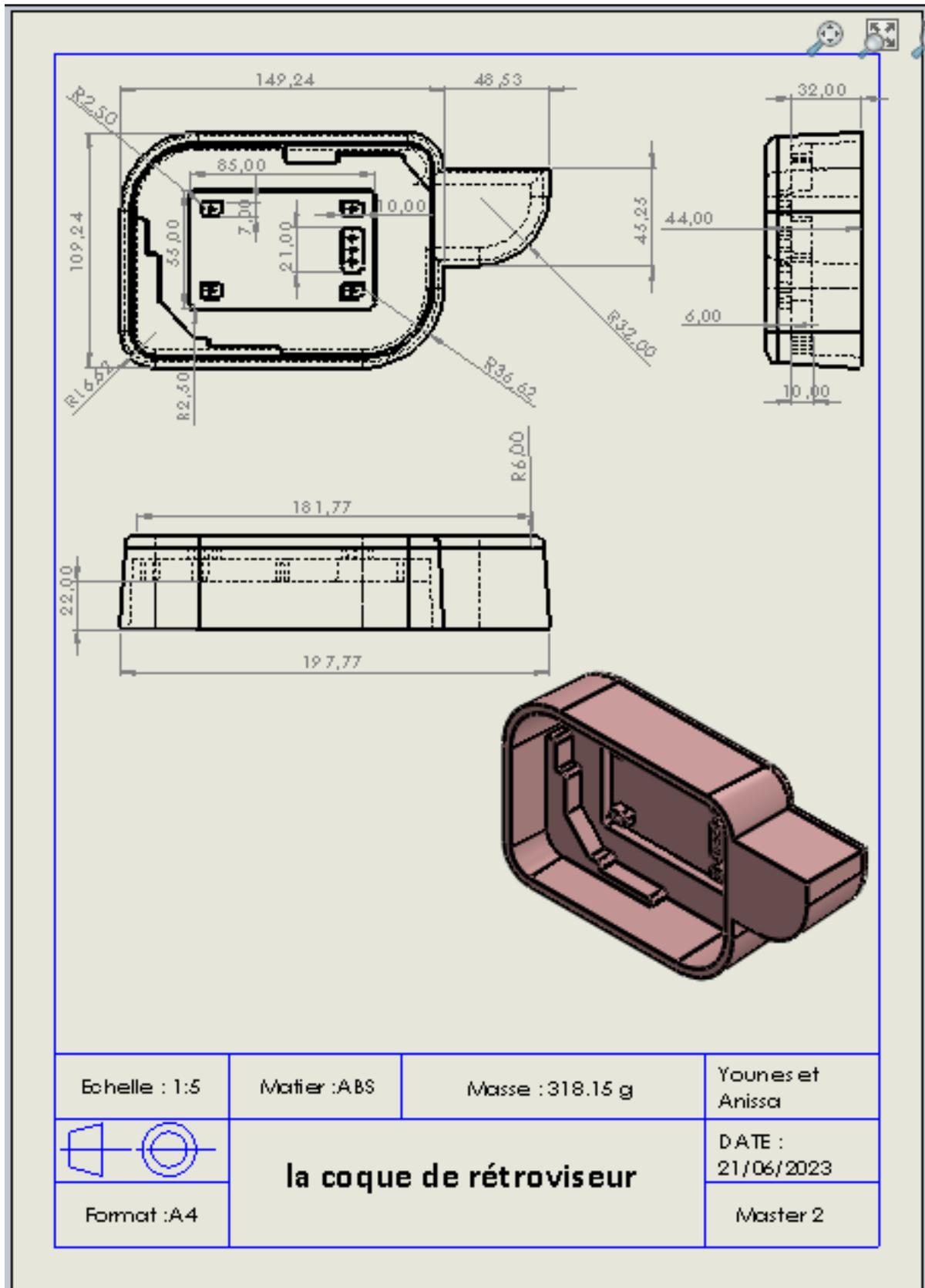


Figure IV.8: Mise en plan de notre 1^{ère} pièce.

IV.2.2 Dessin technique de la 2^{ème} pièce :

Notre 2eme pièce est un **support** qui relie entre la voiture et la coque de rétroviseur, la taille de ce support est relativement petite mais très solide, il se compose d'éléments qui font que la coque de rétroviseur ne peut être tournée que d'un angle de 90 degrés. Il est fabriqué en plastique ABS. Il se dessiné par les étapes suivantes:

◆ Etape 1 :

dans cette étape, nous allons créer une bâti spéciale qui dans lequel la coque de rétroviseur est installé . Et cela se fait par les phases suivantes:

1. Sélectionnée un plan de droite.
2. à partir de centre de ce plan (origine de ce plan), dessinée un rectangle de longueur 56.72 mm et de largeur 18.16 mm.

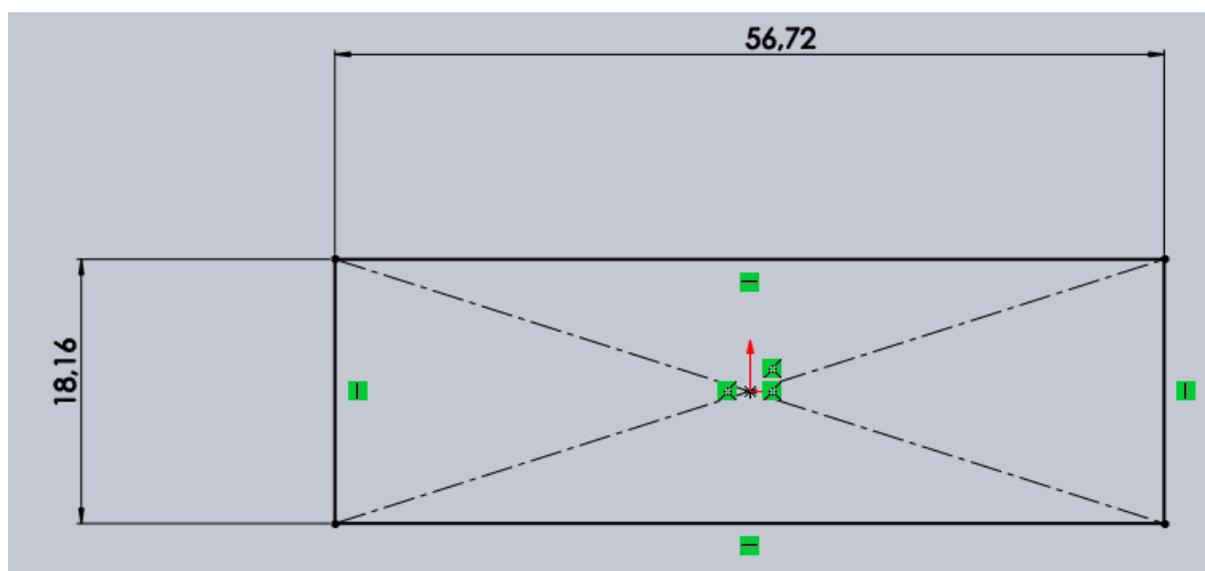


Figure IV.9: Bâti special (2D).

3. Cliquez sur "bossage/Base extrudé" puis sélectionnez une épaisseur de 51 mm et le dépeuiller vers l'intérieur avec un angle de 2 degrés. Et après avoir cliqué sur "OK", nous obtenons le corps souhaité (bâti spéciale) qui illustrée à la **Figure 10**.

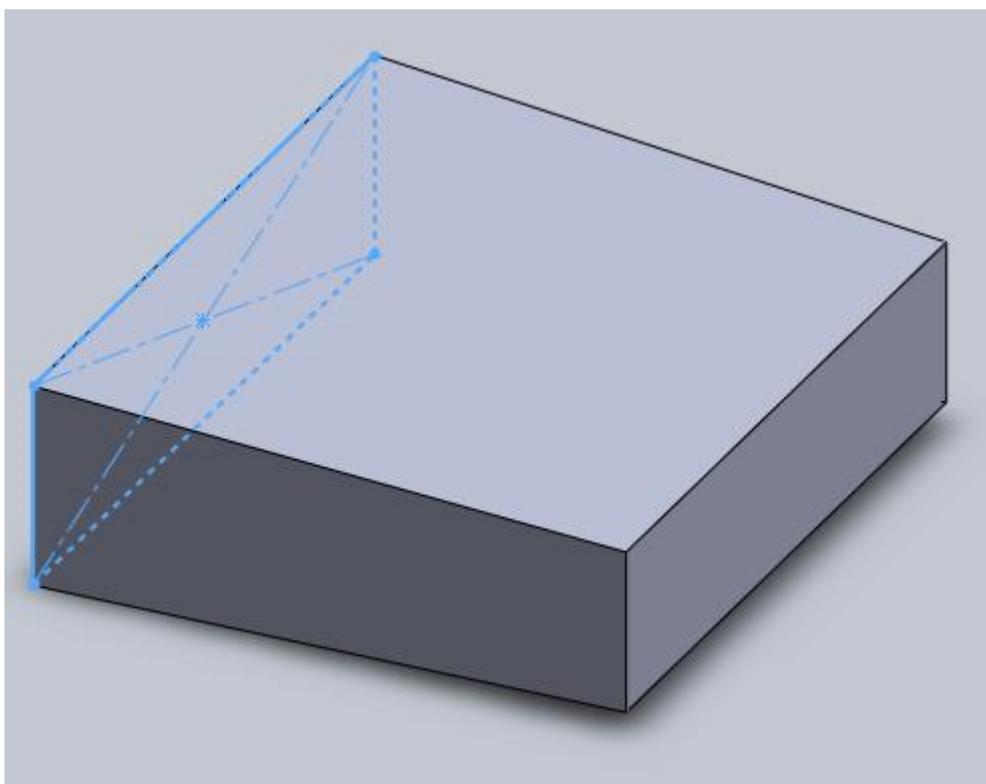


Figure IV.10: Bâti special (3D).

◆ **Etape 2 :**

Dans cette étape, nous allons créer une petite barrière en plastique (crochet) qui font que la coque de rétroviseur ne peut être tournée que d'un angle de 90 degrés. ET cela se fait par les phases suivantes :

1. Sélectionnée le plan de droite.
2. Dessiné un rectangle de largeur 11.86 mm et de longueur supérieur à 16.31mm pour éviter le problème d'angle de dépouille, ensuite converti ce rectangle au volume 3D qui contient d'une épaisseur de 11.52mm et d'angle de dépouille 2 degré vers l'intérieur **Figure 11**.
3. sélectionne le plan de dessus.
4. Tracez un cercle de diamètre 43,76 mm, puis tracez deux droites tangentes à ce cercle et leur inclinaison par rapport à un horizon égal à 12 degrés. Après cela, nous traçons une ligne droite verticale à 29,76 mm du centre du cercle,

puis nous les connectons, puis nous supprimons les lignes indésirables. **Figure 12.**

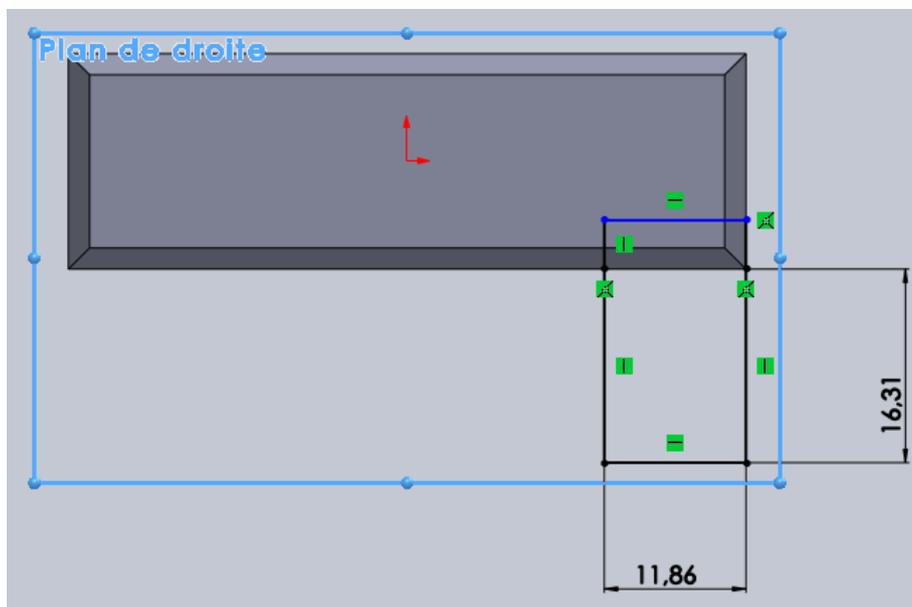


Figure IV.11: une petite barrière en plastique (2D).

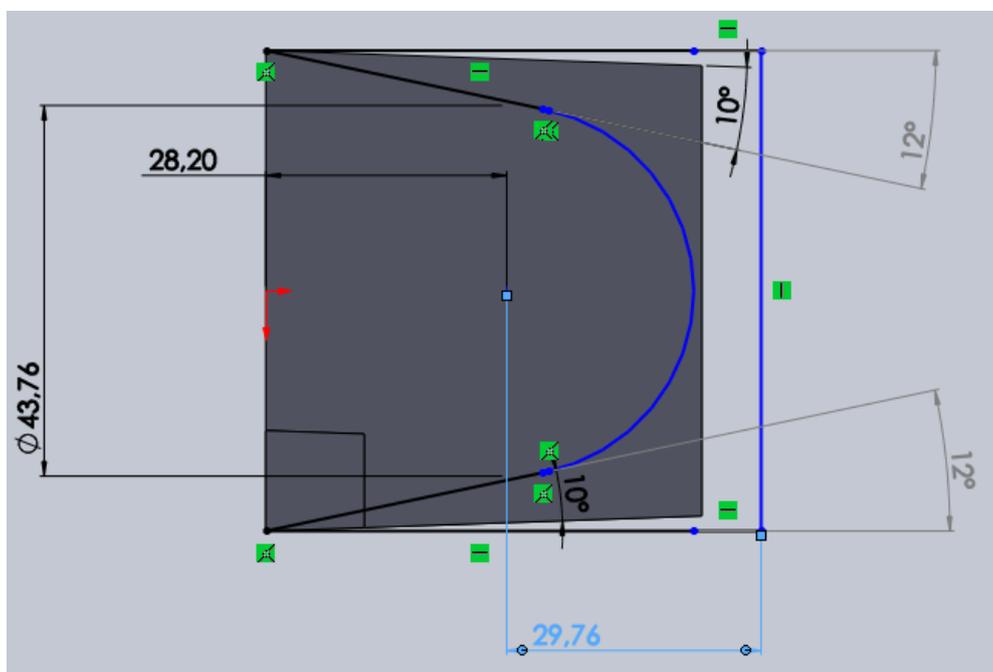


Figure IV.12: une forme géométrique (2D).

5. Cliquez sur " Enlève de matière extrudé " puis sélectionnez les faces souhaitées, en suite sélectionnez une profondeur de 40 mm. Et après avoir cliqué sur "OK", nous obtenons le corps souhaité qui est illustré à la **figure 13**.

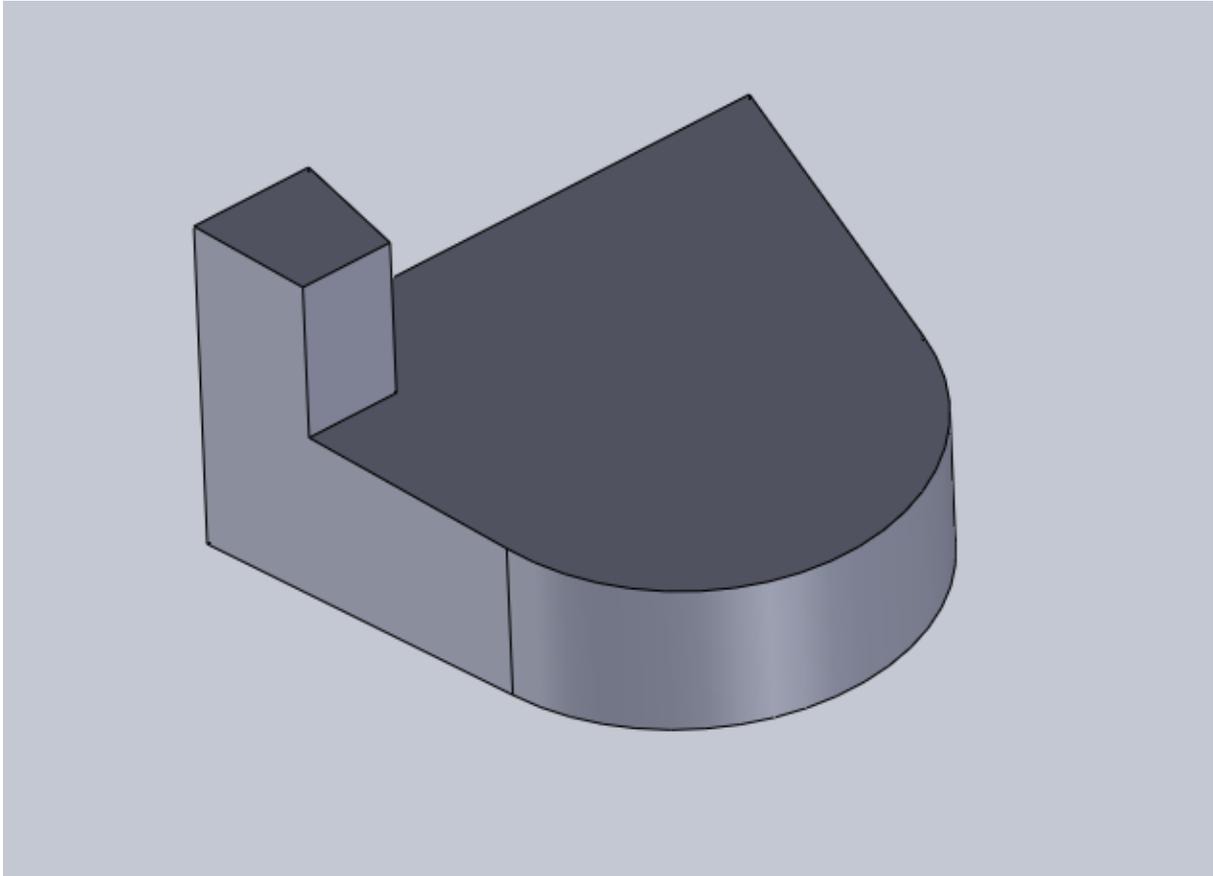


Figure IV.13: Petite barrière en plastique (3D).

◆ **Etape 3 :**

Dans cette étape, nous allons créer la partie qui sera installée avec la voiture, cela se fait par les phases suivantes :

1. Sélectionner la face où la coque de rétroviseur doit être installée.
2. Dessinez un triangle rectangle avec son hypoténuse inclinée par rapport à l'horizon à un angle de 11.99 degrés. **Figure 14**.

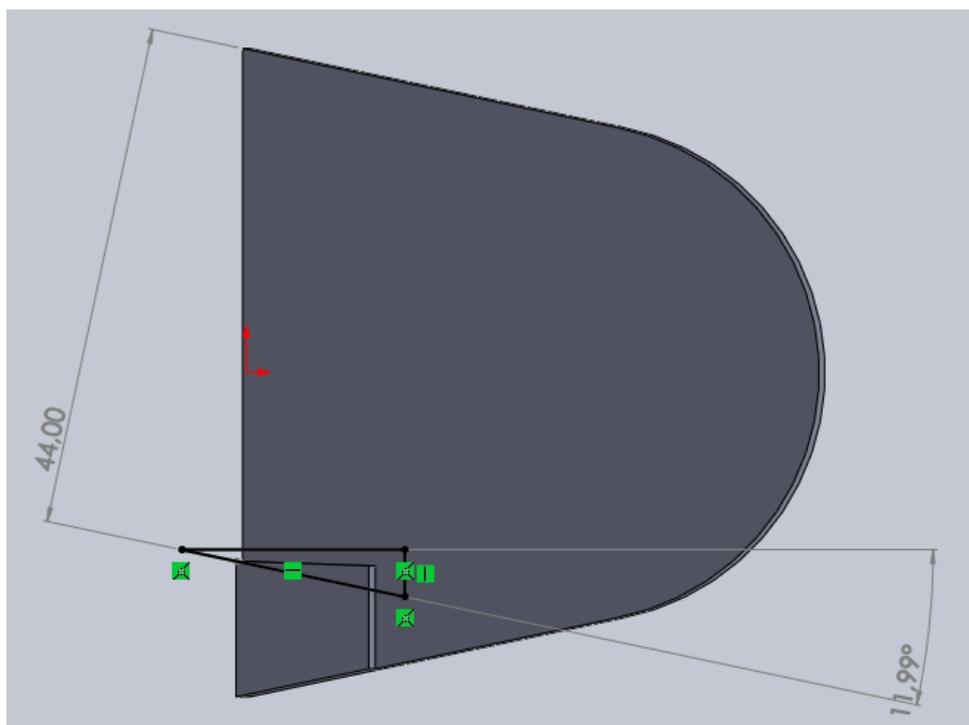


Figure IV.14: triangle rectangle.

3. Cliquez sur " Enlève de matière extrudé " en suite sélectionner une profondeur supérieur à 16.31 mm. Et après avoir cliqué sur "OK", nous obtenons le corpe souhaité .figure 15.

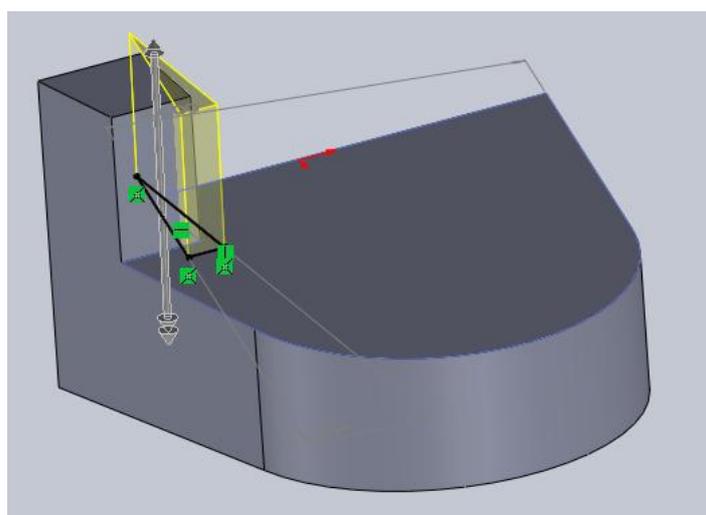


Figure IV.15: Enlève de matière pour 11.99°.

- sélectionner le plan de droite, puis tracez un cercle de diamètre 75.77 mm. La distance entre le centre de cercle et l'origine de plan égal à 8.75 mm. **Figure 16.**

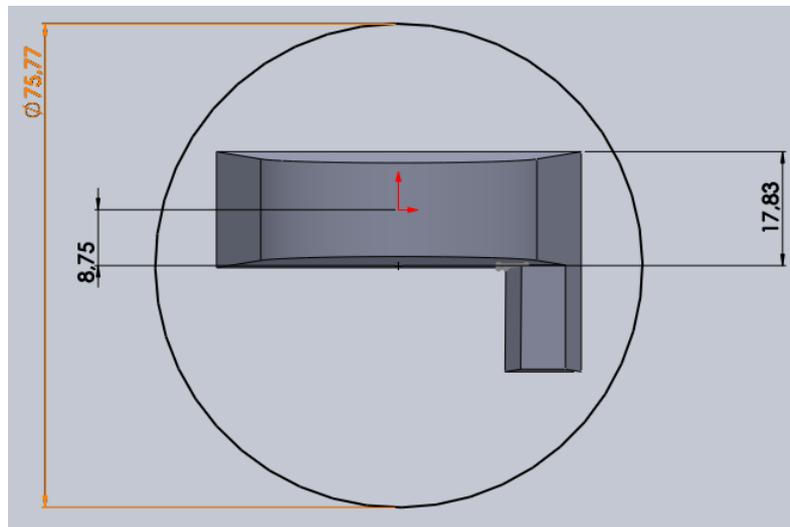


Figure IV.16: la partie qui sera installé avec la voiture (2D).

- clique sur "bossage/Base extrudé" puis sélectionner une épaisseur de 18 mm et le dépouiller ver l'intérieur avec un angle de 2 degrés. Et après avoir cliqué sur "OK", nous obtenons le corpe souhaité qui illustrée à **la figure 17.**

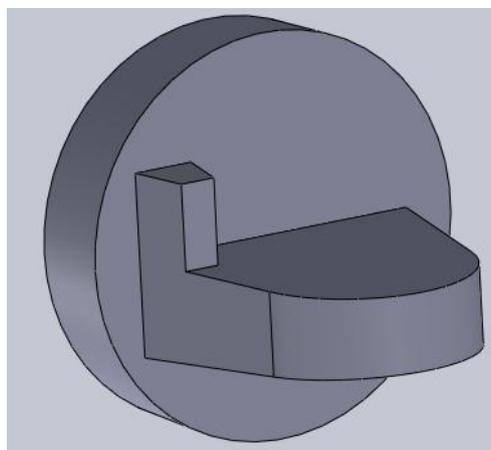


Figure IV.17: la partie qui sera installé avec la voiture (3D).

6. selectionne la face ari re de notre corpe.
7.   partir d'un centre de grande cercle ,tracez un autre cercle de diamètre 64.51mm , puis tracez 2 droite vertical que la distince entre les deux egale 5 mm .et tracez aussi deux droite horizontal que la distince entre les deux egale 5 mm. la distance entre le centre de cercle et toutes les droites egale 2.5mm Ensuite, nous supprimons toutes les lignes indésirables.**figure 18.**

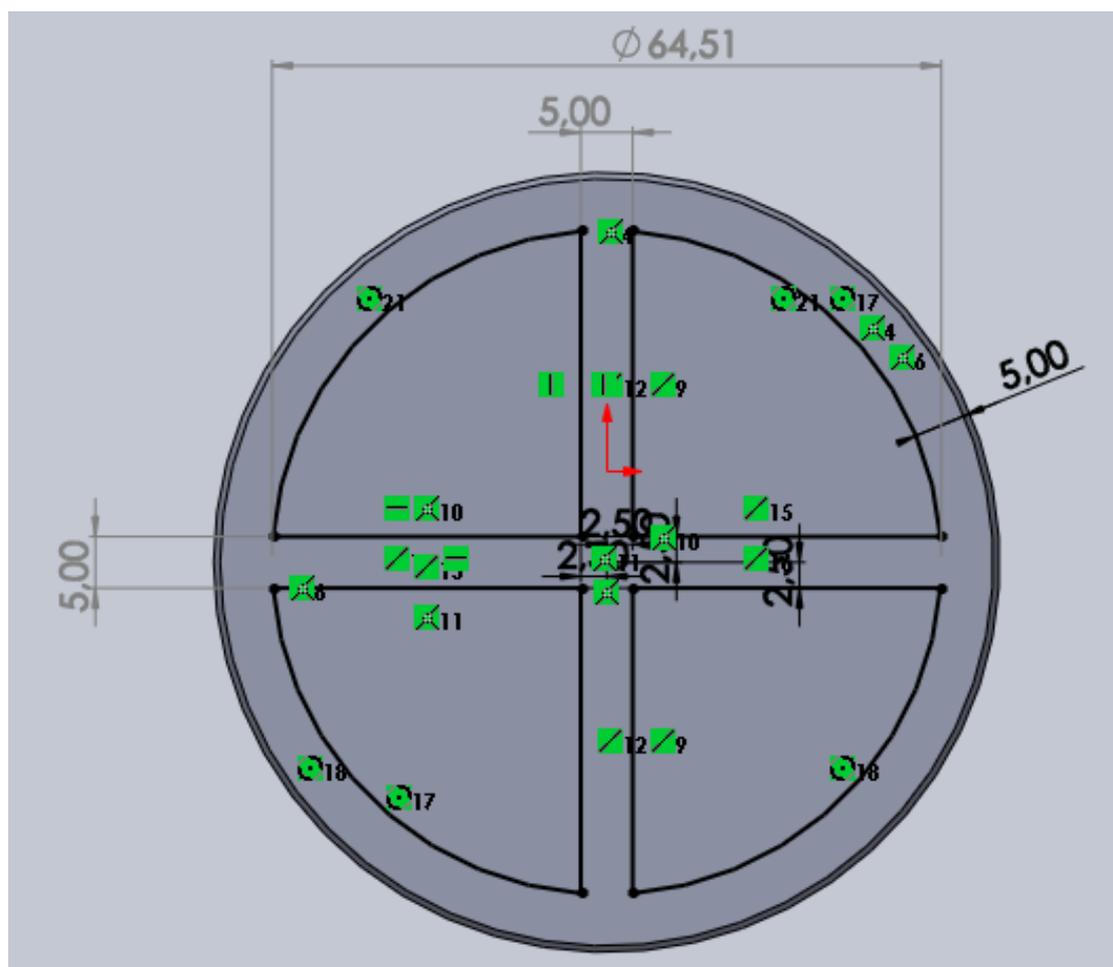


Figure IV.18: la face ari re de notre corpe.

8. Cliquez sur " Enlève de matière extrudée " en suite sélectionner une profondeur de 6 mm, et le dépouiller vers l'intérieur avec un angle de 2 degrés. Et après avoir cliqué sur "OK", nous obtenons le corpe souhaité qui illustrée à la **figure 19.**

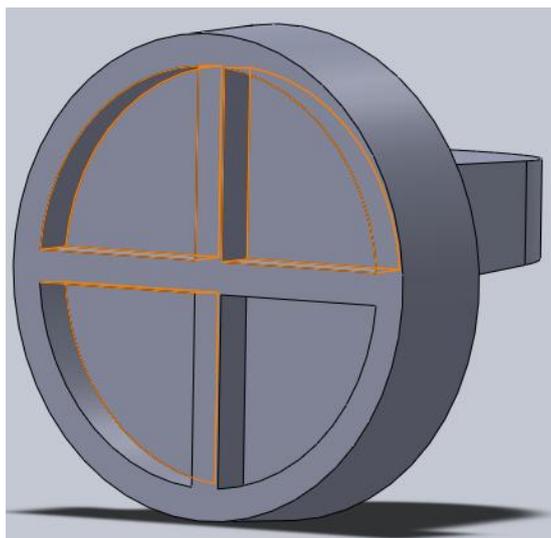


Figure IV.19: création une creusage sur la face ariére de notre corpe.

9. Sélectionne la face inter, puis tracez 4 cercle de diamètre 15 mm, que chaque cercle est contient un trou de diamètre 4mm. Cliquez sur "bossage/Base extrudé" puis sélectionnez une épaisseur de 16 mm et le dépouiller vers l'intérieur avec un angle de 2 degrés. Et après avoir cliqué sur "OK", nous obtenons le corps souhaité qui illustrée **aux figures 21 et 20**.

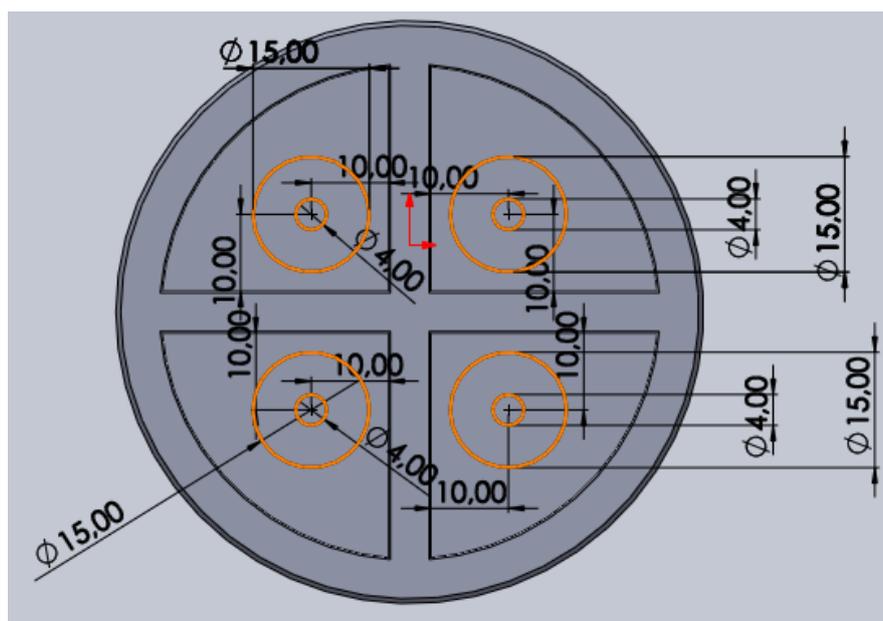


Figure IV.20: 4 cercle pour la création des tubes.

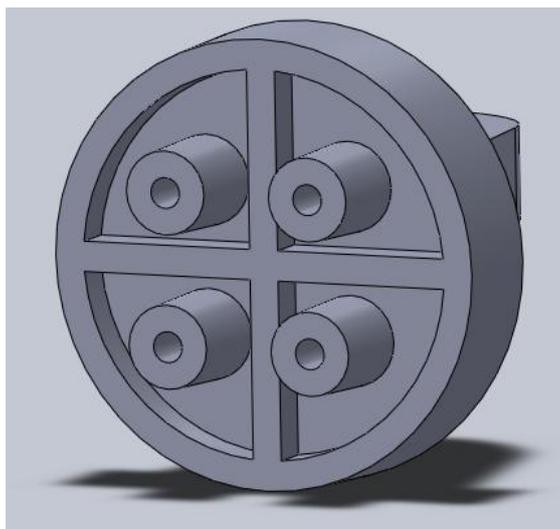


Figure IV.21: les tubes.

◆ **Etape 4 :**

Dans cette étape, nous allons créer une vide qui assurer la rotation de la coque de rétroviseur. Cela ce fait en sélectionné le plan de droite, puis tracez un demi – cercle de rayon 32.88 mm...etc., Cliquez sur " Enlève de matière extrudé " en suite sélectionner une profondeur de 8 mm, et le dépouiller ver l'intérieur avec un angle de 2.01 degrés. Et après avoir cliqué sur "OK", nous obtenons le corpe souhaité qui illustrée à **la figure 22**.

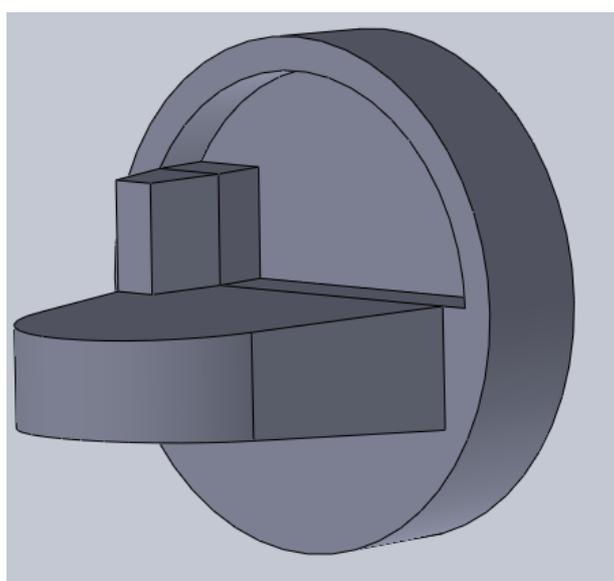


Figure IV.22: Le vide qui assurer la rotation de la coque de rétroviseur.

◆ La dernière étape :

À partir de notre 2eme pièce, nous allons créer une mise en plan qui contient quelque des propriétés représentées dans la liste suivante :

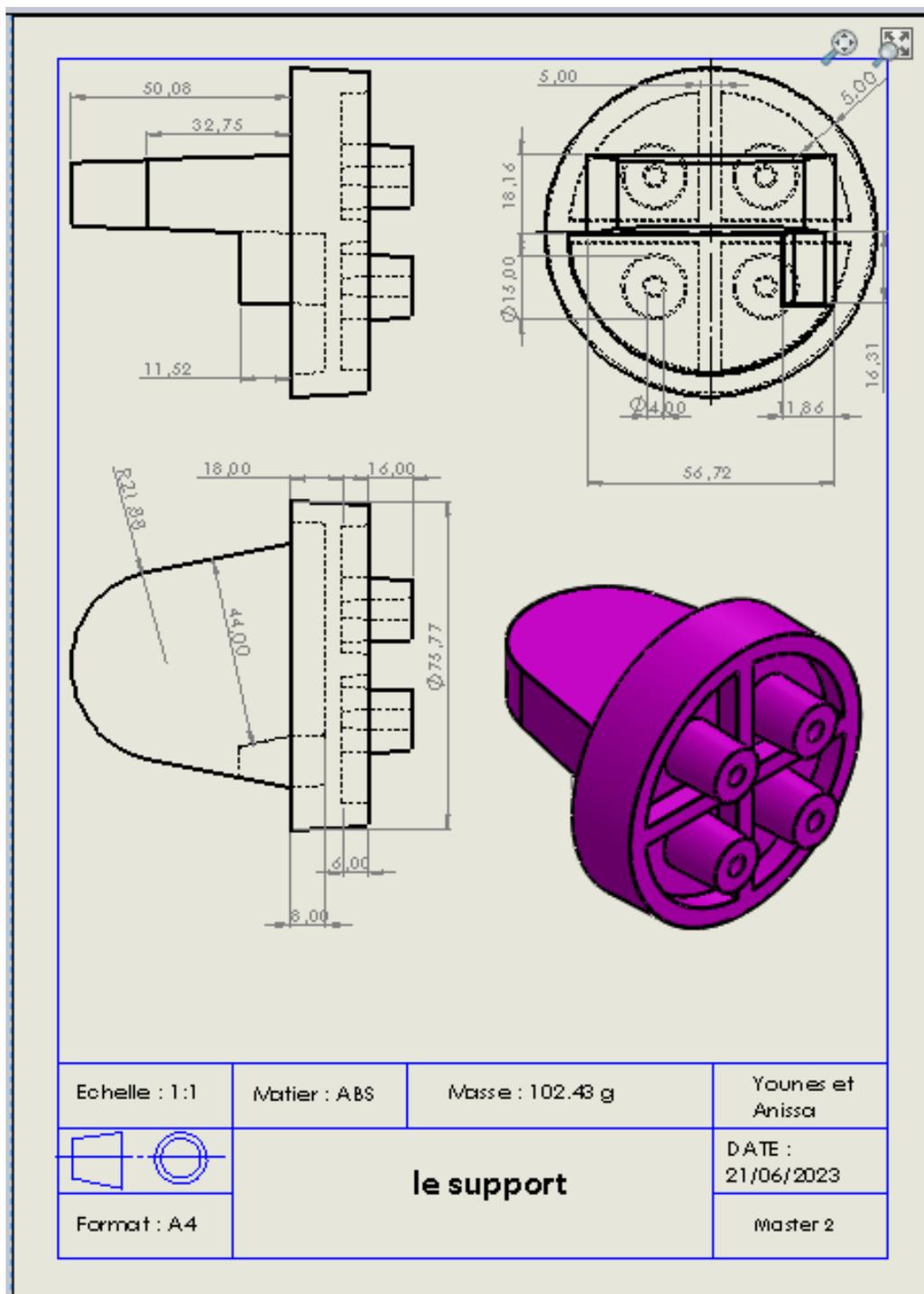


Figure IV.23: mise en plan de support.

IV.2.3 assemblage des deux pièces :

L'assemblage mécanique est la liaison de différentes pièces d'un ensemble ou produits. C'est aussi un ensemble de procédés et solutions techniques .il existe différents types d'assemblage, un assemblage peut être permanent ou démontable, direct ou indirect.

Pour faire l'assemblage entre la coque de rétroviseur et le support il faut Faire quelques opérations pour les deux pièces :

A. Les opérations spéciales pour la coque de rétroviseur :

Après avoir injectée la pièce par la machine d'injection plastique, nous devons effectuer l'opération de perçage, ça signifie que nous créons un trou de diamètre 17.5 mm et de profondeur 30 mm à travers lequel le support est installé. Et cela après avoir préparé ou ajusté le lieu qui sera percé pour rendre le lieu convenable. Ceci est illustré sur **la figure 24**. Nous devons également créer un autre trou, qui est pour le câble du moteur.

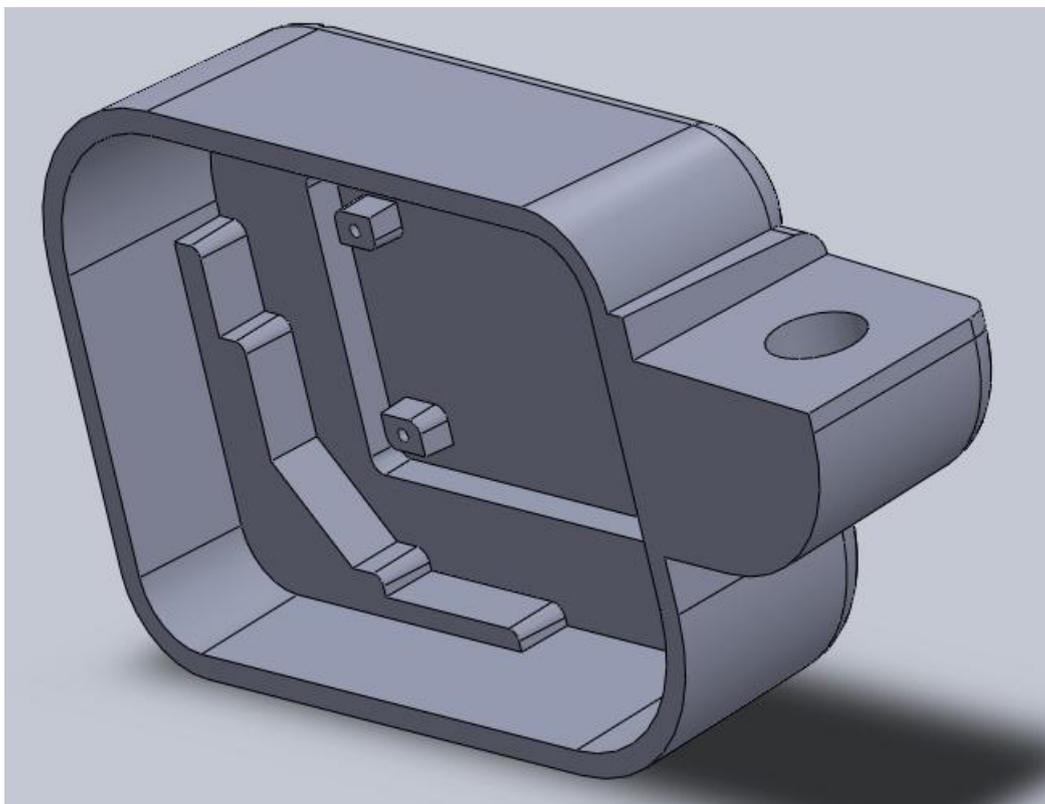


Figure IV.24: Création des trous pour le câble du moteur et le support.

B. Les opérations spéciales pour le support :

Après avoir injectée la pièce par la machine d'injection plastique, il doit être soudé cette pièce avec une autre pièce cylindrique en plastique qui doit être lequel la coque de rétroviseur est installée. Puis percé cette pièce, ça signifie que nous créons un trou de diamètre 12 ou 10 mm et de profondeur 30 mm que dans lequel le câble du moteur doit être installé. Ceci illustré sur **la figure 25**.

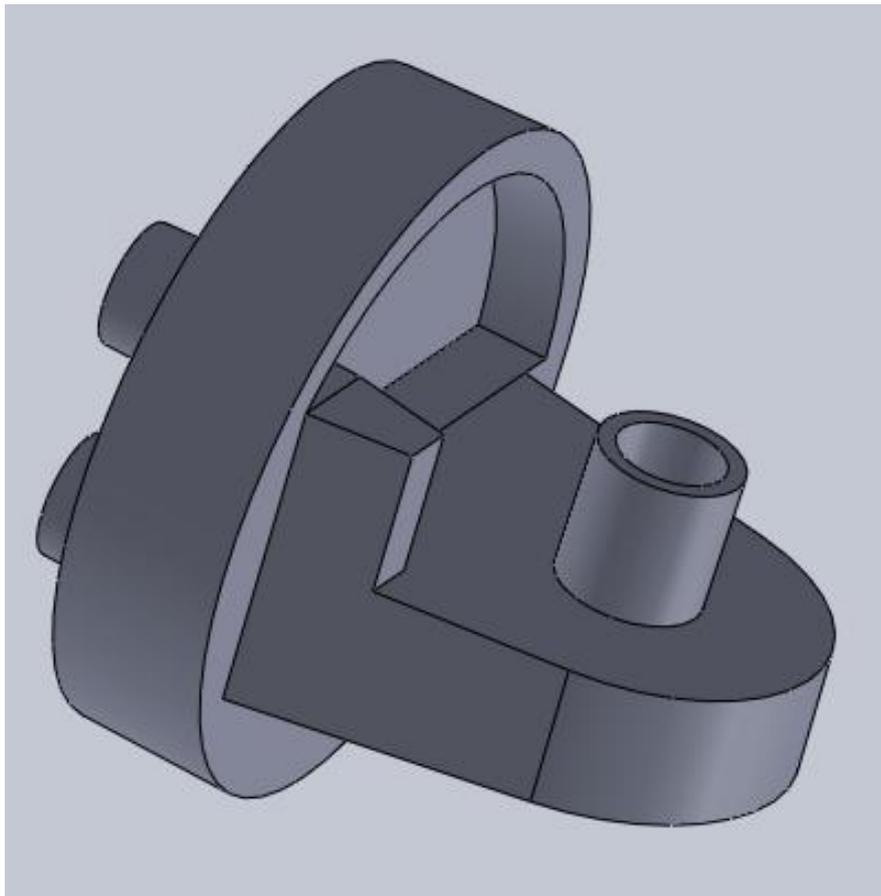


Figure IV.25: Création des trous pour le câble et coque de rétroviseur.

C. L'assemblage entre la coque de rétroviseur et le support :

Ainsi, le processus d'assemblage est effectué correctement et avec précision, comme la montre sur **les figures 26 et 27** :

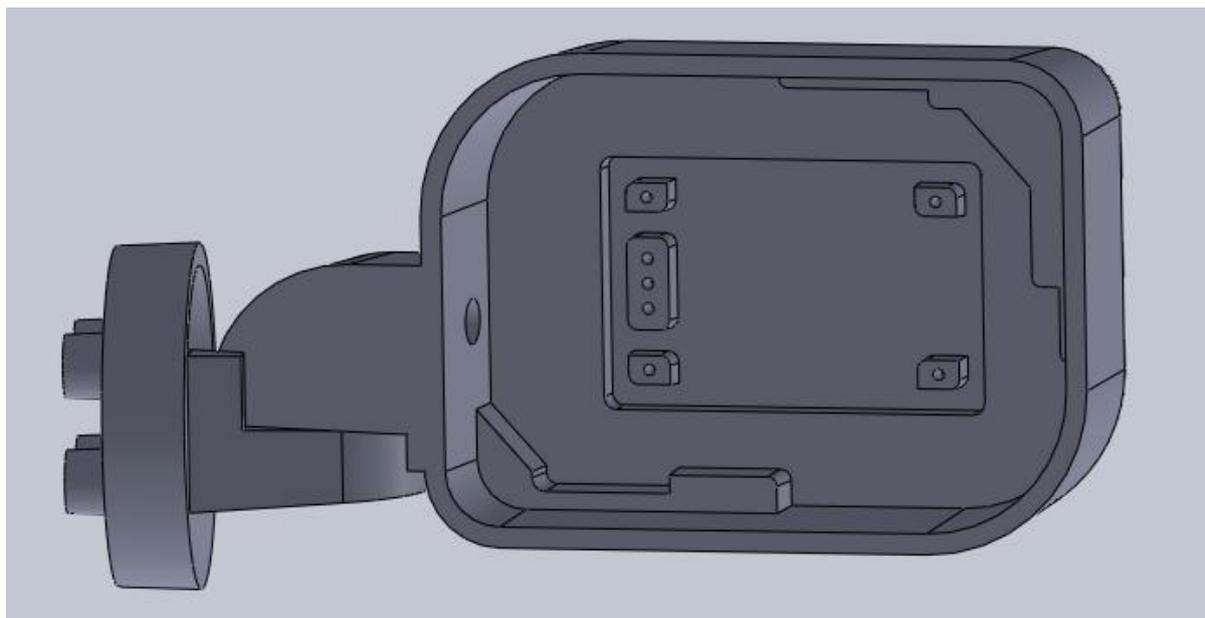


Figure IV.26: L'assemblage entre la coque de rétroviseur et le support.

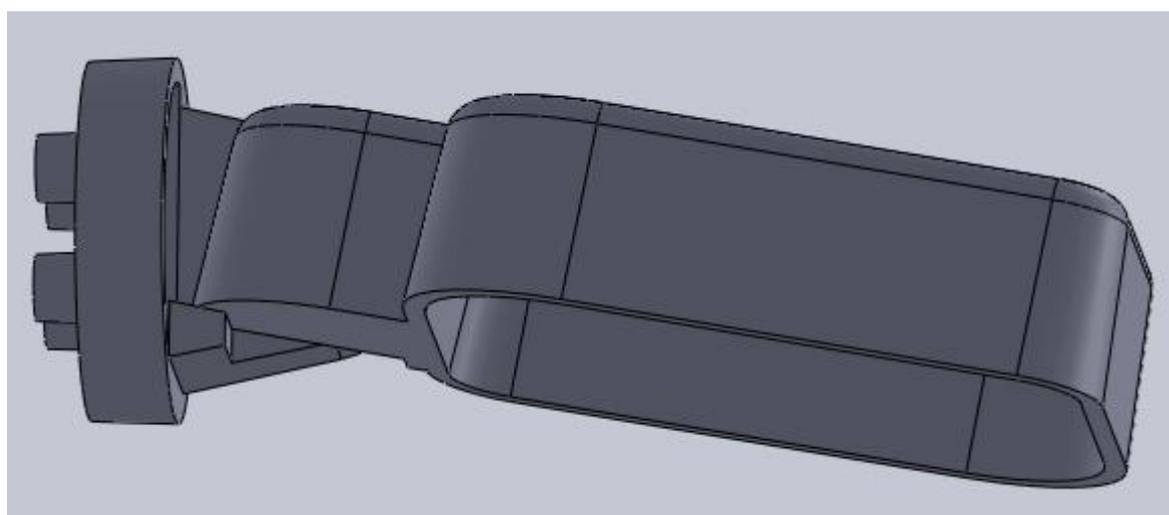


Figure IV.27: Vue de dessus du L'assemblage.

IV.3 la conception des moules

Dans cette partie nous mentionnerons et expliquons les étapes pour la conception correcte et précise des moules, que ce conception pour le moule de chaque pièces (**la coque de rétroviseur et le support**). Ensuite nous choisirons la matière alliage d'aluminium ou acier pour chaque moule.

IV.3.1 Analyse de dépouille :

L'analyse de dépouille est une étape cruciale dans la conception des moules pour la fabrication. Elle consiste à vérifier que les surfaces du moule qui viennent en contact avec la pièce à mouler sont suffisamment inclinées pour permettre un retrait facile de la pièce moulée. cet à dir que cette analyse est fait pour assurer la démoulage ou l'éjection facile de la pièce moulée [14].

On utilise la fonction dépouille qui incline les faces qui nécessitent la dépouille , avec un angle spécifique. Les figures suivantes montre l'analyse des deux piece: la coque de rétroviseur ET le support.

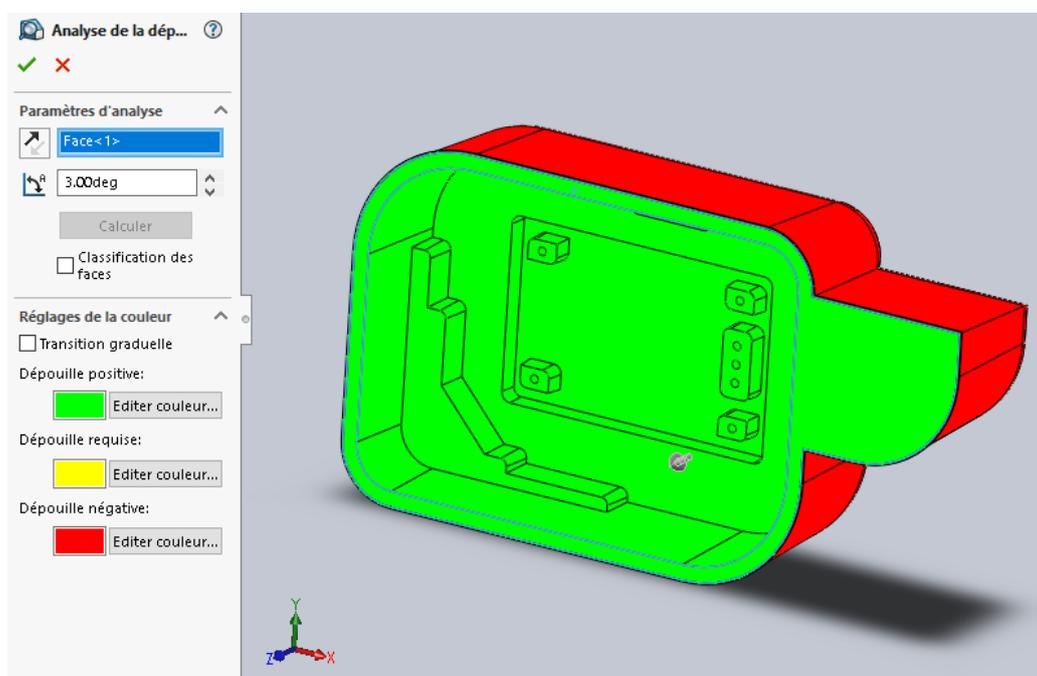


Figure IV.28: Analyse de dépouille de la 1ère pièce (la coque de rétroviseur).

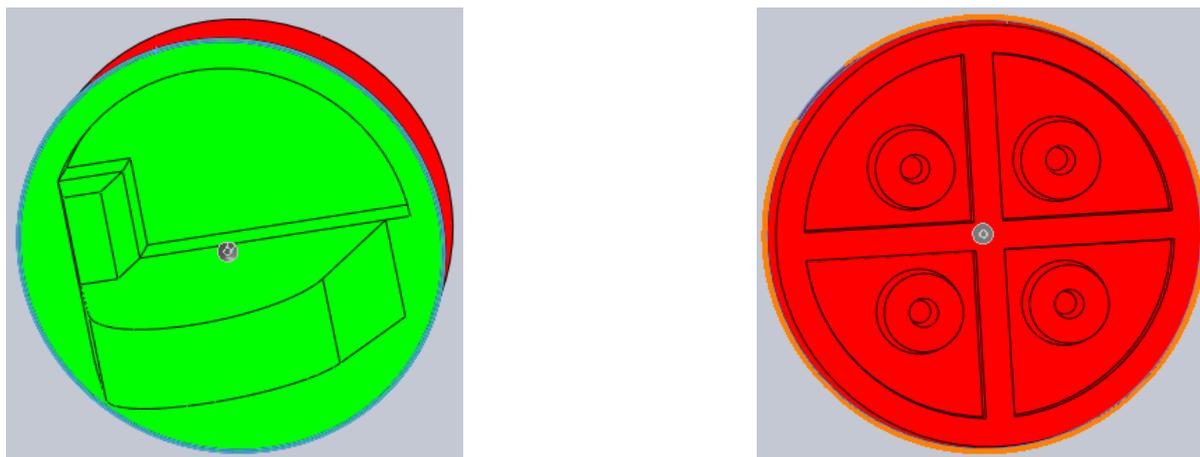


Figure IV.29: Analyse de dépouille de la 2ème pièce (le support).

IV.3.2 lignes de joint :

Les lignes de joint se trouvent le long de l'arête de la pièce moulée, entre les surfaces de noyau et d'empreinte. Elles sont utilisées pour créer les plans de joint et pour séparer les surfaces, ainsi pour le contrôle de la dépouille. On peut créer cette ligne automatiquement ou manuellement [14].

Les figures suivantes montrent la ligne de joint pour les deux pièces : la coque de rétroviseur et le support.

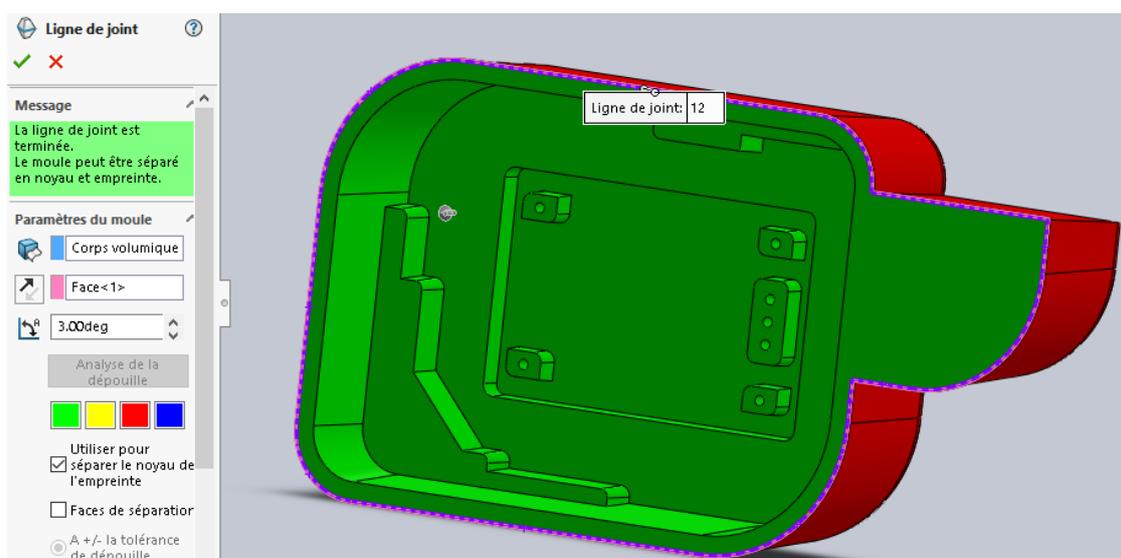


Figure IV.30: lignes de joint de la 1ère pièce (la coque de rétroviseur).

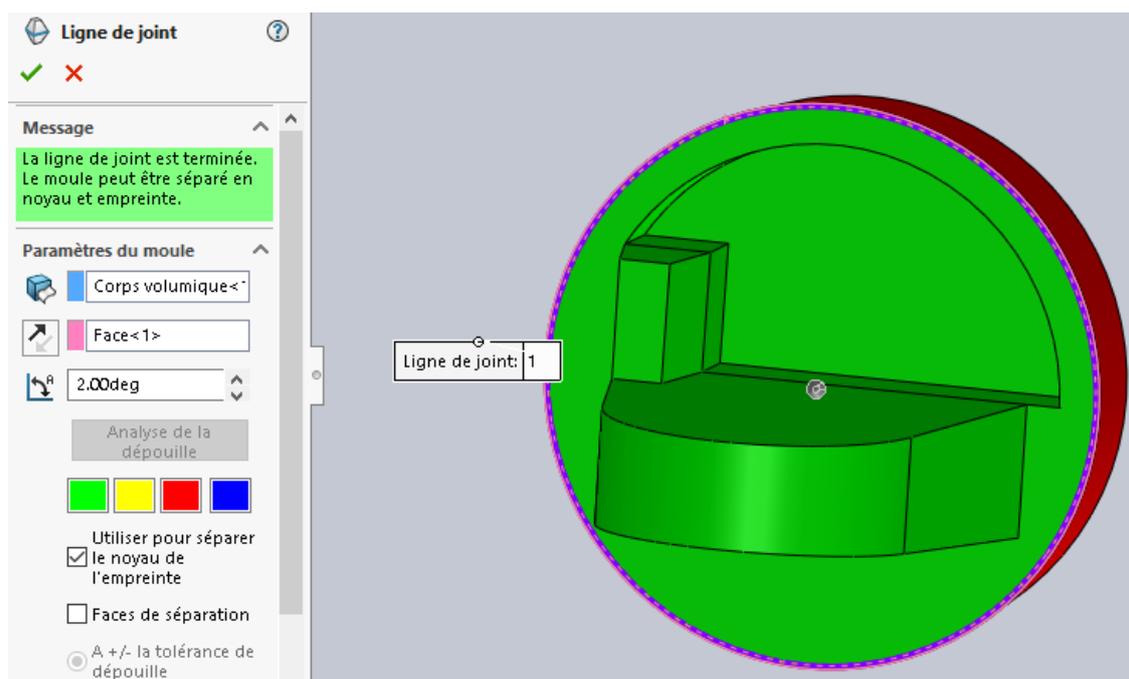


Figure IV.31: lignes de joint de la 2ème pièce (le support).

IV.3.3 La surface d'arrêt :

Une surface d'arrêt utiliser pour reboucher un trou en créant un raccord surfacique délimité par des arêtes formant une boucle continue, ou le noyau et l'empreinte sont en contact dans le moule. Toute fuite empêcherait la séparation du noyau et de l'empreinte.

Pour séparer le noyau de l'empreinte, deux surfaces complètes (une surface noyau et une surface empreinte), sans aucun trou, sont nécessaires. Il arrive, néanmoins, que le logiciel ne puisse pas générer de surface pour un type de trou spécifique. Dans ce cas, vous devez identifier le trou en sélectionnant une boucle d'arêtes, puis choisir l'option Pas de remplissage. Après avoir quitté le PropertyManager Surface d'arrêt, vous créez le raccord surfacique manuellement.

Voici les figures suivantes qui dans lequel nous montrant les surfaces d'arrêt que nous avons créées pour la coque de rétroviseur et le support :

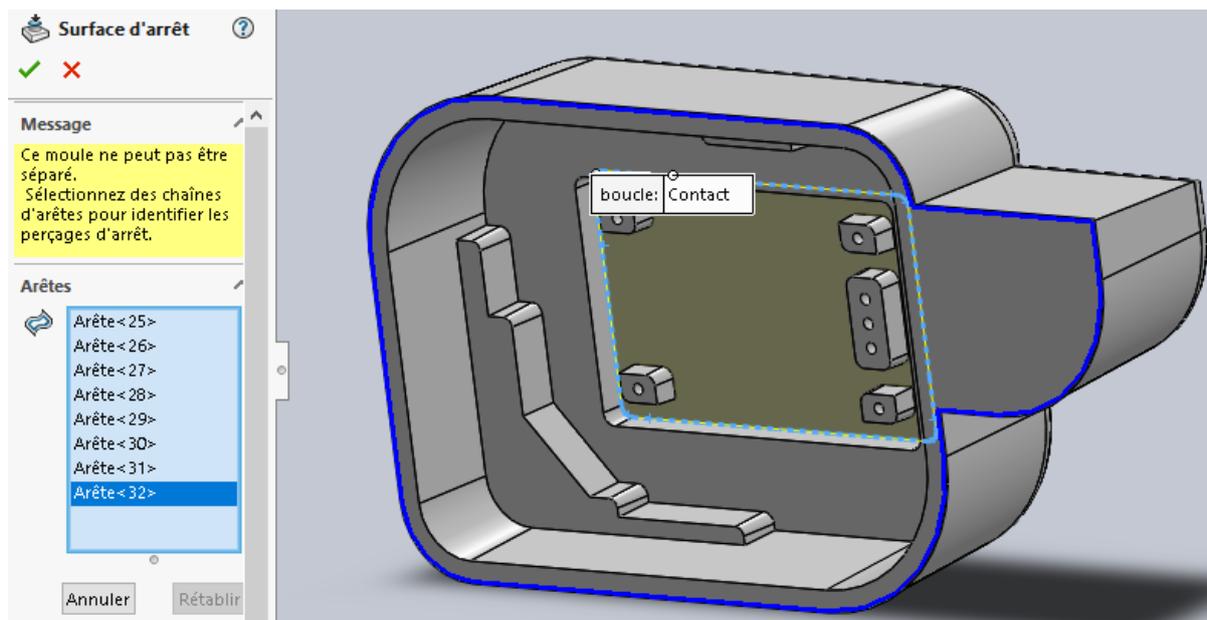


Figure IV.32: La surface d'arrêt pour la coque de rétroviseur:

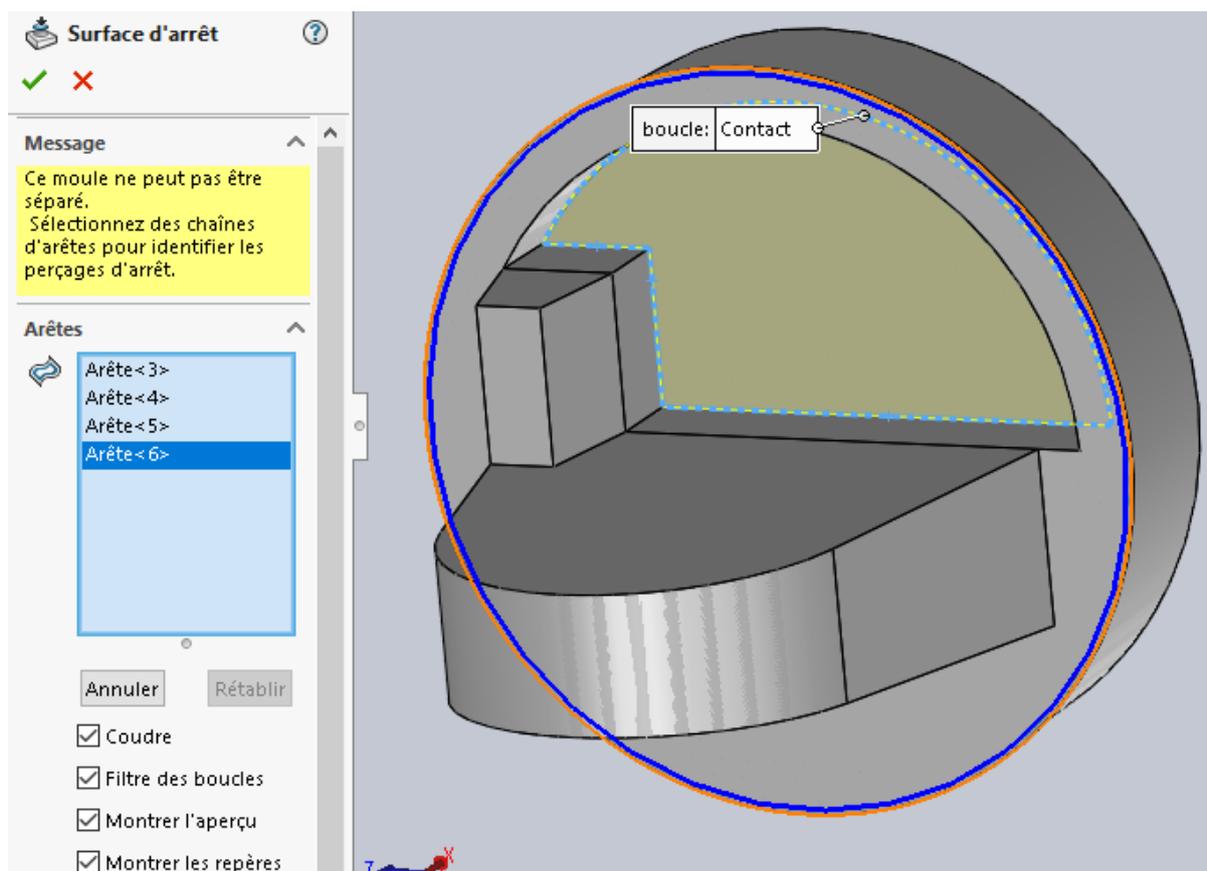


Figure IV.33: La surface d'arrêt pour le support.

IV.3.4 le plan de joint :

Le plan de joint est la frontière entre les deux parties du moule, c'est à dire que cette plane est utilisée pour séparer l'empreinte du moule de son noyau. Il se crée par extrusion de la ligne de joint. Regarde les figures suivantes qui montrent le plan de joint pour les deux pièces.

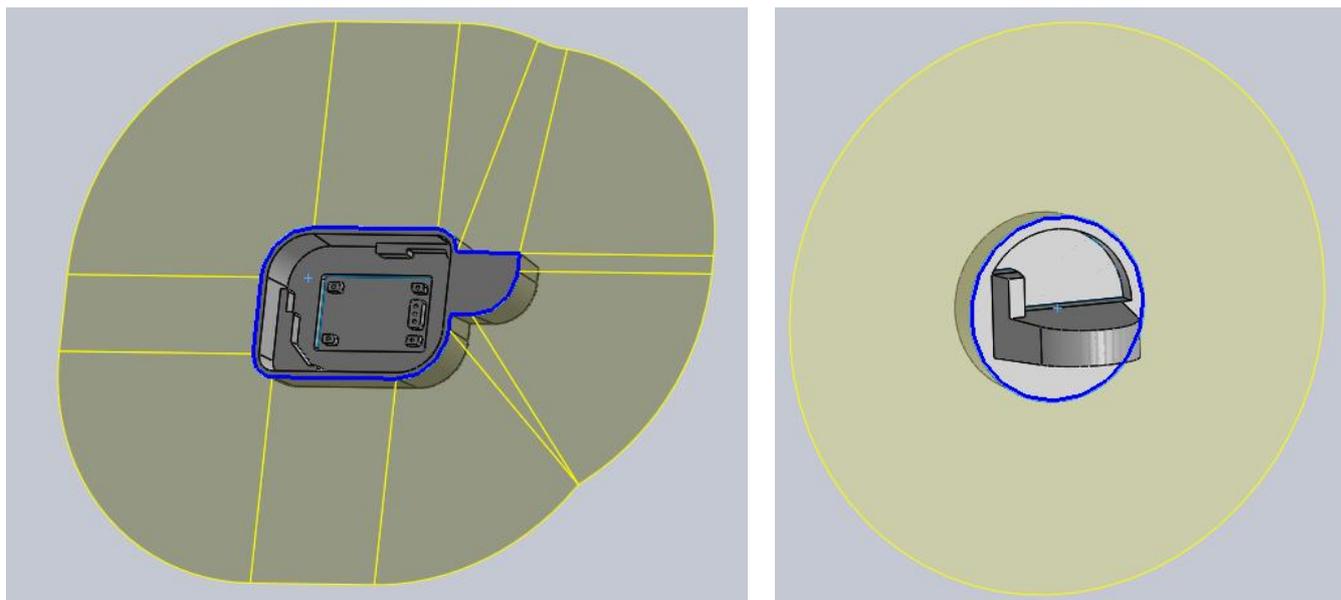


Figure IV.34: le plan de joint pour la coque de rétroviseur.

IV.3.5 Insertion de noyau et d'empreinte :

L'outil "noyau / empreinte" est utilisé pour créer les deux parties principales du moule, ou bien pour créer les blocs noyau et empreinte d'un moule pour une ou plusieurs pièces ou pour plusieurs instances de la même pièce. La pièce doit comporter au moins trois corps surfaciques pour faire cette création [14].

Les figures suivantes montrent que nous créons les deux parties principales de moule pour chaque deux pièce : la coque de rétroviseur et le support.

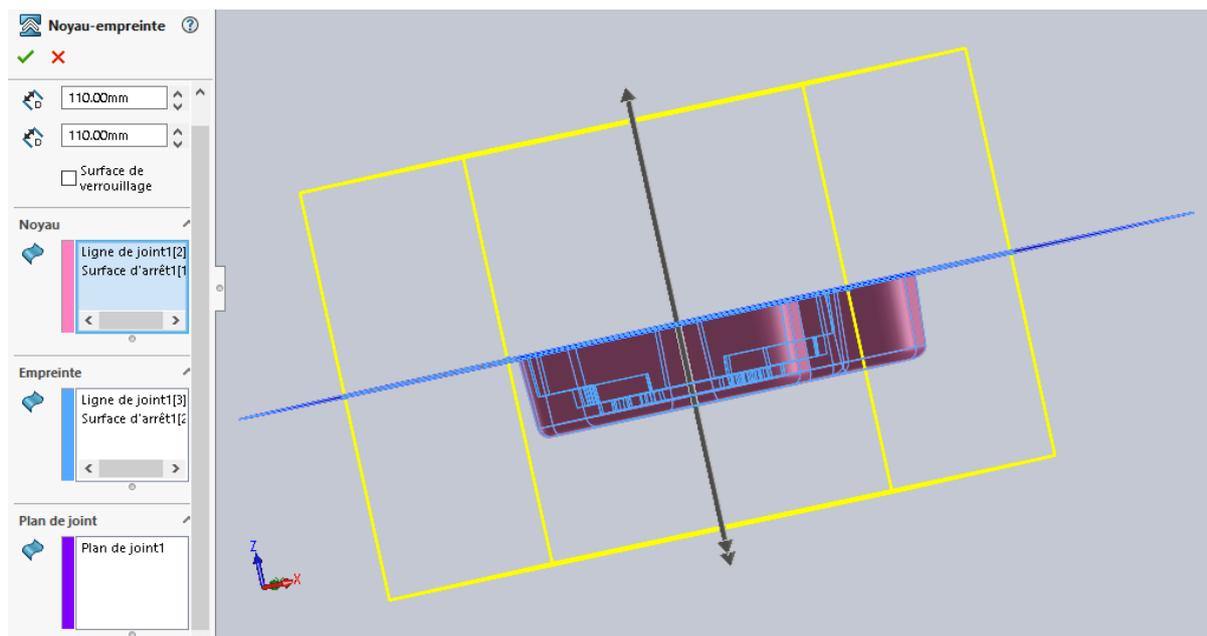


Figure IV.35: Insertion de noyau ET d'empreinte pour la coque de rétroviseur.

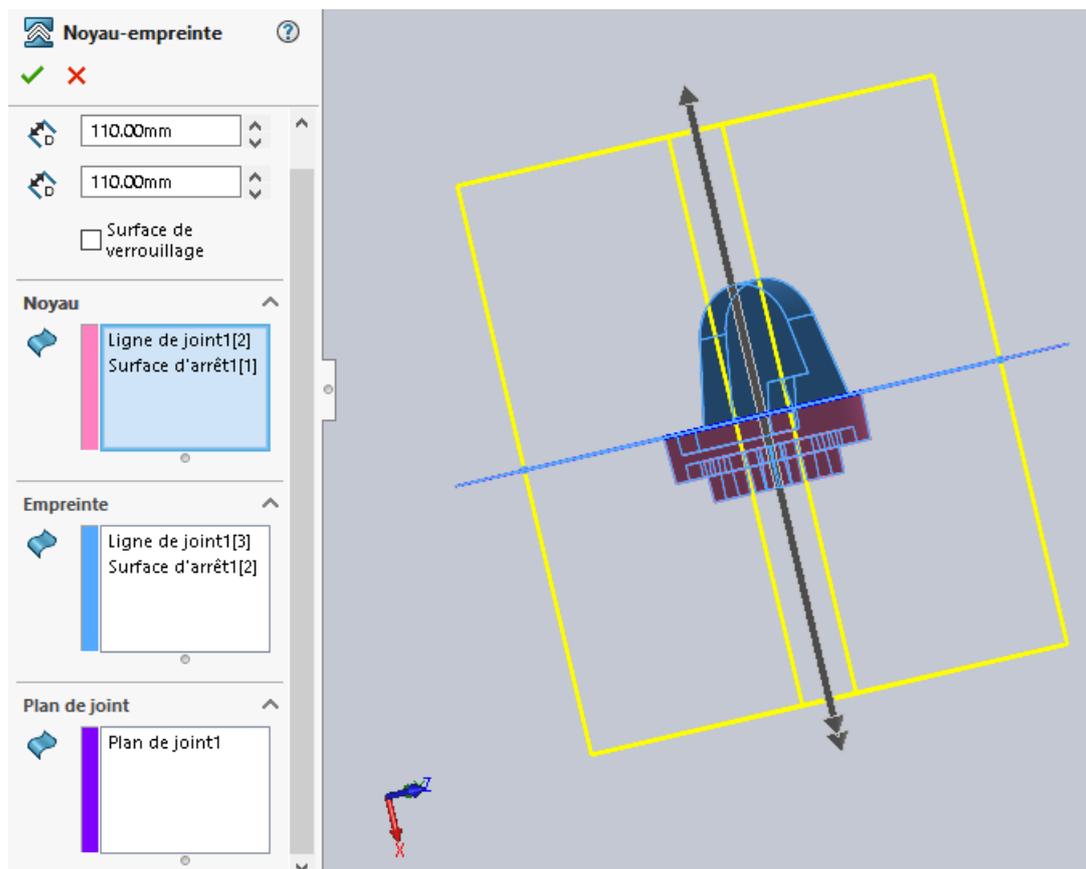


Figure IV.36: insertion de noyau ET d'empreinte pour le support.

IV.3.6 Choix de la matière pour les deux moules :

Nous avons utilisé deux matériaux différents, le premier est un acier Inoxydable et l'autre est un alliage d'aluminium. Les principales propriétés de ces deux matériaux sont dans le tableau suivant :

Matériau	acier inoxydable	alliage d'aluminium
Module d'élasticité (N/m ²)	2.07 e + 10	6.9 e + 10
Coefficient de poisson (s.o)	0.27	0.33
Masse volumique (Kg /m ³)	7860	2700
Limite de traction (N/m ²)	685000000	68935600
Limite d'élasticité (N/m ²)	292000000	27574200
Coefficient de dilatation(w/k)	1.7 e – 0.5	2.4 e – 0.5
Conductivité thermique(w/m.k)	/	200

Tableau IV.1: Les principales propriétés de ces deux matériaux [15].

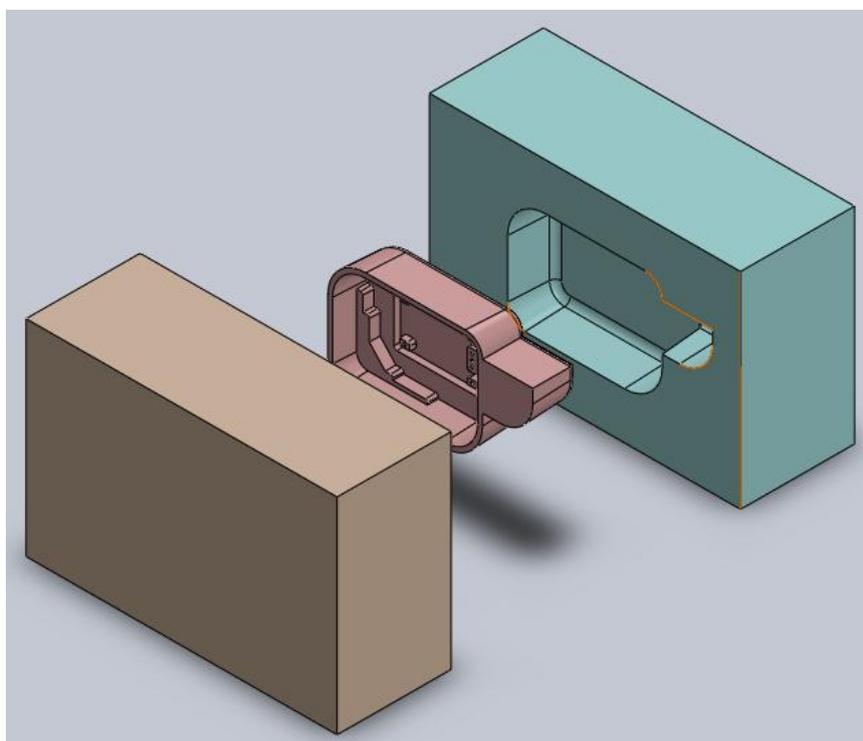


Figure IV.37: L'assemblage pour le moule de la coque de rétroviseur.

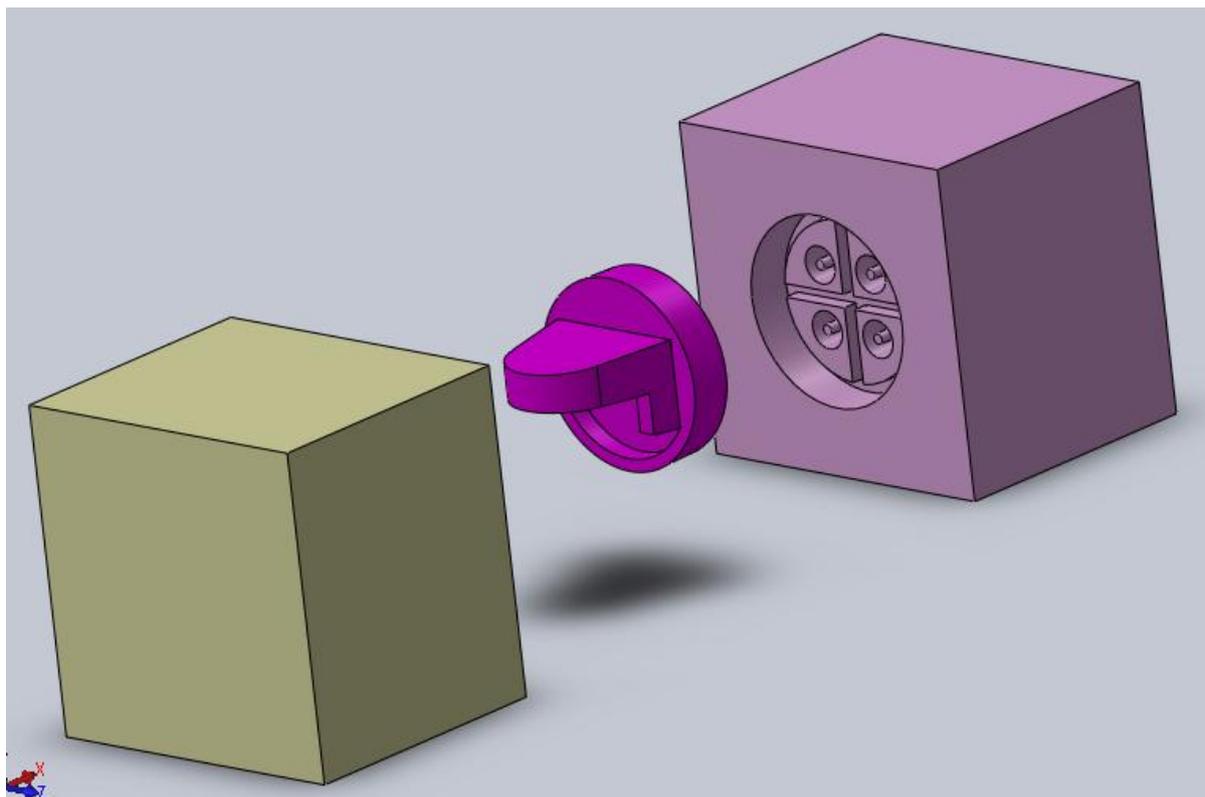


Figure IV.38: L'assemblage pour le moule de support.

IV.4 Simulation des moules

Dans cette partie nous mentionnerons et expliquons les étapes pour la simulation correcte et précise des moules à l'aide du programme **Solidworks Cam**, que cette simulation pour le moule de chaque pièce (la coque de rétroviseur et le support). Ensuite nous déterminons le **G-code** pour chaque partie principale de moule.

IV.4.1 Simulation de 1er moule (spécial pour la coque de rétroviseur) :

Le moule de la coque de rétroviseur consiste de deux parties principales, la première appelée la partie femelle (l'empreinte) et la deuxième appelée la partie male (le noyau).

A. la 1^{ère} partie de moule :

Cette partie de moule contient un creusage, donc leur simulation est faite par les phases suivantes :

1. **défini la machine :** C'est la phase qui permet de sélectionner la machine (nous choisirons M3AXIS-TUTORIAL) et les outils, ainsi que le post processeur.
2. **Les coordonnées de système:** Nous ajustons les coordonnées pour que l'axe "OZ" soit parallèle à l'axe de l'outil.
3. **Le gestionnaire de stock :** il vous permet de définir le cube de visualisation et le stock cylindrique pour les pièces et les assemblages de fraisage.
4. **Configuration de l'usine :** dans cette phase, nous choisirons la face qui illustrée dans la figure suivants :

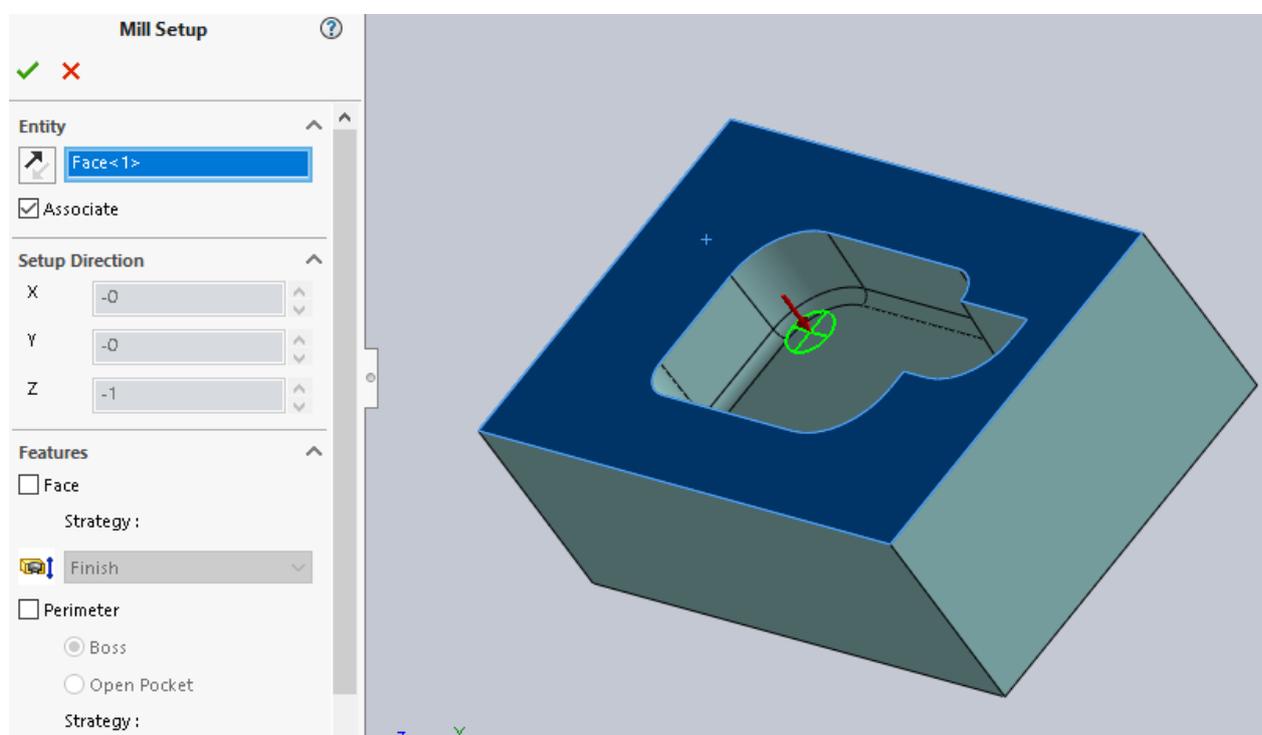


Figure IV.39: la face qui nous choisirons pour la Configuration de l'usine.

5. **Les opérations:** Les opérations spéciales de cette simulation sont classées dans le tableau suivant :

Numéro ou Class	Les opérations	Type d'outil	Diamètre D1 d'outil (mm)	Longueur d'outil L2 (mm)	Cut amount (mm)
1	Area Clearance	Flat End 20MM CRB	16	60	2.5
2	Constant Stepmover	Ball Nose 12MM CRB	10	50	2.5
3	Pattern project	Ball Nose 12MM CRB	8	50	1.5

Tableau IV.2: Les opérations ET les 'outils de la 1^{er} simulation.

6. **Simulation** : Le résultat de cette simulation est illustrée dans la figure suivant :

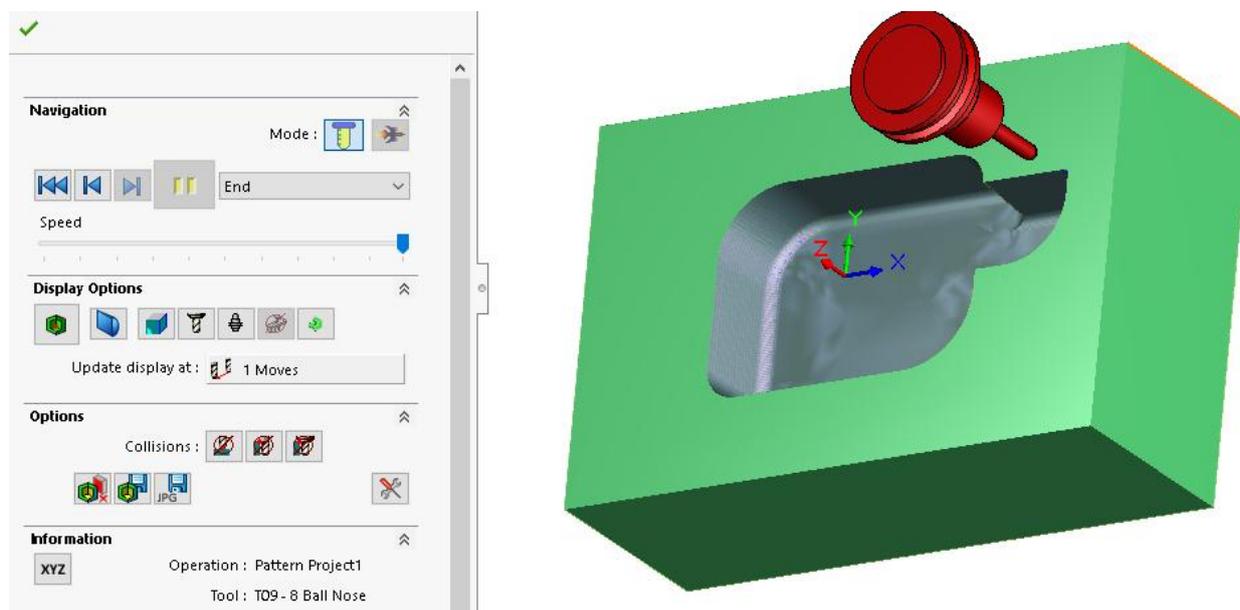
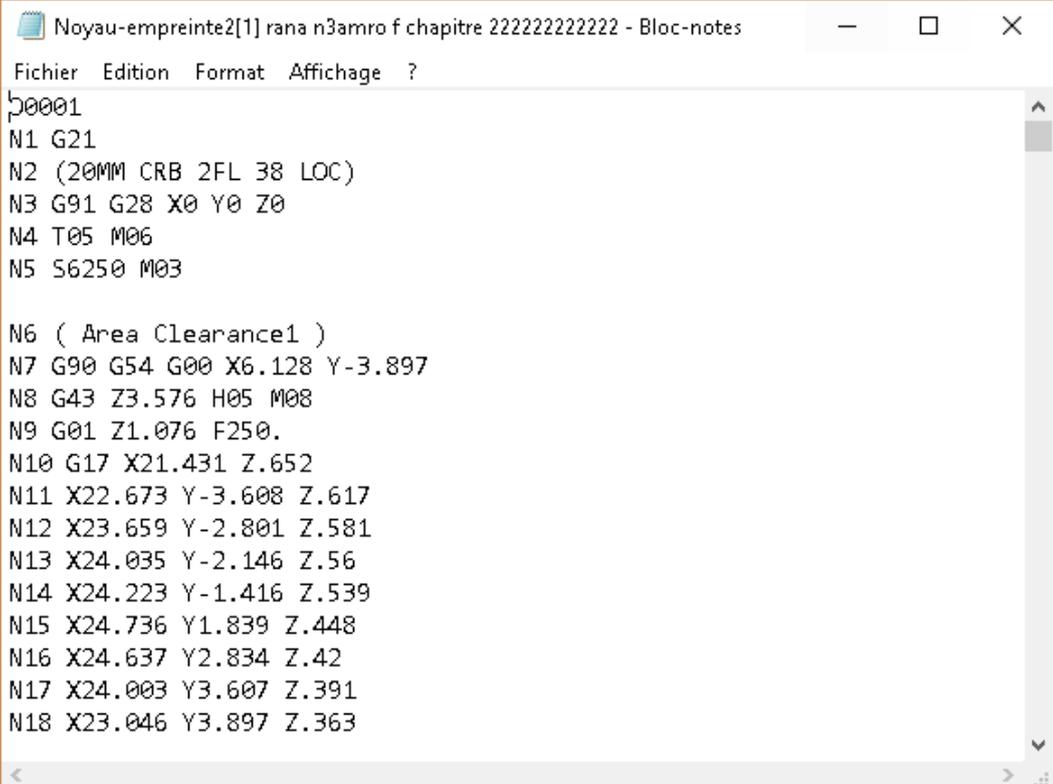


Figure IV.40: Le résultat de la 1^{er} simulation.

7. **Le G-cod pour la machine CNC** : Il est illustrée dans la figure ci-dessous :



The image shows a Notepad window titled "Noyau-empreinte2[1] rana n3amro f chapitre 222222222222 - Bloc-notes". The window contains the following G-code:

```
Fichier Edition Format Affichage ?
%0001
N1 G21
N2 (20MM CRB 2FL 38 LOC)
N3 G91 G28 X0 Y0 Z0
N4 T05 M06
N5 S6250 M03

N6 ( Area Clearance1 )
N7 G90 G54 G00 X6.128 Y-3.897
N8 G43 Z3.576 H05 M08
N9 G01 Z1.076 F250.
N10 G17 X21.431 Z.652
N11 X22.673 Y-3.608 Z.617
N12 X23.659 Y-2.801 Z.581
N13 X24.035 Y-2.146 Z.56
N14 X24.223 Y-1.416 Z.539
N15 X24.736 Y1.839 Z.448
N16 X24.637 Y2.834 Z.42
N17 X24.003 Y3.607 Z.391
N18 X23.046 Y3.897 Z.363
```

Figure IV.41: Le G-cod de la 1^{ère} partie de moule.

B. la 2^{ème} partie de moule :

Cette partie de moule contient un noyau, donc leur simulation est fai par les phases suivantes :

1. Nous choisirons la machine 3 AXIS-TUTORIAL.
2. Nous régler les coordonnées pour que l'axe "OZ" soit orienté ver le haut et parallèle à l'axe de l'outil.
3. nous choisirons le matériel 6061 - T6 (Aluminium Alloys) pour le gestionnaire de stock qui permet de définir le cube de visualization.
4. Pour la configuration de l'usine, nous choisirons la face qui illustrée dans la figure ci-dessous.

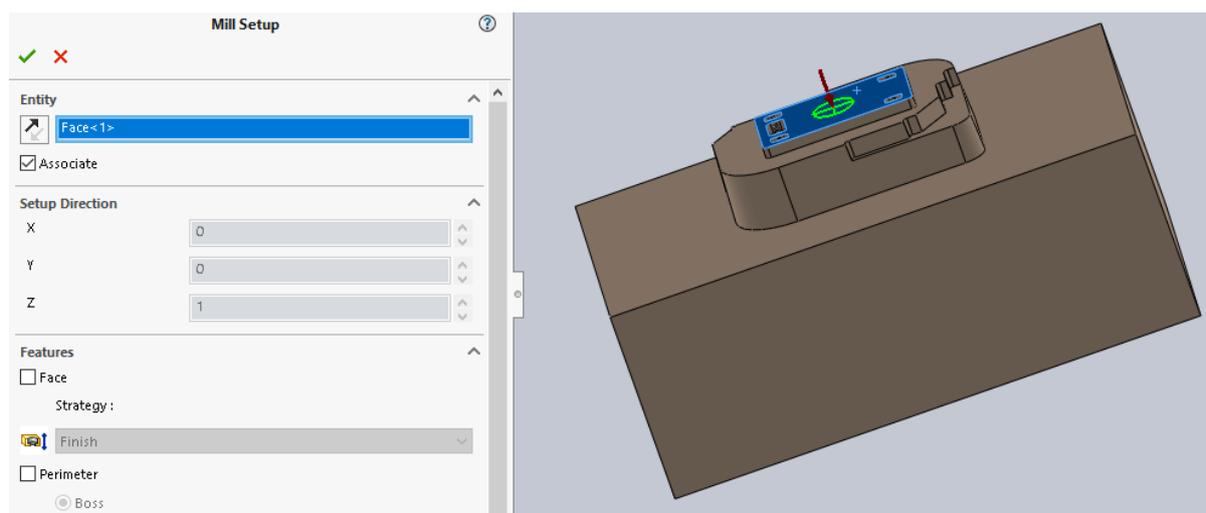


Figure IV.42: la face qui nous choisirons pour la Configuration de l'usine.

5. Les opérations spéciales de cette simulation sont classées dans le tableau suivant :

Numéro ou Class	Les opérations	Type d'outil	Diamètre D1 d'outil (mm)	Longueur d'outil L2 mm)
1	Poche ouverte/rough Mill	Flat end 20MM CRB	12	50
2	Poche ouverte/ Contour Mill	Flat end 10MM CRB	3	50
3	poche rectangulaire/rough Mill	Flat end 6MM CRB	2	25
4	poche rectangulaire/ Contour Mill	Flat end 6MM CRB	1	25
5	groupe de poches rectangulaires/rough Mill	Flat end 6MM CRB	2	25
6	groupe de poches rectangulaires/ CM	Flat end 6MM CRB	1	25

7	Fente irrégulière 1 /rough Mill	Flat end 10MM CRB	6	50
8	Fente irrégulière 1/ Contour Mill	Flat end 10MM CRB	2	50
9	Fente irrégulière 2/rough Mill	Flat end 6MM CRB	6	25
10	Fente irrégulière 2/ Contour Mill	Flat end 6MM CRB	2	25

Tableau IV.3: Les opérations ET les 'outils de la 2^{ème} simulation.

6. Le résultat de cette simulation illustrée dans la figure suivant :

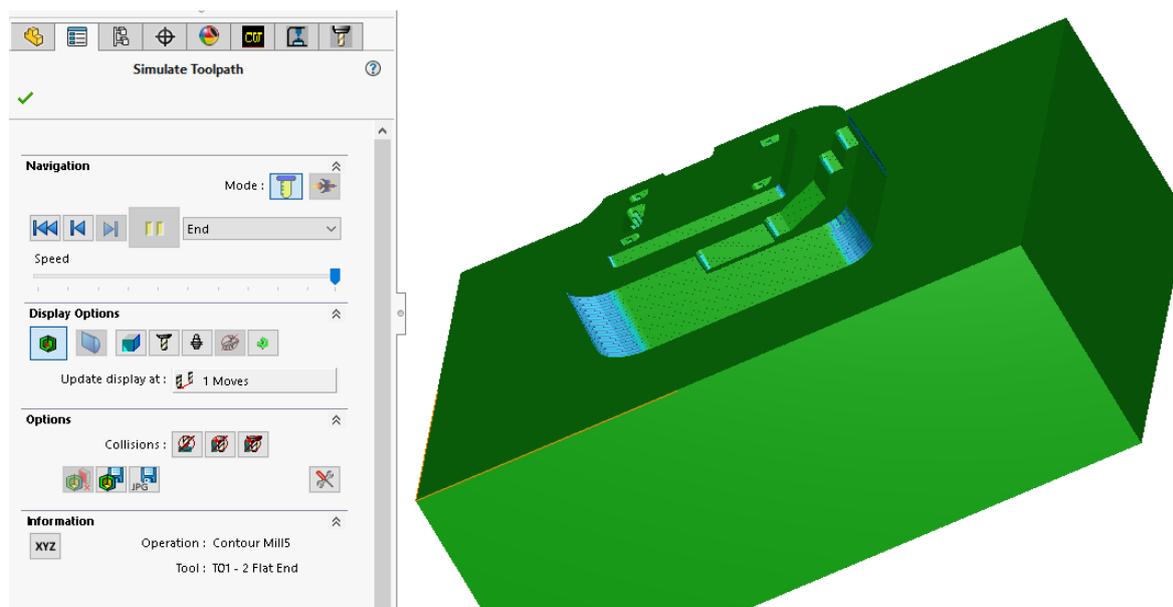
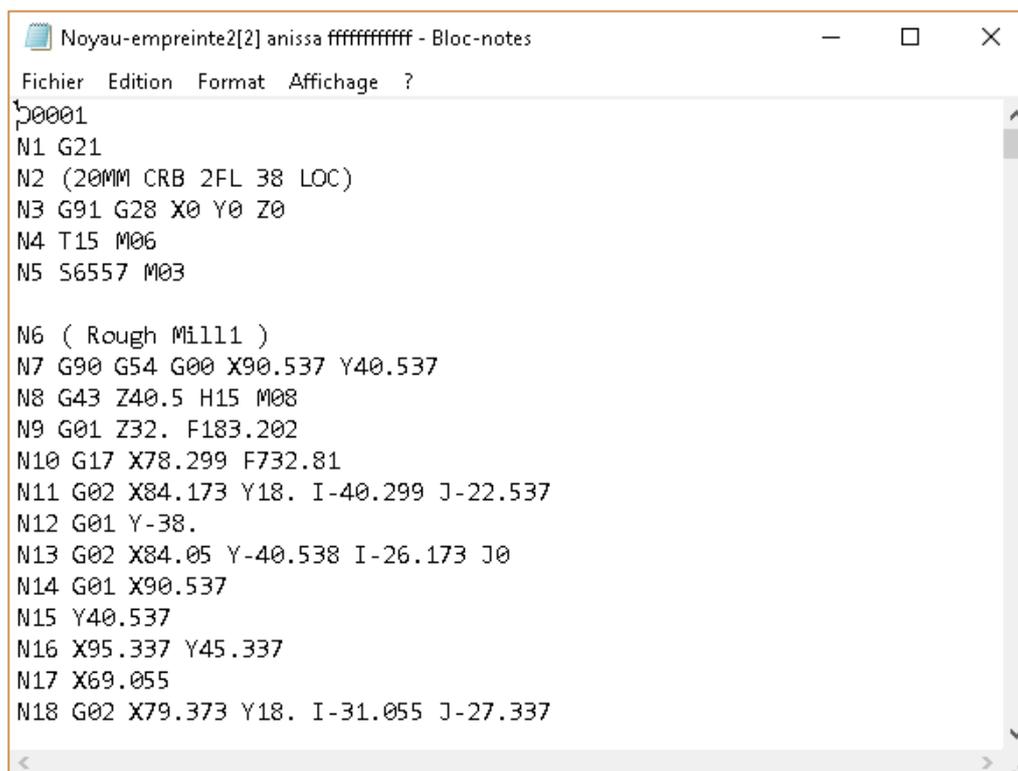


Figure IV.43: Le résultat de la 2^{ème} simulation.

7. Le **G-cod** est illustrée dans la figure ci-dessous :



```
Noyau-empreinte2[2] anissa ffffffff - Bloc-notes
Fichier Edition Format Affichage ?
%0001
N1 G21
N2 (20MM CRB 2FL 38 LOC)
N3 G91 G28 X0 Y0 Z0
N4 T15 M06
N5 S6557 M03

N6 ( Rough Mill11 )
N7 G90 G54 G00 X90.537 Y40.537
N8 G43 Z40.5 H15 M08
N9 G01 Z32. F183.202
N10 G17 X78.299 F732.81
N11 G02 X84.173 Y18. I-40.299 J-22.537
N12 G01 Y-38.
N13 G02 X84.05 Y-40.538 I-26.173 J0
N14 G01 X90.537
N15 Y40.537
N16 X95.337 Y45.337
N17 X69.055
N18 G02 X79.373 Y18. I-31.055 J-27.337
```

Figure IV.44: Le G-cod de la 2^{ème} partie de moule.

IV.4.2 Simulation de 2eme moule (spécial pour le support):

Le moule de support contient de Épaisseur égale 220 mm, avec un côté de 130 mm, les deux parties principal de ce moule contient un creusage.

A. 1^{er} partie de moule :

Cette partie de moule contient un creusage et un groupe de poches circulaires, donc leur simulation est fai par les phases suivantes :

1. nous choisirons la machine" MILL\ACRAMATIC-2100.ctl "avec un berceau à outils 2.
2. Nous régler les coordonnées pour que l'axe "OZ" soit orienté ver le haut et parallèle à l'axe de l'outil.
3. Nous choisirons le matériel 4140 HT (Medium & High Carbon Alloy Steel) pour le gestionnaire de stock. Ainsi que nous ajustons les coordonnées selon FCS.

4. Pour la configuration de l'usine, nous choisirons la face qui illustrée dans la figure suivants :

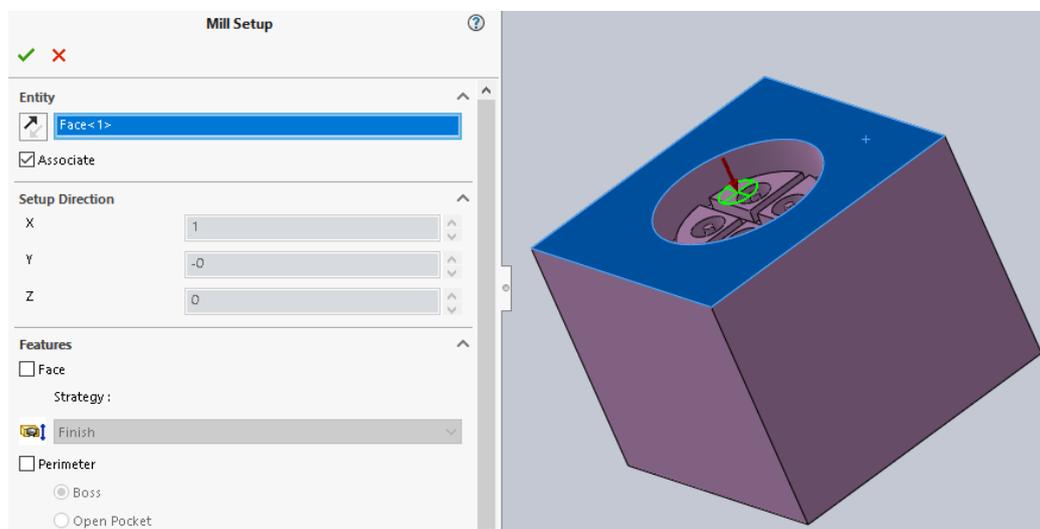


Figure IV.45: la face qui nous choisirons.

5. Les opérations spéciales de cette simulation sont classées dans le tableau suivant :

Numéro ou Class	Les opérations	Type d'outil	Diamètre D1 d'outil (mm)	Longueur d'outil L2 (mm)
1	poche circulaire/ rough Mill	Flat end 6MM CRB	2	25
2	poche circulaire/ Contour Mill	Flat end 6MM CRB	2	25
3	Groupe de poche circulaire/ rough Mill	Flat end 10MM CRB	2	50
4	Groupe de poche circulaire/ CM	Flat end 10MM CRB	1	50

Tableau IV.4: Les paramètre des opérations ET des 'outils pour la 3^{eme} simulation.

6. Le résultat de cette simulation illustrée dans la figure suivant :

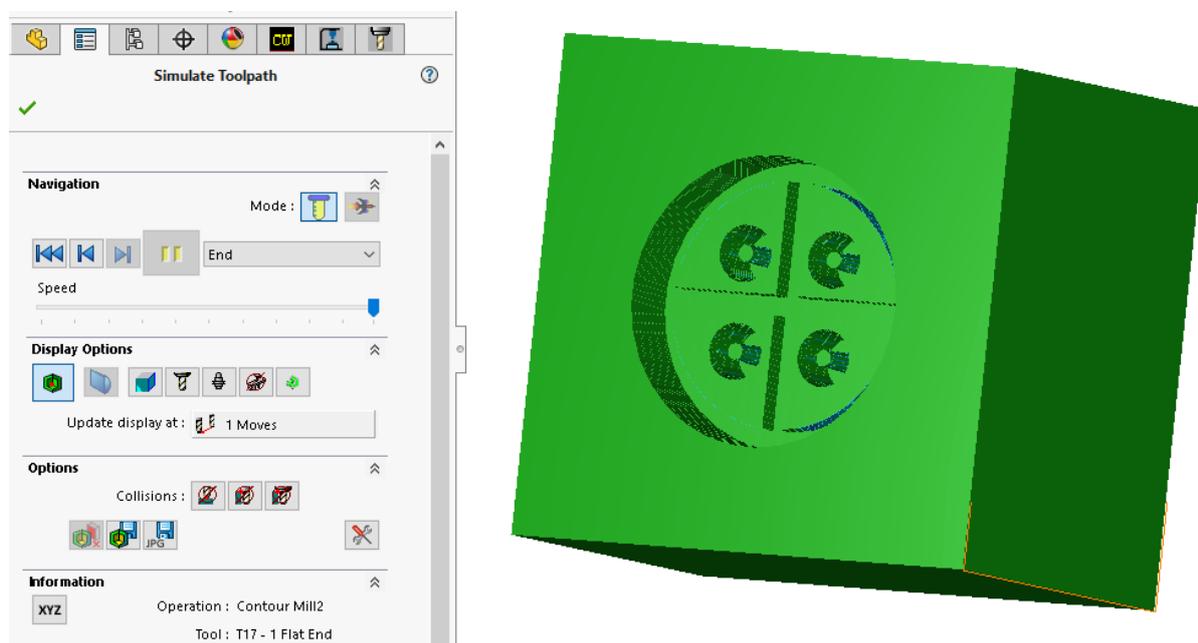


Figure IV.46: Le résultat de la 3^{ème} simulation.

B. la 2^{ème} partie de moule :

Cette partie de moule contient un creusage très complexe et une poche ouverte, donc leur simulation est fai par les phases suivantes :

1. Nous choisirons la machine" MILL\ANILAM_6000M "avec un berceau à outils 2.
2. Nous ajustons les coordonnées pour que l'axe "OZ" soit parallèle à l'axe de l'outil et orienté ver le haut.
3. Nous choisirons le matériel 12L14 (Low Carbon Alloy Steel) pour le gestionnaire de stock. Ainsi que nous ajustons les coordonnées selon L'origine.
4. Pour la configuration de l'usine, nous choisirons la face qui illustrée dans la figure suivants :

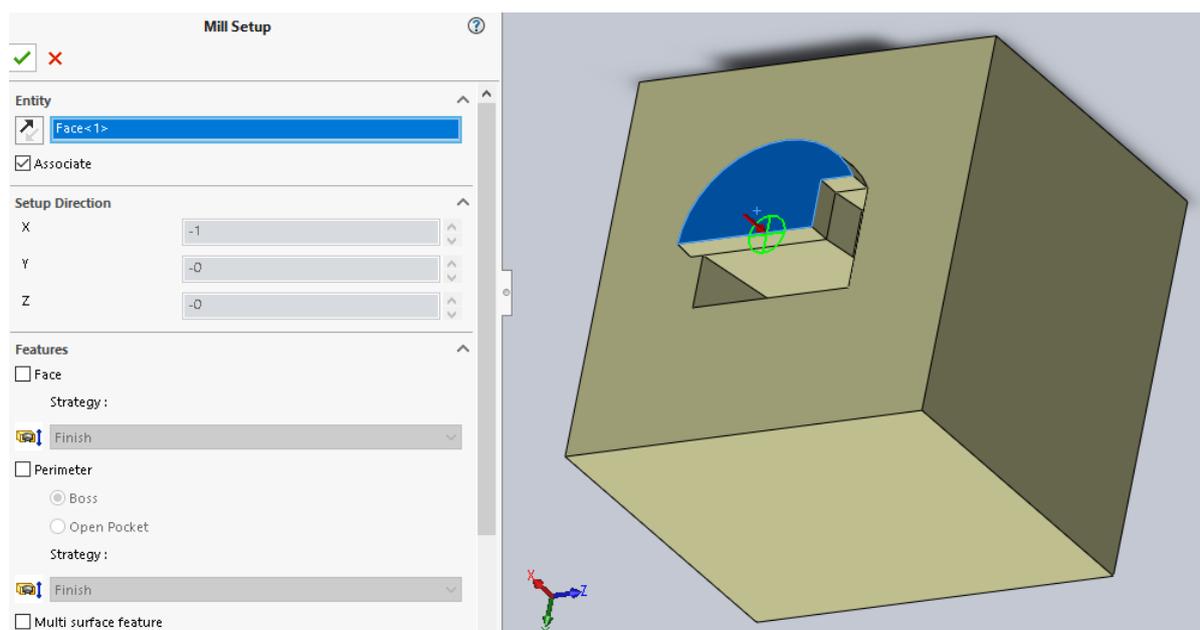


Figure IV.47: la face qui nous choisirons.

5. Les opérations spéciales de cette simulation sont classées dans le tableau suivant :

Numéro ou Class	Les opérations	Type d'outil	Diamètre D1 d'outil (mm)	Longueur d'outil L2 (mm)	Cut amount (mm)
1	Area clearance	Flat end 16MM CRB	2	60	3
2	poche ouverte/ rough Mill	Flat end 20MM CRB	16	38	/
3	poche ouverte/ Contour Mill	Flat end 6MM CRB	2	25	/
4	Constant stepover	Ball Nose 25MM CRB	2	60	2.5
5	Pattern project	Ball Nose 25MM CRB	2	60	1

Tableau IV.5: Les paramètre des opérations ET des 'outils pour la 4^{eme} simulation.

6. Le résultat de cette simulation illustrée dans la figure suivant :

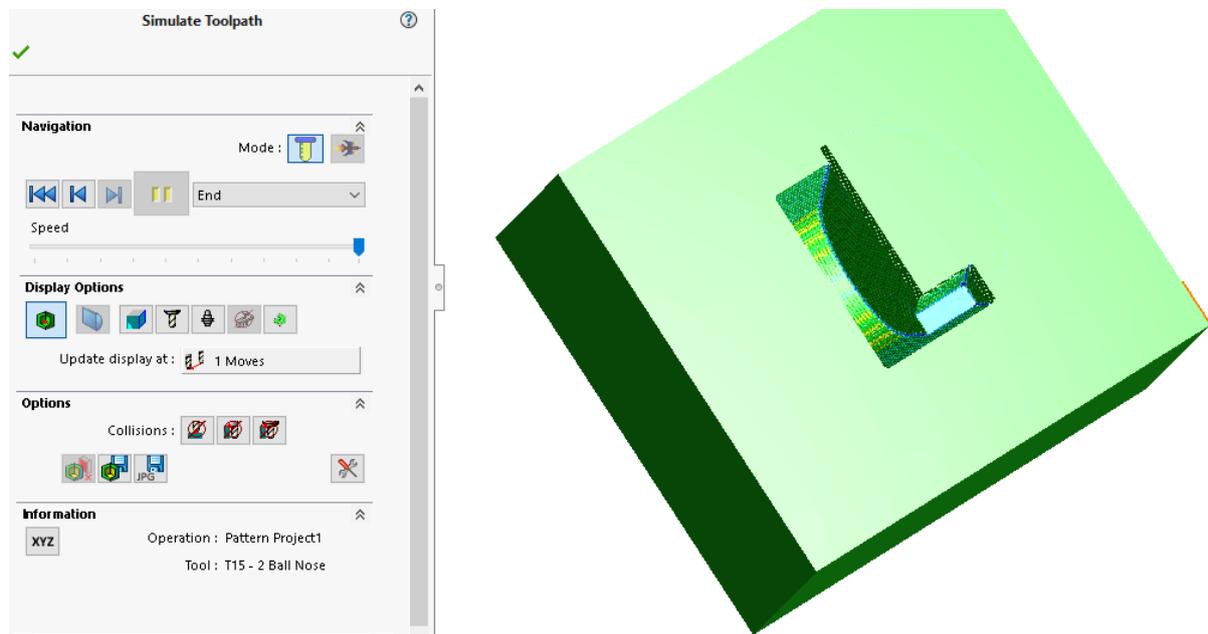


Figure IV.48: Le résultat de la 4^{ème} simulation.

IV.5 conclusions

Les concepteurs des moules nécessaire de comprendre et respect les règles de conceptions des pièces en plastique. Ainsi que la maitrise de logiciel de conception et de la simulation. Que cette logiciel offre aux concepteurs de moules d'injection, des outils précis pour optimiser leurs conceptions et avoir une vue de ce qui se passe à l'intérieur du moule. Vous aurez aussi un aperçu des effets du changement de ces variables.

V.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons calculer les paramètres de réglage pour les deux pièces (la coque de rétroviseur et le support), ensuite nous choisirons la machine d'injection adéquate qui pouvez les fabriquer correctement et précis afin que nous obtenions de haute qualité et de bonnes performances. Les paramètres de réglage sont : le volume injectable, la course de dosage, la force de fermeture et temps de refroidissement, ainsi que l'épaisseur minimale du moule et la distance entre les colonnes.

V.2 Le choix de la machine pour la coque de rétroviseur

Le choix de la machine dépend essentiellement de plusieurs facteurs tels que : masse de la moulée, volume de la moulée, capacité d'injection....etc.

V.2.1 détermination de la Volume injectable :

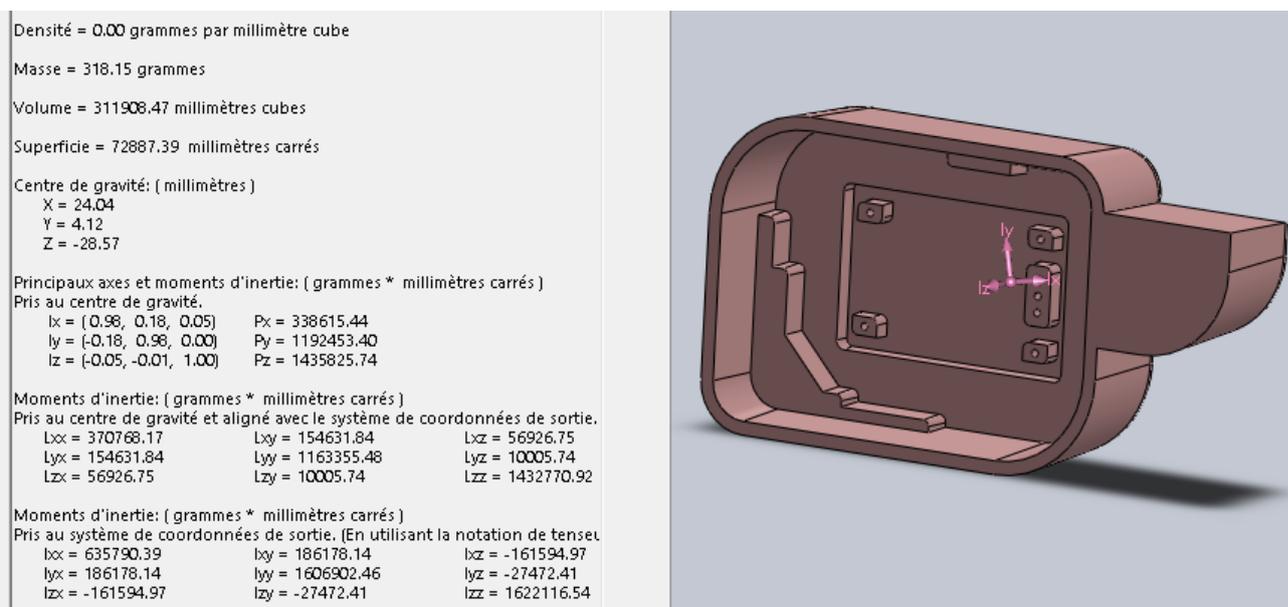


Figure V.1: Préforme ABS poids sur solidworks.

1. Matières : ABS
2. Coefficient de correction : 1.2 (matières amorphe)
3. Volume de la moulée :

◆ On a :

$$\text{Volume Moulée} = \frac{\text{la masse moulée(g)}}{\text{la masse volumique de la matière}(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3})} \quad [24]$$

- ◆ Masse de la moulée: 318.15 g (pour une seul pièce).
- ◆ La masse volumique de la matière: 1.02 g/cm³.
- ◆ Alor :

$$\text{Volume Moulée} = \frac{318.15}{1.02}$$

$$\text{Volume Moulée} = 311.9117 \text{ Cm}^3$$

4. Volume injectable :

◆ On a :

$$\text{Volume Injectable} = \text{Volume Moulée} \times \text{Coefficient de correction} \quad [24]$$

◆ Alor :

$$\text{Volume Injectable} = 311.9117 \times 1.2$$

$$\text{Volume injectable} = 374.294 \text{ cm}^3$$

- ◆ Bien que le poids de la moulée est l'un des paramètres essentiel pour déterminer la machine adéquate, La presse choisit est celle de 225 T (vérifier). Les paramètres de cette presse sont Illustrés dans le tableau suivant :

Les paramètres	Les valeurs	L'unité
Diamètre de la vis	60	mm
Puissance de serrage	225	T
Volume injectable	1230.83	cm ³
La distance entre colonnes	750×750	mm
La distance entre plateaux de la presse	1300	mm
La course maximale du piston de serrage	1100	mm

Tableau V.1: Caractéristiques techniques de la presse 225T [11].

V.2.2 Calcule du la course de Dosage :

La course de dosage (CD) correspond au : Volume d'injection nécessaire pour remplir l'empreinte plus une réserve de matière appelée "matelas ".

1. D : Diamètre de Vis = 6 cm.
2. Vc : Volume injectable = 374.294 cm³.
3. C : Course de Dosage :

◆ On a :

$$C = \frac{Vc \times 4}{\pi \times D^2} \quad [24]$$

◆ Alor :

$$C = \frac{374.294 \times 4}{3.14 \times 6^2}$$

$$C = 13.24 \text{ Cm}$$

V.2.3 calcul du la Force de fermeture :

La force de fermeture est la force (en livres ou en kg) nécessaire pour maintenir le moule pendant l'injection et elle est appliquée par l'unité de fermeture d'une machine de moulage par injection.

1. P : Pression d'injection de la matière = 1100 Bar = 110 Mpa.

2. Cpc : Coefficient de pertes de charges = 0.6.
3. S : la surface projeté au plan de joint = 17585.08 mm² (Donné par le logiciel de conception solidworks).

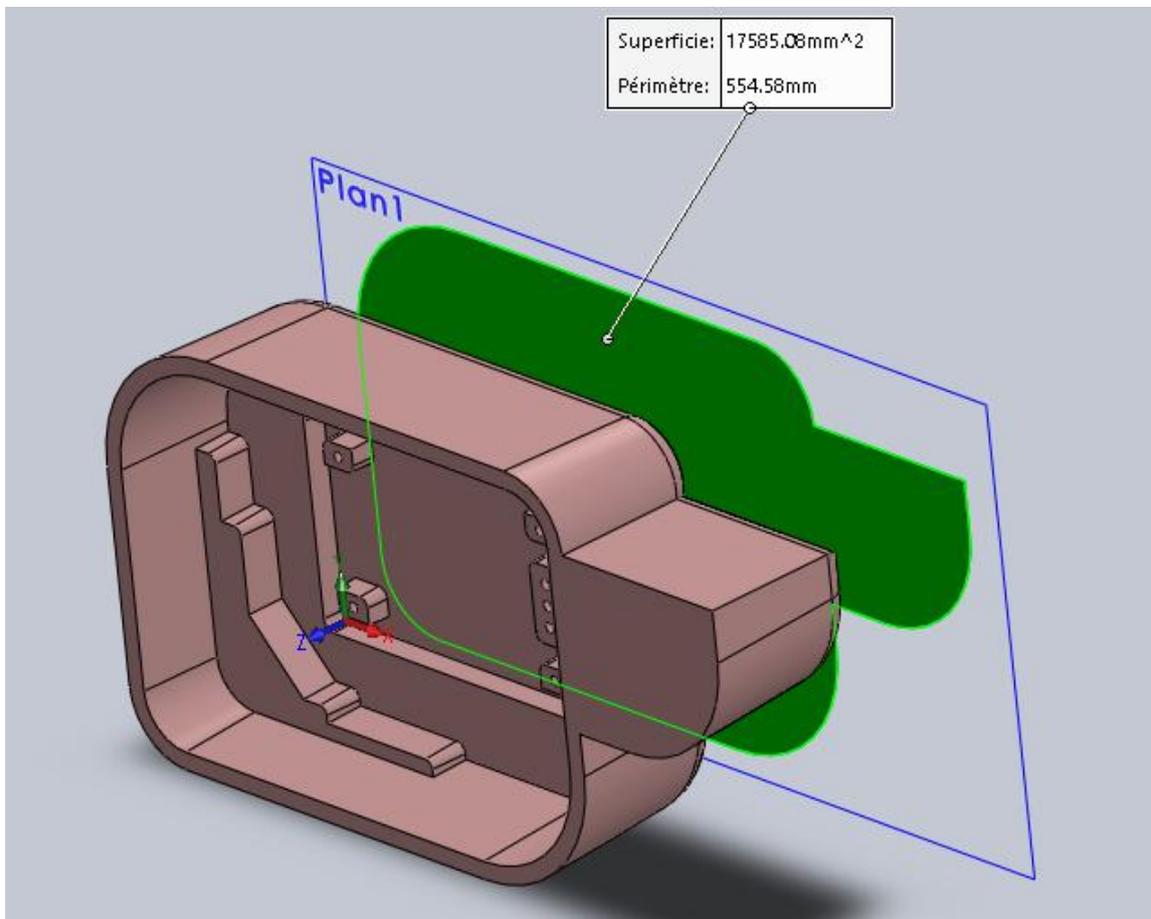


Figure V.2: la surface projeté au plan de joint.

4. F : la Force de fermeture :

◆ On a :

$$F = P \times Cpc \times S \times 1.1 \quad [22]$$

◆ Alor :

$$F = 110 \times 0.6 \times 17585.08 \times 1.1$$

$$F = 127.6676 \text{ T}$$

V.2.4 calcul du temps de refroidissement :

Le refroidissement décrit le processus de transformation d'un corps ou d'un système par déperdition thermique vers un état subjectif ou physique de froid.

1. e_{\min} : épaisseur minimale de la pièce = $2.16 \times 10^{-3} \text{m}$
2. e_{\max} : épaisseur maximale de la pièce = $79 \times 10^{-3} \text{m}$
3. a : coefficient de diffusion thermique = $5 \times 10^{-8} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$
4. T_m : température de la matière = $250 \text{ }^\circ\text{C}$.
5. T_{m0} : température moyenne de la paroi du moule = $70 \text{ }^\circ\text{C}$.
6. T_e : température moyenne de démoulage = $85 \text{ }^\circ\text{C}$.
7. Tr_{\min} : temps de refroidissement minimal.
8. Tr_{\max} : temps de refroidissement max :

◆ On a :

$$Tr_{\min} = \frac{e_{\min}^2}{a \times \pi^2} \ln \frac{8(T_m - T_{m0})}{\pi^2(T_e - T_{m0})} \quad [22]$$

$$Tr_{\max} = \frac{e_{\max}^2}{a \times \pi^2} \ln \frac{8(T_m - T_{m0})}{\pi^2(T_e - T_{m0})} \quad [22]$$

◆ Alor :

$$Tr_{\max} = \frac{(79 \times 10^{-3})^2}{5 \times 10^{-8} \times 3.14^2} \ln \frac{8(250 - 70)}{3.14^2(85 - 70)}$$

$$Tr_{\min} = 21.53 \text{ S}$$

$$Tr_{\max} = 28800.817 \text{ S}$$

$$Tr \in] 21.53 \quad 28800.817 [$$

V.2.5 le Distance entre colonnes :

La presse possède quatre colonnes de guidages des plateaux sur lesquels le moule sera fixé. Les dimensions de notre moule sont : 200 mm de Largeur et 300 mm de longueur.

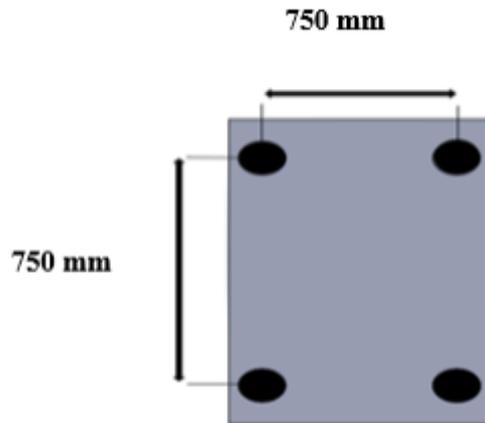


Figure V.3: Schémas d'un plateau d'une presse 225 T.

V.2.6 Epaisseur minimale du moule :

Les caractéristiques dimensionnelles de la presse 225T sont :

1. La distance entre plateaux de la presse 1300 mm.
2. La course maximale du piston de serrage 1100 mm.
3. A partir de la, on voit que l'épaisseur minimale du moule doit être supérieure à 200mm. Notre moule a une épaisseur de 220 mm.

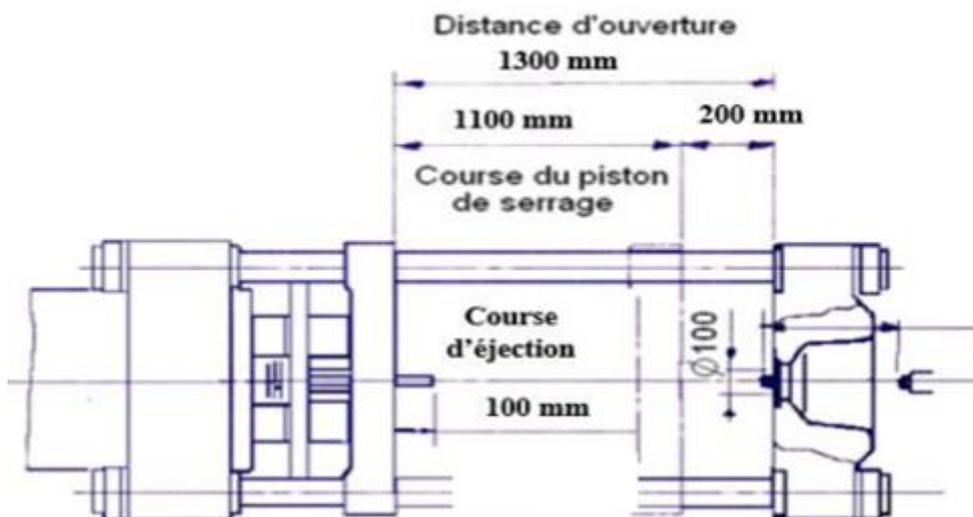


Figure V.4: Caractéristiques dimensionnelle de la presse 225 T [11].

V.3 Le choix de la machine pour le support.

Pour choisir la machine adéquate qui peut fabriquer le support correctement et précis, il faut calculer et vérifier les paramètres suivants :

V.3.1 Détermination de la Volume injectable :

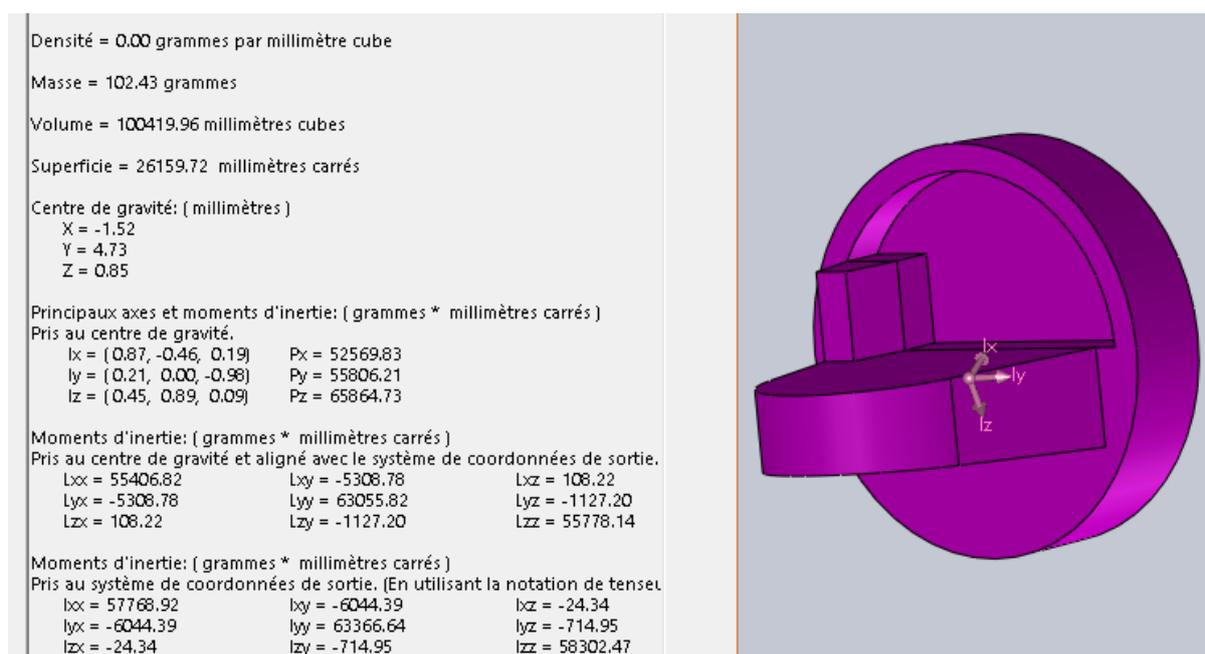


Figure V.5: Propriétés de masse.

1. Matière : ABS.
2. Coefficient de correction : 1.2 (matières amorphe).
3. Volume de la moulée :
 - ◆ On a :

$$\text{Volume Moulée} = \frac{\text{la masse moulée(g)}}{\text{la masse volumique de la matière } \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right)} \quad [24]$$

- ◆ Masse de la moulée: 102.43 g (pour une seul pièce).
- ◆ La masse volumique de la matière: 1.02 g/cm³.

◆ Alor :

$$\text{Volume Moulée} = \frac{102.43}{1.02}$$

$$\text{Volume Moulée} = 100.42 \text{ Cm}^3$$

4. Volume injectable :

◆ On a :

$$\text{Volume injectable} = \text{Volume Moulée} \times \text{Coefficient de correction} \quad [24]$$

◆ Alor :

$$\text{Volume injectable} = 100.42 \times 1.2$$

$$\text{Volume injectable} = 120.504 \text{ Cm}^3$$

◆ La presse choisit est celle de 225 T (vérifier).

V.3.2 calcul de course de Dosage :

1. D : diamètre de Vis = 6 cm.
2. Vc : Volume injectable = 120.504 cm³.
3. C : course de Dosage :

◆ On a :

$$C = \frac{Vc \times 4}{\pi \times D^2} \quad [24]$$

◆ Alor :

$$C = \frac{120.504 \times 4}{3.14 \times 6^2}$$

$$C = 4.26 \text{ Cm}$$

V.3.3 calcul de la Force de fermeture :

Pour le support, il faut calculer cette paramètre qui doit être supérieure à la pression d'injection.

1. P : Pression d'injection de la matière = 1100 Bar = 110 Mpa.
2. Cpc : Coefficient de pertes de charges = 0.6.

3. S : la surface projeté au plan de joint = 4508.57mm² (Donné par le logiciel de conception solidworks).

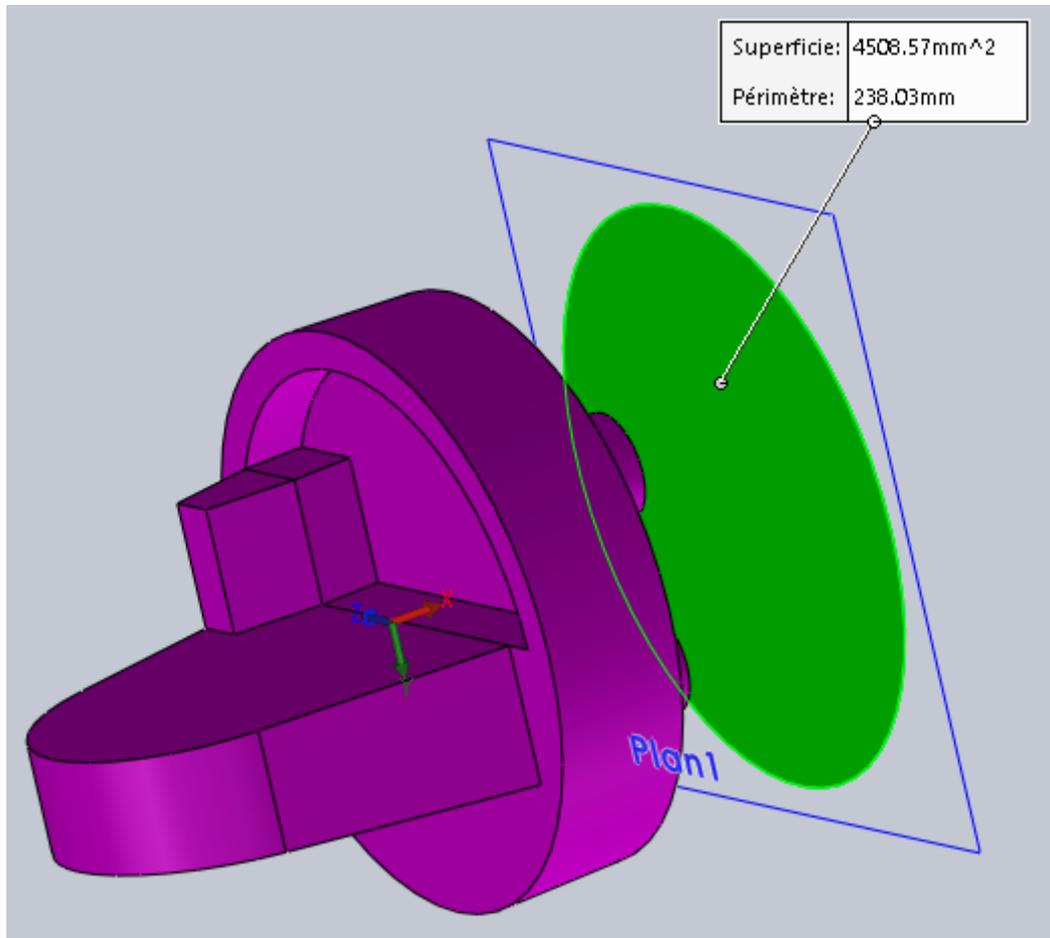


Figure V.6: La surface projeté pour le support .

4. F : la Force de fermeture :

◆ On a :

$$F = P \times C_{pc} \times S \times 1.1 \quad [22]$$

◆ Alor :

$$F = 110 \times 0.6 \times 4508.57 \times 1.1$$

$$F = 32.7322 \text{ T}$$

V.3.4 calcul du temps de refroidissement :

Pour le support on a les paramètres suivants:

1. e min : épaisseur minimale de la pièce = 4×10^{-3} m.
2. e max : épaisseur maximale de la pièce = 81.5×10^{-3} m.
3. a : coefficient de diffusion thermique = $5 \times 10^{-8} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$.
4. Tm: température de la matière = 250 °C.
5. Tmo : température moyenne de la paroi du moule = 70 °C.
6. Te : température moyenne de démoulage = 85 °C.
7. Tr min: temps de refroidissement minimal.
8. Tr max : temps de refroidissement max :

◆ On a :

$$\text{Tr min} = \frac{e_{\text{min}}^2}{a \times \pi^2} \ln \frac{8(T_m - T_{m0})}{\pi^2(T_e - T_{m0})} \quad [22]$$

$$\text{Tr max} = \frac{e_{\text{max}}^2}{a \times \pi^2} \ln \frac{8(T_m - T_{m0})}{\pi^2(T_e - T_{m0})} \quad [22]$$

◆ Alor :

$$\text{Tr min} = \frac{(4 \times 10^{-3})^2}{5 \times 10^{-8} \times 3.14^2} \ln \frac{8(250 - 70)}{3.14^2(85 - 70)}$$

$$\text{Tr max} = \frac{(81.5 \times 10^{-3})^2}{5 \times 10^{-8} \times 3.14^2} \ln \frac{8(250 - 70)}{3.14^2(85 - 70)}$$

$$\text{Tr min} = 73.548 \text{ S}$$

$$\text{Tr max} = 30664.6 \text{ S}$$

$$\text{Tr} \in] 73.548 \quad 30664.6 [$$

V.3.5 La Distance entre les colonnes :

Les dimensions de notre moule de support sont : 130 mm de Largeur et 130 mm de longueur. Tandis que la distance entre les colonnes de la presse 225 T est 750×750 mm. Alor cette condition est vérifier.

V.3.6 Epaisseur minimale du moule :

L'épaisseur minimale du moule doit être supérieure à 200mm. (Notre moule de support a une épaisseur de 220 mm). Alor cette condition est vérifier car : $220 \text{ mm} > 200 \text{ mm}$.

V.4 Conclusion

Nous avons calculé et vérifie tous le paramètre des deux moule, talque : Son dimensionnement. Et aussi les calculs trouvés ont permis de choisir la presse à utiliser pour l'obtention du préforme ABS.

Conclusion générale

Dans Le domaine des industries, le monde recherche toujours le meilleur produit avec le moindre cout c.-à-d. Augmenter la production, minimiser le cout avec une grand fiabilité.

La présente étude effectuée dans ce projet nous a donné l'opportunité d'élargir et d'acquérir des connaissances dans le domaine de la plasturgie. Que nous avans démontré et cité la modélisation et les étapes de création d'emprunte et noyau pour un moule se trouve dans la bibliothèque de logiciel CAO (solidworks).

Nous avant essayer donner les informations utiles sur les polymères, leurs structures, leurs caractéristiques ainsi, que leurs comportements afin d'approfondir l'étude sur le procède d'injection des polymers.

Dans ce travail les concepteurs des pièces peu faire des modifications et cherchons des méthode simple et plus rapide non complique avec des même resultants.

Le choix de la machine dépend essentiellement, nous avons calculé et vérifie tous les paramètres du moule, à savoir, son dimensionnement, Les calculs trouvés ont permis aussi de choisir la presse à utiliser pour l'obtention du préforme ABS.

Bibliographie

- [1] Les plastique dans notre vie collège de Monteil 2012.
- [2] Les orgines plastique de jachy Aubry.
- [3] Les plastaques en débat ensemble scolaire Notre Dame 2010/2011.
- [4] Article (2007-2016 the Quadrant group of companies).
- [5] J-P TROTIGNON, J VERDU, A DOBRACZYNSKY, M PIPERAUD: Matières plastiques structures, propriétés, mise en œuvre ET normalisation; Edition Nathan, 2006.
- [6] <https://www.valorplast.com./le-campus/collège/la-transformation/>.
- [7] Wikipédia <http://retrObright.Wikispaces.com>.
- [8] Sociétés WEFAPRESS spécialisé dans le domaine de plastique.
- [9] Articles de resinex France 2016.
- [10] Mémoire "étude et conception d'un moule d'une prise" 2008/2009.
- [11] Mémoire "Etude et Conception D'un Moule D'injection Plastique" 2021/2022.
- [12] Mémoire fin d'étude: Conception et Fabrication d'un moule à injection plastique d'une grille d'aération Ø100. Mémoire d'ingénieur. Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou Promotion 2014.
- [13] A.DESSARTHE,H.GUYOT .M.CARAYOL technique de fabrication des pièce en plastique "CETIM 1994".
- [14] Mémoire "procédure de conception d'un moule à injection plastique d'une multiprise électrique A3 "2015/2016.
- [15] Mémoire "Conception d'un moule d'une presse d'injection plastique" 2020/2021.
- [16] M. BORDIVAL, 'Modélisation et optimisation numérique de l'étape de chauffage infrarouge pour la fabrication de bouteilles en PET par injection-soufflage', 2009.

- [17] BERNARD PLANTAMURA, 'Soufflage de corps creux bi-orientés', am3700 technique de l'ingénieur, 2012, PARIS.
- [18] J. F. Agassant, J.M. Haudin, « mise en forme des polymères thermoplastiques », in M Carrega et Coll, matériaux industriels. Matériaux polymères, Dunod, Paris (2000).
- [19] Etude des systèmes technique industriels, soufflage et embouteillage des eaux', dossier technique, septembre 2003.
- [20] Liver "conception et dessin des moules d'injection" Jean- Marc MAUCOTEL.
- [21] Mémoire" Etude et Conception d'un moule d'injection plastique pour coin de bahut"2020/2021.
- [22] CHAPITRE 3: CONCEPTION DE MOULE D'INJECTION PLASTIQUE.
- [23] <https://injectionplastique44.wordpress.com/2015/02/26/les-etapes-du-cycle-de-moulage>.
- [24] <https://www.youtube.com/watch?v=IPra-H0tzBc>.
- [25] <https://www.solidworks.com/fr/product/solidworks-cam>.
- [26] Fichier:Polymers.gif — Wikipédia.
- [27] La polymérisation: Les méthodes de polymérisation et applications | Dossier.
- [28] Fiche matériau du PET/PETR sur aucomptoirdesflacons.com.
- [29] Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS Plastic): Uses, Properties & Structure.
- [30] Moulage – LAROUSSE.
- [31] CHAPITRE 2: LES TECHNIQUES DE MISE EN FORME DES MATERIAUX PLASTIQUES.
- [32] Toutes les machines électriques de moulage par injection - Powerjet Plastic Machinery.