

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR**  
**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA**  
**FACULTÉ DE TECHNOLOGIE**  
**DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE**

MEMOIRE

PRÉSENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE

**MASTER**

FILIÈRE : GÉNIE MÉCANIQUE

SPÉCIALITÉ : FABRICATION MÉCANIQUE ET PRODUCTIQUE

PAR :

**ACHERAR ABDENOUR**

**ZEBBOUDJI KAHINA**

**Thème**

---

**Etude et fabrication d'un moule à l'injection  
plastique (Support tringle)**

---

Soutenu le 27/06/2018 devant le jury composé de:

Mr.BECHEUR

Président

Mr.BELAMRIA

Rapporteur

Mr.SAHALI

Examineur

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2017-2018

# *Remerciements*

*Tout d'abord nous remercions le bon Dieu pour sa  
bénédiction.*

*J'exprime mes vifs remerciements à tous ceux qui nous  
ont aidés de près ou de loin à réaliser ce travail, en particulier  
docteur BELAMRI Abdelatif qui a accepté de nous encadrer  
et pour ces conseils utiles, critiques fructueuses.*

*Nous exprimons notre profond respect pour tous les  
enseignants de département Mécanique qui ont contribué à  
notre formation.*

*Nos sincères remerciements s'adressent aussi aux  
membres De jury d'avoir accepté de juger notre travail. Sans  
oublier tous nos amis (es), ainsi que toute l'équipe du hall  
technologie en particulier Mr Rachid responsable du hall et Mr  
Noureddine.*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail en signe de respect et de reconnaissance à:  
Ma mère et mon père pour leurs sacrifices et soutiens afin d'atteindre mon objectif.*

*Mon frère MOURAD et sa femme ASSIA et ces filles YASMINE, IMANE, LYNA et MERVEME.*

*Mon frère FARID et sa femme SAFIA.*

*Mon frère NASSIM paix a son âme et sa femme SABRINA et leur ange ANIA.*

*Ma sœur NAIMA et son mari SAMIR et leurs enfants ABDERRAOUF et ASSMA*

*Ma sœur NABILA et son mari DJELLOUL*

*Ma sœur NACIRA et son mari NADIR*

*Mon collègue ABDENOUR*

*Ma chère amie SAMIA qui m'a vraiment aidé durant cette période, et mes chères SABRINA et RANIDA.*

*Sans oublier mon promoteur Dr BELAMRI*

*Et tous les enseignants et les étudiants du département génie mécanique en particulier notre promo.*

*Z.Kahina*

# Dédicace

*Je dédier ce modeste travail à mes parents que nulle dédicace ne puissent exprimer mes sincère remerciement pour leur patience, leur encouragement et leur sacrifice.*

*A mes très chère sœurs qui mon soutenue et aide.*

*Ma collègue Z.KAHINA.*

*Ainsi qu'a tous mes amies et mes camarades qui mon aider pour que ce travail vois le jour.*

*Sans oublier mon promoteur Mr BELAMRI qui ma aider conseiller et a veillez afin que ce travail vois le jour.*

*Et Tous les enseignants de l'enseignement supérieur de l'université de Bejaïa.*

*Acherar. Abdenour*

*dedicace*

## Liste des figures

<b>Figure I.1:</b> Support tringle pour rideaux. ....	2
<b>Figure I. 2:</b> Logo de l'entreprise.....	3
<b>Figure I.3:</b> Siège de l'entreprise ALMOULES. ....	3
<b>Figure I.4:</b> Electroérosion électrique.....	4
<b>Figure I.5:</b> Electroérosion a fil. ....	4
<b>Figure I.6:</b> Tour à commande numérique.....	5
<b>Figure I.7.:</b> Fraise à commande numérique.....	5
<b>Figure I.8:</b> Fraise conventionnel. ....	5
<b>Figure I.9:</b> Perceuse de précision. ....	5
<b>Figure II.1:</b> Injection plastique.....	14
<b>Figure II.2:</b> Phase de plastification. ....	14
<b>Figure II.3:</b> Phase de remplissage. ....	15
<b>Figure II.4:</b> Phase de refroidissement. ....	16
<b>Figure II.5:</b> Phase d'éjection. ....	16
<b>Figure II.6:</b> Injection-soufflage.....	17
<b>Figure II.7:</b> Extrusion.....	17
<b>Figure II.8:</b> Extrusion-soufflage.....	18
<b>Figure II.9:</b> Extrusion Gonflage.....	19
<b>Figure II.10:</b> Parties de la presse à injection.....	20
<b>Figure II.11:</b> Moule à injection plastique.....	21
<b>Figure II.12:</b> Exemple de système de refroidissement du moule.....	24
<b>Figure II.13:</b> Bulles. ....	24
<b>Figure II.14:</b> Rretassures. ....	26
<b>Figure II.15:</b> Bavures.....	27
<b>Figure II.16:</b> Lignes de soudure.....	28
<b>Figure II.17:</b> Pièce incomplet.....	30
<b>Figure III.1:</b> Présentations des cinq générations de systèmes de CAO.....	32
<b>Figure III.2:</b> Choix des matériaux d'un produit.....	34
<b>Figure III.3:</b> Analyse des contraintes du modèle.....	39
<b>Figure III.4:</b> Déplacements imposés.....	39
<b>Figure III.5:</b> Chargements appliqué 15 Kg (modèle existant).....	40
<b>Figure III.6 :</b> Maillage standard 1.5 mm.....	40
<b>Figure III.7:</b> Distribution du coefficient de sécurité enregistré pour le modèle en PEHD.....	41
<b>Figure III.8:</b> Déplacementsenregistré pour le modèle existant en PEHD.....	41
<b>Figure III.9:</b> Distribution du coefficient de sécurité enregistré pour le modèle existant en PET.....	42
<b>Figure III.10:</b> Déplacements enregistré pour le modèle existant en PET.....	42
<b>Figure III.11:</b> Distribution du coefficient de sécurité enregistré pour le modèle existant en PPE.....	43
<b>Figure III.12:</b> Déplacementsenregistré pour le modèle existant en PPE.....	43
<b>Figure III.13:</b> Distribution du coefficient de sécurité enregistré pour le modèle existant en PP-H.....	44

<b>Figure III.14:</b> Déplacements enregistré pour le modèle existant en PP-H.....	44
<b>Figure III.15:</b> Modèle 1.....	45
<b>Figure III.16 :</b> Modèle 2.....	45
<b>Figure III.17 :</b> Modélé 3.....	46
<b>Figure III.18 :</b> Modèle 4.....	46
<b>Figure III.19 :</b> Modèle choisi. ....	46
<b>Figure III.20 :</b> Aperçu du modèle avec la fenêtre en PVC. ....	47
<b>Figure III .21 :</b> Conditions aux limites.....	47
<b>Figure III.22 :</b> Chargements appliqué 15 Kg (modèle proposé).....	48
<b>Figure III.23 :</b> Maillage standard. ....	48
<b>Figure III .24 :</b> Déplacements enregistré pour le modèle proposée en PE-HD. ....	49
<b>Figure III .25 :</b> Coefficient de sécurité enregistré pour le modèle proposée en PE-HD.....	50
<b>Figure III.26 :</b> Déplacements enregistré pour le modèle proposée en PET.....	50
<b>Figure III.27 :</b> Coefficient de sécurité enregistrée pour le modèle proposée en PET.....	51
<b>Figure III.28 :</b> Déplacements enregistré pour le modèle proposée en PPE.....	51
<b>Figure III.29 :</b> Coefficient de sécurité enregistré pour le modèle proposée en PPE.....	52
<b>Figure III. 30 :</b> Déplacements enregistré pour le modèle proposée en PP-H.....	52
<b>Figure III .31 :</b> Coefficient de sécurité enregistré pour le modèle proposée en PP-H.....	53
<b>Figure III.32 :</b> Représentations des zones fortement sollicités pour les quatre modèles. ....	54
<b>Figure III 33 :</b> Avant est après modification.....	55
<b>Figure III. 34 :</b> Déplacements enregistré pour le modèle proposé en PET après modification....	55
<b>Figure. III.35 :</b> Coefficient de sécurité enregistré pour le modèle proposé en PET après modification .....	56
<b>Figure IV.1 :</b> Vue d'ensemble du moule.....	57
<b>Figure IV.2 :</b> Vue éclatée du moule. ....	58
<b>Figure IV.3 :</b> Assemblage du moule et système de fermeture, mode ouverture. ....	59
<b>Figure IV.4 :</b> Assemblage du moule et système de fermeture, mode fermeture.....	59
<b>Figure IV.5 :</b> Empreinte fixe. ....	60
<b>Figure IV.6 :</b> Semelle fixe.....	60
<b>Figure IV.7 :</b> Empreinte mobile. ....	61
<b>Figure IV.8 :</b> Contre plaque. ....	61
<b>Figure IV.9 :</b> Tasseau. ....	62
<b>Figure IV.10 :</b> Batterie d'éjection. ....	62
<b>Figure IV.11 :</b> Rondelle de centrage. ....	63
<b>Figure IV.12 :</b> Buse d'injection.....	63
<b>Figure IV.13 :</b> Ejecteur de Ø5 mm.....	64
<b>Figure IV.14 :</b> Ejecteur à tête plate. ....	64
<b>Figure IV.15 :</b> Ejecteur à tête circulaire.....	64
<b>Figure IV.16 :</b> Colonne de remise à zéro de diamètre 15mm .....	65
<b>Figure IV.17 :</b> Semelle mobile. ....	65
<b>Figure IV.18 :</b> Colonne de guidage.....	66
<b>Figure IV.19 :</b> Bague de guidage. ....	66

<b>Figure IV.20</b> : Douille de centrage du coté éjection .....	67
<b>Figure IV.21</b> : Arrache carotte. ....	67
<b>Figure IV.22</b> : La moulée (carotte, canalisation). ....	68
<b>Figure IV.23</b> : Facilité de remplissage. ....	69
<b>Figure IV.24</b> : Temps de remplissage. ....	70
<b>Figure IV.25</b> : Pression de fin de remplissage. ....	70
<b>Figure IV.26</b> : Retrait volumique en fin de remplissage. ....	71
<b>Figure IV.27</b> : Formation de retassures. ....	71
<b>Figure IV.28</b> : Formation des lignes de soudure. ....	72
<b>Figure IV.29</b> : Bulles d'air. ....	72
<b>Figure IV.30</b> : Fixation de la plaque. ....	74
<b>Figure IV.31</b> : Application de la force sur la plaque telle appliquée par la presse lors de la fermeture de moule.....	74
<b>Figure IV.32</b> : Etude de déformation de l'empreinte mobile. ....	74
<b>Figure IV.33</b> : Empreinte mobile application de pression d'injection de $15\text{N/mm}^2$ .....	76
<b>Figure IV.34</b> : Etude de déformation de l'empreinte mobile.....	76
<b>Figure IV.35</b> : Procédés de chromage dur.....	77
<b>Figure IV.36</b> : De la modélisation 3D à la machine-outil.....	78
<b>Figure IV.37</b> : Modèle sur RHinoceros.....	78
<b>Figure IV.38</b> : Brut à usiner .....	79
<b>Figure IV.39</b> : Outil.....	79
<b>Figure IV.40</b> : Trajectoire d'outil.....	79
<b>Figure IV.41</b> : Fraiseuse 3 axe (emco Concept MILL 55).....	80



## Liste des tableaux

<b>Tableau I. 1</b> : Différent support tringle pour rideaux sans perçage.....	6
<b>Tableau I.2</b> : Types de fenêtres PVC.....	9
<b>Tableau II.1</b> : Causes possibles d’avoir des bulles sur une pièce moulée.....	25
<b>Tableau II.2</b> : Causes possibles d’avoir des retassures sur une pièce moulée.....	26
<b>Tableau II.3</b> : Causes possibles d’avoir des bavures sur une pièce moulée.....	28
<b>Tableau II.4</b> : Causes possibles d’avoir les traces des lignes de soudure.....	29
<b>Tableau II.5</b> : Causes possibles d’avoir des pièces moulées incomplet.....	30
<b>Tableau III.1</b> : Caractéristiques de PE-HD.....	35
<b>Tableau III.2</b> : Caractéristiques de PET.....	36
<b>Tableau III.3</b> : Caractéristiques de PPE.....	37
<b>Tableau III.4</b> : Caractéristiques de PP-H.....	38
<b>Tableau III.5</b> :Classification des matériaux.....	45
<b>Tableau III. 6</b> : Résultats des simulations.....	53
<b>Tableau IV.1</b> : Désignation des pièces du moule.....	57

## Liste des figures

## Liste des tableaux

## Sommaire

Introduction général .....	1
----------------------------	---

### **Chapitre I : Présentation de l'entreprise et généralité**

I.1 Introduction et problématique.....	2
I.2 Présentation de l'entreprise ALMOULES .....	3
I.2.1 Activité de l'entreprise ALMOULES.....	3
I.2.2 Présentation parc machine de l'entreprise ALMOULES.....	4
I.3 Support tringle pour rideaux .....	5
I.3.1 Types de support tringle pour rideaux .....	5
I.3.2 Principe de fonctionnement.....	7
I.3.3 Avantage de support tringle pour rideaux .....	8
I.4 Fenêtre en PVC.....	8
I.4.1 Le PVC .....	8
I.4.2 Types de fenêtre PVC .....	9
I.4.3 Avantage des fenêtres en PVC .....	11

### **Chapitre II: Injection plastique**

Introduction .....	12
II.1 Matières plastiques .....	12
II.1.1 Thermoplastiques.....	12
II.1.2 Thermodurcissables .....	13
II.1.3 Elastomères.....	13
II.2 Transformations des plastiques.....	13
II.2.1 Injection plastique.....	13
II.2.1.1 Phase de plastification.....	14
II.2.1.2 Phase de remplissage .....	15
II.2.1.3 Phase de compactage .....	15
II.2.1.4 Phase d'éjection .....	16
II.2.2 Injection-soufflage .....	16
II.2.3 Extrusion.....	17

II.2.4 Extrusion soufflage .....	18
II.2.5 Extrusion-gonflage.....	18
II.3 Presse à injection plastique.....	19
II.3.1 Différentes parties de la presse à injection .....	19
II.4 Moule .....	20
II.4.1 Composantes d'un moule.....	21
II.5 Problèmes rencontrés sur les pièces faites par injection plastique .....	24
II.5.1 Bulles .....	24
II.5.1.1 Causes possibles .....	25
II.5.1.2 Remèdes.....	25
II.5.2 Retassures .....	25
II.5.2.1 Causes possibles .....	26
II.5.2.2 Remèdes.....	27
II.5.3 Bavures .....	27
II.5.3.1 Causes possibles .....	27
II.5.2.1 Remèdes.....	28
II.5.4 Lignes de soudure .....	28
II.5.4.1 Causes possibles .....	29
II.5.4.1 Remèdes.....	29
II.5.5 Pièce incomplets .....	29
II.5.5.1 Causes possibles .....	30
II.5.5.2 Remèdes.....	30
II.6 Principe du choix du point d'injection.....	31

## Chapitre III : Etude numérique

Partie 1 : Présentation de modèle existant et le modèle choisi.....	32
III.1.1. Conception assistée par ordinateur (CAO).....	32
III.1.1.1 Principe et utilisation de la CAO .....	32
III.1.1.2 Différents logiciels de CAO.....	33
III.1.1.3 Motivations du choix du logiciel SolidWorks .....	33
III.1.2 Choix des matériaux .....	33
III.1.2.1 Matériaux proposés .....	34
III.1.3 Présentation et caractéristiques des matériaux .....	35
III.1.3.1 Polyéthylène Haute Densité (PE-HD) .....	35
III.1.3.2 Polytéraphalate d'éthylène (PET).....	36
III.1.3.3 Polyphénylène éther(PPE) .....	37
III.1.3.4 Polypropylène Homopolymère (PP-H).....	38
Partie 2 : Comparaison entre le modèle existant et le modèle proposé.....	38
III.2.1 Etude numérique pour le modèle existant avec SolidWorks 2014 .....	38
III.2.1.1 Simulation de comportement du modèle .....	38
III.2.1.2 Chargements et Déplacements imposés .....	39
III.2.1.3 Maillage .....	40
III.2.2 Etude des quatre matériaux.....	41
III.2.2.1 Analyse pour le PEHD.....	41
III.2.2.2 Analyse pour le PET .....	42
III.2.2.3 Analyse pour le PPE .....	43
III.2.2.3 Analyse pour le PP-H.....	44
III.2.3 Présentation des résultats.....	44
III.2.4 Modélisation et étude numérique pour le modèle proposé.....	45
III.2.4.1 Différent modèles conçus.....	45
III.2.4.2 Présentations des modèles.....	45
III.2.4.3 Choix du modèle .....	46
III.2.4.4 Caractéristiques générales de la pièce à produire. ....	47
III.2.5 Étude et simulation numérique .....	47
III.2.5.1 Application des matériaux, conditions au limites, les chargements et le maillage ...	48
III.2.5.2 Résultats .....	49

III.2.6 Choix du matériau .....	53
III.2.7.1 Amélioration de la conception .....	54
III.2.7.2 Résultats obtenu après modification. ....	55
Conclusion.....	56

## **Chapitre IV : Présentation du moule**

IV.1 Moule du support tringle.....	57
IV.2 Pièces constituant de moule du support tringle.....	59
IV.3 Modèle numérique de support tringle .....	67
IV.4 Simulation d'injection.....	68
IV.4.1 Résultats de la simulation.....	69
IV.4.2 Facilité de remplissage .....	69
IV.4.3 Temps de remplissage .....	70
IV.4.4 Pression en fin de remplissage .....	70
IV.4.5 Retrait volumique en fin de remplissage .....	71
IV.4.6 Formation de retassures.....	71
IV.4.7 Formation des lignes de soudures .....	72
IV.4.8 Formation des bulles d'air .....	72
IV.5 Calcul du temps de cycle.....	73
IV.6 Simulation des efforts sur l'empreinte. ....	73
IV.6.1 Résistance à l'effort de fermeture du moule.....	73
IV.6.2 Résistance de la pression d'injection.....	75
IV.7 Traitement de surface proposé pour les empreintes. ....	77
IV.8 Etapes de fabrication assistée par ordinateur des empreintes. ....	77
IV.8.1 Fabrication assisté par ordinateur (FAO). ....	77
IV.8.2 Importer le model CAO des empreintes.....	78
IV.8.3 Calcul et définition de brut .....	79
IV.8.4 Trajectoire d'outil.....	79
IV.8.5 Fraiseuse 3 axe .....	80
Conclusion.....	80
Conclusion générale .....	81

### **Référence bibliographique**

### **Annexe**

# *Introduction Générale*

La découverte des matières plastique a révolutionné le monde de la mécanique et l'industrie en générale. Une nouvelle discipline a émergé « **la plasturgie** ».

C'est la technique de mise en forme des polymères par différents procédés (l'injection, extrusion ...), qui sont largement répandues dans l'industrie, et qui vise à réaliser des composants de formes complexes et de nature très variée via des applications dans de nombreux secteurs : produit grand public, connectique, automobile, biomédical, ...etc., et sur ces bases on peut retenir que les besoins de réalisation de composants de très petites tailles sont apparus avec le développement des micro-technologies et des microsystèmes.

Dans cet ordre, nous nous intéressons dans ce travail à l'étude et à la conception d'un moule à injection plastique pour lesupport tringle pour rideau spécialement conçu pour les fenêtres en PVC.

Pour ce faire, nous avons abordé dans le premier chapitre les présentations des modèles de support tringle à rideau existant ainsi de la fenêtre PVC en question. Nous ferons aussi une brève présentation de l'entreprise ALMOULES de Sétif, où nous avons effectué notre stage pratique afin d'acquérir des connaissances sur les moules d'injection plastique.

Dans le deuxième chapitre, nous avons présenté les différents types de matières plastiques, la presse d'injection et les différents procédés d'injection. Ensuite, au troisième chapitre, nous avons fait une comparaison entre le modèle existant et le modèle proposé avec un nouveau design et une amélioration apportée, à la fin de ce chapitre on a pu choisir le matériau le plus adéquat entre les quatre proposé.

Enfin, on consacre le quatrième chapitre au moule à injection plastique pour le support tringle. Le moule a été conçu à l'aide du logiciel de simulation **SolidWorks**.

Nous avons mis en évidence les conditions optionnelles en termes de détection des défauts sur le produit final et aussi le temps du cycle d'injection.

# *Chapitre I*

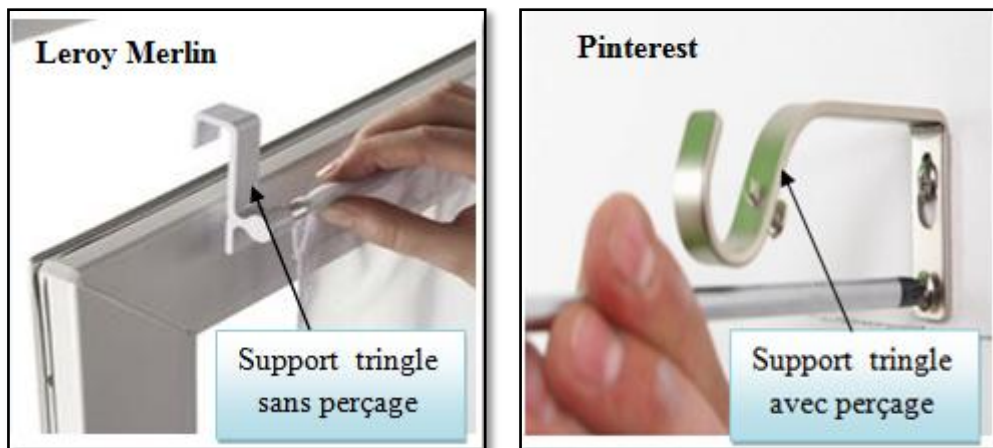


## I.1 Introduction et problématique

Notre travail cadre au tour des l'un de procédés les plus utilisés dans l'industrie actuelle, l'injection plastique est un procédé de moulage des produits à base de matières plastique donnant lieu à une productivité importante offrant aussi une très bonne qualité au produit. Dans cet objectif nous avons effectué un stage pratique dans une entreprise spécialisée dans la fabrication de différent type de moules varié entre les moules pour la coulée de l'aluminium et les moules pour l'injection plastique.

Durant notre stage nous avons choisi une pièce en plastique afin d'étudier sa fabrication par injection plastique. La pièce choisie est le support tringle pour rideaux, des fenêtres en PVC, ce choix est fait en remarquant cette tendance d'utilisation de ce type de fenêtre qui offre cette possibilité d'utiliser des supports tringles sans avoir besoin de percer le mur comme pour les produits largement utilisé qui nécessite des perçages et des chevilles dans le mur afin de fixer le support tringle (**Figure I.1**).

L'entreprise **ALMOULES** de Sétif est bien équipée en matériels et personnel qualifié dans le domaine du moulage, nous avons effectué notre stage pratique au sein de cette entreprise puis nous avons entamé l'étude de notre pièce ainsi que le moule permettant sa production en moyenne série.



**Figure I.1** : Support tringle pour rideaux.

## I.2 Présentation de l'entreprise ALMOULES

**Entreprise ALMOULES** est une société de fabrication de moules et pièces de rechange, filiale de l'entreprise nationale des plastiques et caoutchoucs ENPC.



**Figure I.2 :** Logo de l'entreprise.

**ALMOULES** est Créée en 1979, elle est située à la zone industrielle de Sétif, s'engage dans une démarche de qualité grâce à une équipe jeune et performante qui s'investit toujours plus et se tient au fait des dernières technologies .Comportant un effectif de plusieurs discipline allant des opérateurs sur machine tel que les fraiseurs et les tourneurs, les ajusteurs, un bureau d'étude comportant des ingénieurs du domaine du génie mécanique qui travail avec des logiciels de la conception et fabrication assisté par ordinateur (CFAO), cette équipe suit aussi des formations de mise à jours afin d'améliorer leur performances.



**Figure I.3:** Siège de l'entreprise ALMOULES.

### I.2.1 Activité de l'entreprise ALMOULES

- Pièces moulées en métaux non-ferreux par usage ;
- Pièces moulées en bronze pour mécanique ;

- Fabrication de moule et modèles pour caoutchouc et plastique ;
- Moules pour moulage par injection-soufflage de plastique ;
- Moules métalliques pour moulage par injection des plastique.

### I.2.2 Présentation parc machine de l'entreprise ALMOULES

L'entreprise possède dans son parc machine des modèles numériques comme celle présenté dans les figures I.4 ; I.5 ; I.6 et I.7 qui requière une maitrise d'un technicien qualifier en vue de leur précision dans le travail qui est dans l'ordre du microhm, d'autre part ils utilisent des machines conventionnelles pour des tache simple et facile à réaliser.



Figure I.4: Electroérosion électrique.

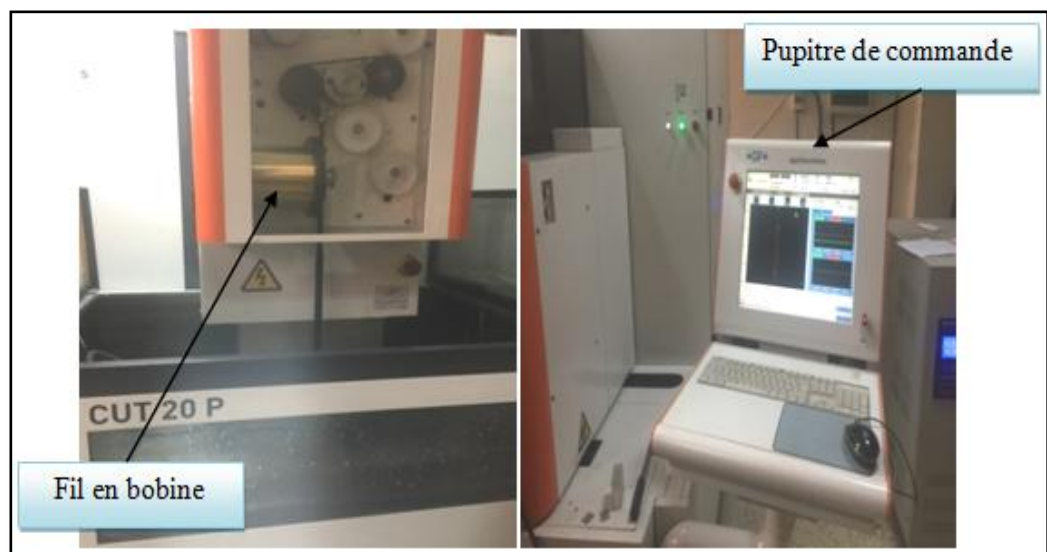


Figure I.5: Electroérosion à fil.



**Figure I.6:** Tour à commande numérique. **Figure I.7:** Fraise à commande numérique.



**Figure I.8 :** Fraise conventionnel. **Figure I.9 :** Perceuse de précision.

### I.3 Support tringle pour rideaux



Le support tringle pour rideaux est un accessoire sur lequel la tringle s'appuie pour le montage d'un rideau, il peut être en plastique, en bois, ou en métal [1].

#### I.3.1 Types de support tringle pour rideaux

Il existe plusieurs modèles de support tringle pour rideaux sans percer, on distingue quelque exemple dans le tableau suivant :

Tableau I.1: Différent support tringle pour rideaux sans perçage.

	Support	Description
1	 <p><b>Leroy Merlin</b></p>	<p>-Support tringle pour rideaux sans percer</p> <p>-S'adapte pour les tringles rondes diamètre 15mm.</p> <p>-Adaptation sur la totalité des fenêtres PVC.</p> <p>-Matière en plastique.</p>
2	 <p><b>SoloStocks</b></p>	<p>-Support tringle pour rideaux sans percer.</p> <p>-S'adapte pour les tringles plates ou rondes diamètre 10 mm.</p> <p>-Adaptation sur la totalité des fenêtres aluminium, bois ou PVC.</p>
3	 <p><b>Leroy Merlin</b></p>	<p>-Support tringle pour rideaux fixation adhésive sans percer.</p> <p>-S'adapte pour les tringles diamètre 10 mm.</p> <p>-Adaptation sur la totalité des fenêtres PVC</p> <p>-Matière en plastique.</p>
4	 <p><b>Cdiscount</b></p>	<p>-Support tringle de vitrage sans perçage</p> <p>-Extensibles de petits diamètres, rondes, ovales.</p> <p>-Cette collection spéciale vitrage apporte la solution pour fixer les voilages légers sur les fenêtres PVC.</p>

5	 <p>Leroy Merlin</p>	<p>-Support tringle de vitrage sans perçage.</p> <p>-S'adapte pour les tringles diamètre 10 mm.</p> <p>-Adaptation sur la totalité des fenêtres PVC</p> <p>-Matière en plastique.</p>
6	 <p>Cdiscount</p>	<p>-Support tringle pour rideau sans percer.</p> <p>-S'adapte à tous les types de fenêtre PVC</p> <p>-S'adapte pour les tringles diamètre 10 mm.</p> <p>-Matière en plastique</p>

### I.3.2 Principe de fonctionnement

Le système de fixation sans perçage est le plus adapté pour les fenêtres PVC. Les supports sont en effet fixés sur le haut du caisson de la fenêtre pour ne pas dégrader les propriétés thermiques du dispositif. Il faut également qu'il soit assez résistant pour supporter le poids de la tringle et du tissu [2].

On trouve:

- Des supports qui se fixent directement sur la partie haute du cadre de la fenêtre pour les fenêtres battantes et oscillo-battantes ainsi que les portes-fenêtres.
- Des supports qui se posent sur les gonds en partie haute de la fenêtre pour les fenêtres battantes et les portes-fenêtres.
- Des supports qui se fixent directement sur le caisson du volet roulant pour tout type de finition de tête de rideaux (anneaux, œillets, pattes...).

### I.3.3 Avantages de support tringle pour rideaux

On sites quelques avantages de support tringle pour rideaux :

- Fixation sera sans percer ;
- Installation facile sans outil ;
- Permet également de gagner beaucoup de temps ;
- Le support tringle pour rideaux, en plus d'être un support, constitue également un ornement pour la fenêtre ou la porte sur laquelle est installée.

### I.4 Fenêtre en PVC

Plusieurs éléments chimiques entrent dans la composition des profilés en PVC afin d'assurer la résistance à la chaleur et à la lumière. Profils très complexes, toujours de couleur claire (blanc, beige ou gris). Les châssis sont assemblés en atelier, aux cotes exactes, par soudage à 230°C. Pour les sections importantes, les profils sont renforcés par des entretoises métalliques.

Les fenêtres en PVC possèdent d'excellentes qualités d'isolation acoustique, thermique, à l'air et à l'eau [3].

#### I.4.1 Le PVC

Le chlorure de polyvinyle (PVC) est constitué de 43% d'éthylène et 57% de chlore, issu du sel ou de l'acide chlor hydrique. C'est le troisième plastique le plus utilisé au monde, après le PE et le PP (12% de la demande des plasturgistes en Europe). C'est également la principale application du chlore industriel, en Europe comme ailleurs [4].

##### ➤ **Domaine d'utilisation**

La vaste gamme de propriétés du PVC permet de fabriquer les produits les plus divers. Mais en raison de sa résistance aux intempéries, plus de la moitié de la production européenne est destinée au secteur de la construction [4] :




- Châssis de fenêtres ;
- Canalisations d'eau et autres tuyaux ;
- Toiles et membranes de revêtement des toits et des sols ;
- Mobilier urbain ;
- Câbles électriques ;

- Bouteilles (notamment dans le domaine médical et pharmaceutique) ;
- Enduits ;
- Chaussures.





#### I.4.2 Types de fenêtre PVC

Le tableau ci-dessous représente les types de fenêtre PVC.

**Tableau I.2:** Types de fenêtres PVC [5].

Nom	Description	Modèle
<p><b>Fenêtres à battant</b></p>	<p>Cette fenêtre ouvre vers l'extérieur sur un axe vertical. Elle est robuste et s'adapte à tous les styles de maisons, qu'elle soit classique ou contemporaine. L'ouvrant vers l'extérieur permet de dégager l'espace intérieur qui peut être encombré dans une plus petite pièce.</p>	
<p><b>Fenêtres à guillotine</b></p>	<p>Cette fenêtre d'origine britannique. Elle coulisse à la verticale et offre aussi une grande possibilité de ventilation.</p>	
<p><b>Fenêtres à auvent</b></p>	<p>Cette fenêtre aide en visibilité et ventilation dans la conception des bâtiments, entre autres dans le haut de mur. On peut l'ouvrir même les jours de pluie, car elle empêche l'eau d'entrer.</p>	



<p><b>Fenêtres à la française</b></p>	<p>Cette fenêtre ouvre par l'intérieur sur un axe vertical. D'origine française. On la remarque sur les bâtiments centenaires. À l'origine, elle était munie de deux panneaux, donc d'un double verre permettant un espace d'air entre les deux panneaux afin d'obtenir un facteur isolant.</p>	
<p><b>Fenêtres coulissante</b></p>	<p>Cette fenêtre à panneaux coulissants horizontaux doubles. Elle offre une qualité de vision vers l'extérieur sans obstruction.</p>	
<p><b>Fenêtres à soufflet</b></p>	<p>Son ouvrant vers l'intérieur sur un axe horizontal facilite la circulation d'air en toute sécurité.</p>	
<p><b>Fenêtres oscillo-battante</b></p>	<p>Cette fenêtre, d'origine européenne, permet deux types d'ouvertures dans une fenêtre; à la française et à soufflet. Ce modèle s'adapte autant à une fenêtre qu'à une porte de type jardin. Il permet des ouvrants sécuritaires surtout adaptés pour les grands espaces et grandes ouvertures.</p>	

### I.4.3 Avantage des fenêtres en PVC

Le PVC est actuellement le matériau le plus utilisé (environ 60% des demandes globales). Les principaux avantages de ce matériau pour les fenêtres sont [6] :

- **Le coût** : moins cher que le bois et l'aluminium ;
- **La performance isolante** : sur les plans acoustiques, thermiques et sur la durabilité ;
- **L'esthétique** : il est possible d'obtenir une vaste gamme de couleurs avec le PVC, de quoi satisfaire tous les goûts ;
- **L'entretien** : n'a jamais de corrosion et s'entretient très facilement avec un chiffon à l'eau ;
- **L'étanchéité parfaite** : quelles que soient les conditions climatiques (vent, pluie, grêle), les fenêtres en PVC vous protègent efficacement.

# *Chapitre II*

L'injection plastique est un procédé de fabrication largement utilisé dans les industries pour la fabrication des pièces en matière plastique. Il permet d'obtenir en une seule opération des pièces finies de forme complexes dans une gamme de masses de quelques grammes à plusieurs kilogrammes.

Ce procédé consiste à fondre des granulés et donner à la matière fondue une forme fonctionnelle dans un moule et obtenir, après refroidissement, l'objet recherché. Chaque fonction est remplie par une partie de la presse d'injection et qui permet d'obtenir des pièces en plastique injectées sous pression dans un moule.

## **II.1 Matières plastiques**

Les matières plastiques sont constituées de chaînes polymérisées de molécules carbonées, aujourd'hui presque sont toujours dérivées de carbone fossile (pétrole) et dans lesquelles sont insérées diverses molécules d'additifs (colorants, agents assouplissant, anti-feu, pigments ou charge, qui atteignent souvent 50 % du poids du matériau commercialisé) [7].

Les fabricants offrent une très grande diversité de produits, mais il existe trois grandes catégories de matières plastiques synthétiques: les thermoplastiques, les thermodurcissables et les élastomères.

### **II.1.1 Thermoplastiques**

Les thermoplastiques sont des matières plastiques constituées de longues molécules linéaires. L'une des propriétés caractéristiques des thermoplastiques est de devenir souples et formables au réchauffement. Elles conservent la nouvelle forme après refroidissement. Ces changements de forme sont réversibles. En d'autres termes, le cycle peut être répété aussi souvent que souhaité par un réchauffement à l'état liquide [8].

### **II.1.2 Thermodurcissables**

Les thermodurcissables sont des matières polymères réticulées. En durcissant, des molécules linéaires se forment en une réticulation tridimensionnelle mutuelle et constituent une structure stable. La propriété la plus marquante des thermodurcissables est qu'elle ne se déforme plus après durcissement mais qu'elle peut être seulement usinée mécaniquement et collée. Ils sont souvent utilisés dans les installations électriques en raison de leur résistance mécanique et chimique même à haute température. L'une des matières plastiques les plus anciennes de cette catégorie est la bakélite [8].

### II.1.3 Elastomères

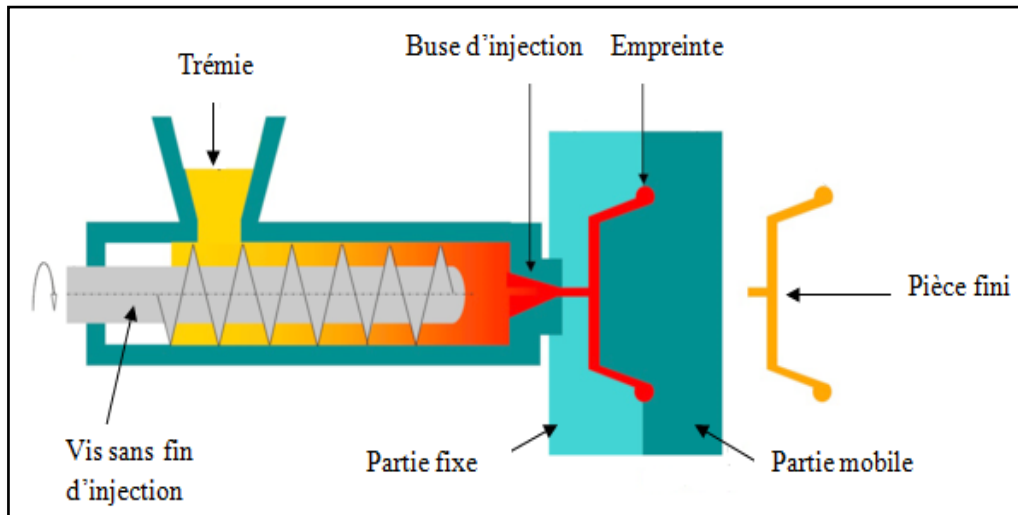
Les élastomères sont des matières plastiques qui se transforment élastiquement à la traction ou à la pression mais recouvrent leur forme initiale dès que les contraintes cessent. A titre d'exemple, les élastomères s'utilisent comme bagues d'étanchéité, rubans de caoutchouc ou comme matière première pour les pneumatiques. L'élasticité des élastomères repose dans des chaînes de polymères formant des pelotes. A la traction ou à la pression, elles réagissent par un étirement ou un désenchevêtrement des chaînes. Sitôt la contrainte de déformation supprimée, les chaînes de polymère se détendent et recouvrent leur état initial [8].

## II.2 Transformations des plastiques

Les techniques de transformation des plastiques dépendent de la nature des polymères et de la destination des produits finis. Quelques méthodes sont régulièrement utilisées pour la fabrication des pièces et des objets en polymère. Les principaux procédés de fabrication industrielle sont : l'injection, l'injection soufflage, l'extrusion, l'extrusion soufflage, le thermoformage [9].

### II.2.1 Injection plastique

Le moulage par injection des matières plastique consiste généralement à transformer une matière plastique brute (sous forme de granules, agglomérés, chips, etc.) en une masse fondue homogène. A l'intérieure du cylindre d'injection ou de plastification convenablement chauffé, la masse est plastifiée, puis sous l'action d'une forte pression (supérieure à 500 bar), elle est injectée très rapidement dans un moule refroidi ou à température contrôlée. A l'intérieur du moule, la masse plastique se solidifie et forme un solide correspondant à la forme du moule (**Figure II.1**)[10].

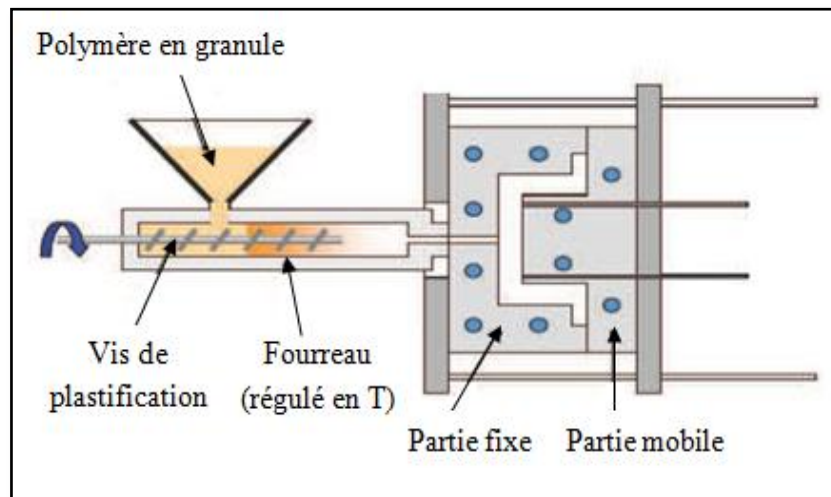


**Figure II.1 :** Injection plastique [10].

- Lors d'une opération de moulage par injection, la fabrication de chaque pièce passe par quatre phases principales du cycle d'injection :

### A.Phase de plastification

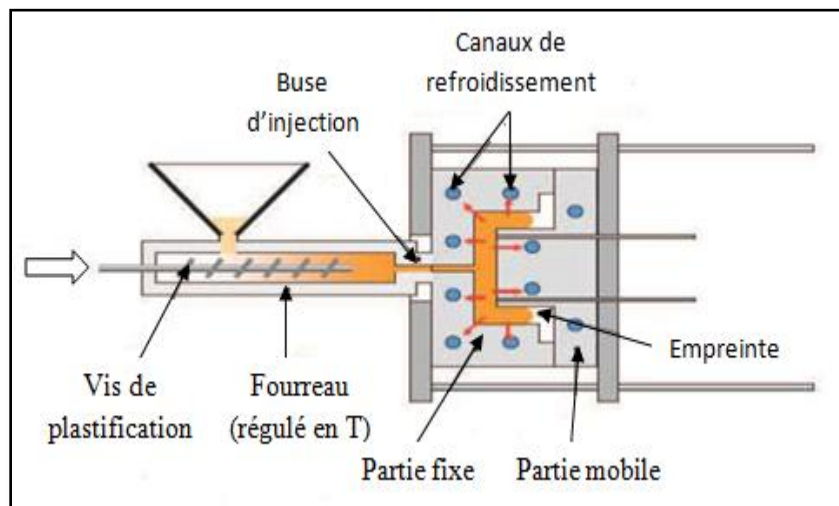
La phase de plastification a pour objectif de faire passer le polymère de l'état solide (sous forme de granulé) à l'état fondu. Cette transformation est réalisée par l'ensemble vis fourreau dont la fonction est de broyer et de chauffer le granulé pour l'amener peu à peu à l'état fondu. Pour cela, la vis de l'unité possède un mouvement de rotation pour permettre l'auto-échauffement de la matière par malaxage, et de translation pour stocker à l'avant du fourreau la quantité de matière à injecter dans la cavité du moule (**Figure II.2**)[11].



**Figure II.2:**Phase de plastification [11].

## B.Phase de remplissage

Une fois la matière accumulée en tête de fourreau, celle-ci est injectée dans l’empreinte de l’outillage par une avancée de la vis. Cette phase du cycle de transformation est appelée phase dynamique du remplissage. L’avancée de la vis est régulée en débit ou en pression pour maîtriser la vitesse d’injection du thermoplastique dans l’empreinte. Ce remplissage a une durée très courte, par rapport à celle de la phase de refroidissement (**Figure II.3**) [11].

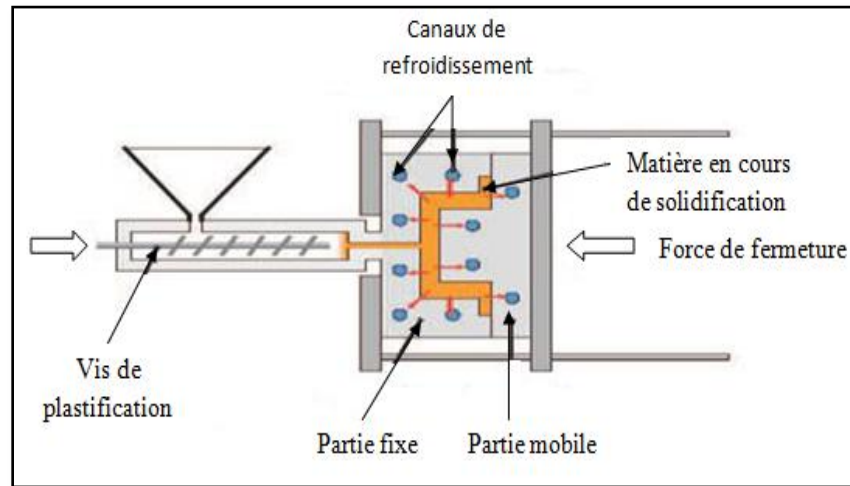


**Figure II.3** : Phase de remplissage [11].

## C.Phase de compactage

Le compactage est l’instant clé du procédé d’injection. Il s’agit de l’instant de transition entre la phase de remplissage dynamique et la phase de maintien. A cet instant, le pilotage de l’injection passe d’une régulation en vitesse à une régulation en pression.

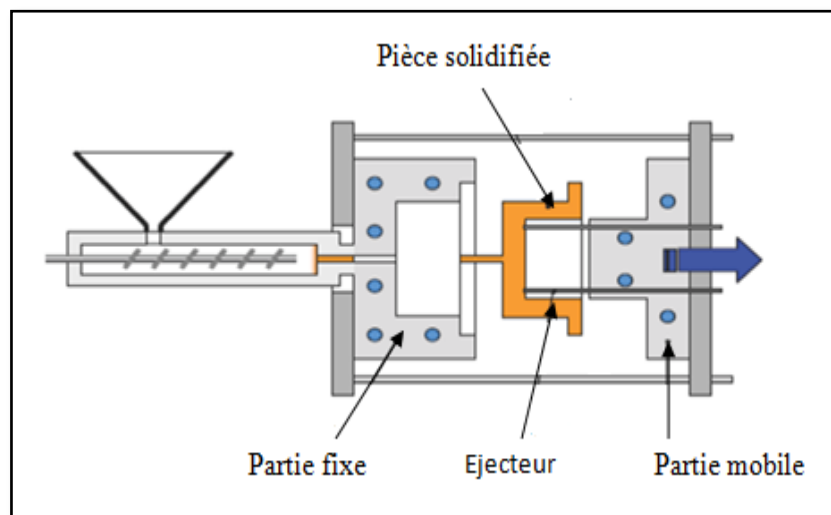
En général, on choisit de commuter au moment où l’empreinte est complètement remplie. Cet instant est notifié par la présence d’un pic de pression d’injection prononcé. Cet événement est alors utilisé pour déclencher la commutation. Dès lors où la commutation est enclenchée, la presse applique au niveau du bloc d’injection une consigne de pression de maintien. Ceci a pour objectif de maintenir la matière dans la cavité pour compenser les phénomènes de retrait volumique dus au refroidissement de la matière (**Figure II.4**)[11].



**Figure II.4 :** Phase de refroidissement [11].

### D.Phase d'éjection

La vis de plastification recule avant de commencer un nouveau dosage de matière en vue du cycle suivant, cette opération a pu commencer dès la fin du compactage (**Figure II.5**) [11].



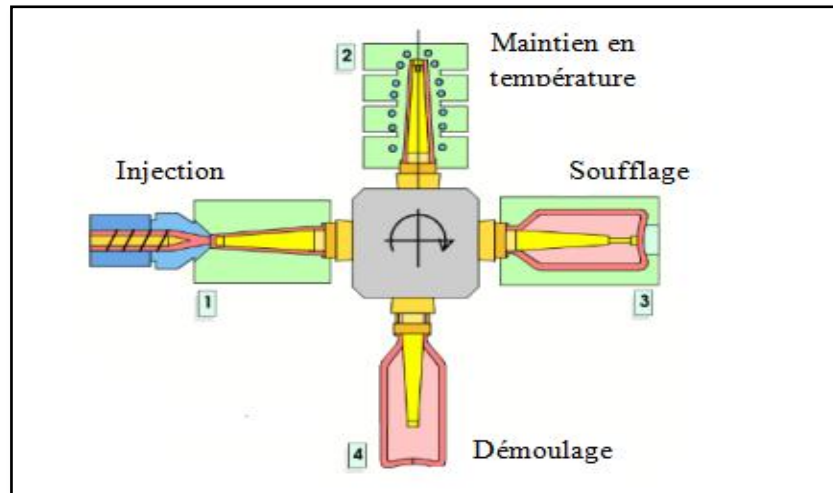
**Figure II.5 :** Phase d'éjection [11].

### II.2.2 Injection-soufflage

La matière est injectée dans un moule pour obtenir une préforme, objet creux de petite taille à parois de dimension contrôlée. La préforme est réchauffée pour atteindre l'état caoutchouteux. Elle est ensuite transférée dans un deuxième moule où par soufflage de l'air



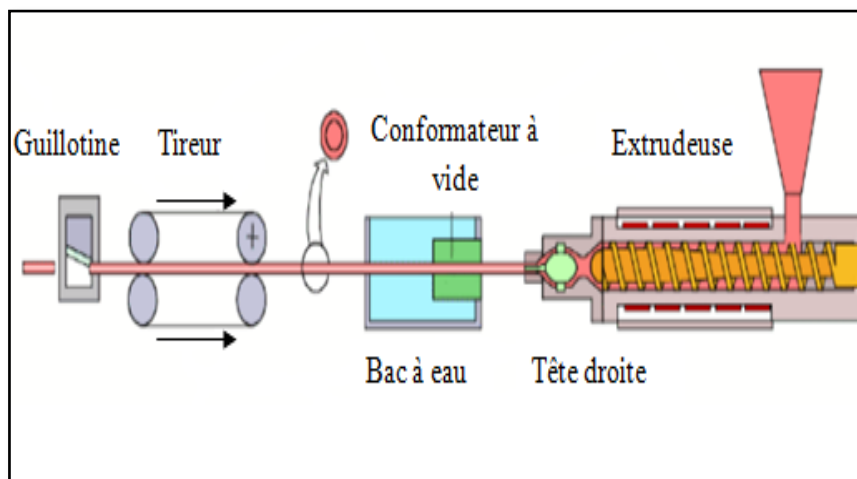
à l'intérieur de la préforme, le polymère est plaqué sur les parois refroidies du moule et figé dans sa forme finie (**Figure II.6**) [12].



**Figure II.6** :Injection-soufflage [13].

### II.2.3 Extrusion

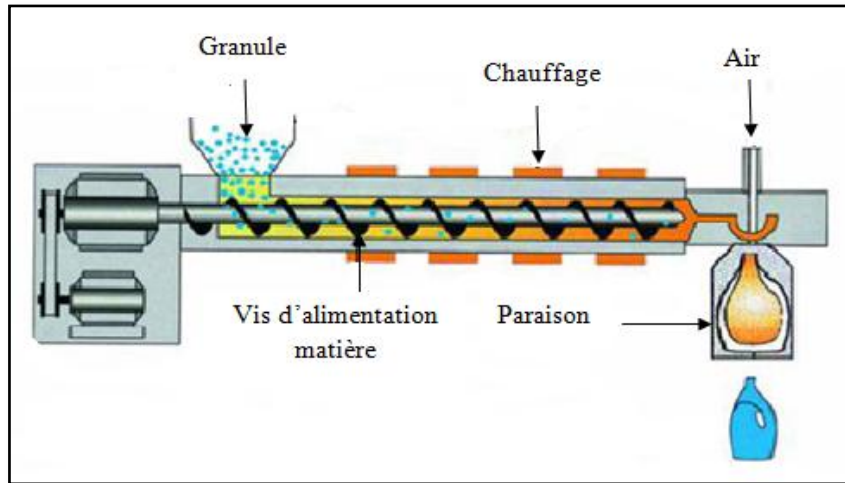
Cette opération consiste à faire passer la matière fondue au travers d'une filière pour lui conférer un profil déterminé. Elle est réalisée dans une machine appelée « extrudeuse » constituée essentiellement d'une ou plusieurs vis sans fin tournant à l'intérieur d'un cylindre chauffé. La matière en granulés, en poudre ou en paillette y est introduite, chauffée malaxée, et cisailée par la vis puis transportée vers l'extrémité où une filière lui donne la forme recherchée du profilé. Cette technique est principalement réservée aux thermoplastiques et aux caoutchoucs (**Figure II.7**) [12].



**Figure II.7** :Extrusion [13].

### II.2.4 Extrusion soufflage

Autre technique dérivée de l'extrusion permet l'obtention de corps creux. La technique consiste à extruder un tube/gaine chaud. Un moule se referme sur le tube chaud en sortie de l'extrudeuse. Le tube est soufflé avec de l'air par l'axe de la tête-filière utilisé pour épouser la forme du moule. Le moule est refroidi et fige le thermoplastique dans la forme désirée. Cette technique est réservée aux thermoplastiques (**Figure II.8**) [12].



**Figure II.8** :Extrusion-soufflage [16].

### II.2.5 Extrusion-gonflage

La technique consiste à extruder une mince gaine par l'opération classique d'extrusion. Celle-ci est ensuite gonflée par de l'air passant par l'axe de la tête-filière. Le contrôle du refroidissement de la matière permet de régler l'étirage de la gaine et ainsi obtenir les dimensions souhaitées. Cette technique est réservée aux thermoplastiques (**Figure II.9**) [12].

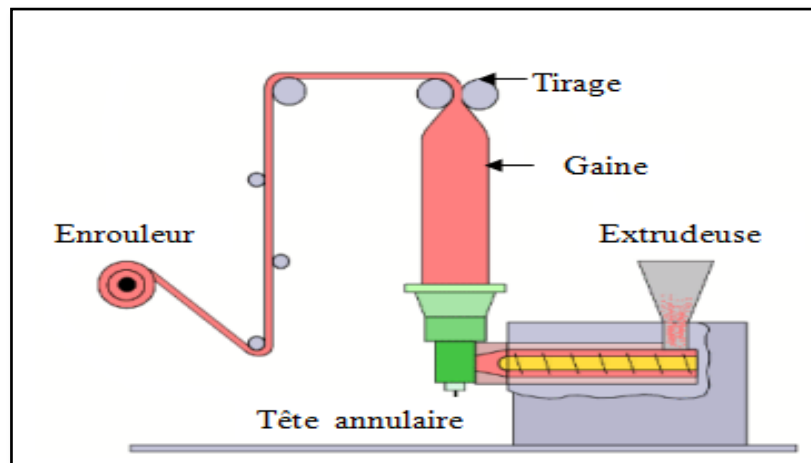


Figure II.9 : Extrusion Gonflage [13].

### II.3 Presse à injection plastique

La presse d'injection est une machine qui permet d'obtenir des pièces en plastique injecté sous pression dans un moule. L'injection du plastique se fait généralement à haute pression et à température supérieure à la température de transition vitreuse. À cet état, la matière n'est plus solide mais n'est pas aussi liquide, elle est à l'état visqueux. La matière peut être injectée dans le moule et elle prend la forme de l'empreinte du moule. Après refroidissement, la pièce est éjectée. Le refroidissement se fait par circulation d'eau froide dans le circuit de refroidissement du moule [11].

#### II.3.1 Différentes parties de la presse à injection

Une presse à injecter les thermoplastiques, dite également presse d'injection haute pression, comporte essentiellement trois parties principales assurant trois fonctions fondamentales [9] :

- Une extrudeuse à vis avec un dispositif de chauffage assurant la plastification ou la fusion du thermoplastique et son transport de la trémie d'alimentation jusqu'au moule ;
- Un système faisant piston permettant d'introduire la quantité voulue de matière sous haute pression dans le moule. Dans le cas le plus fréquent où la vis elle-même joue ce rôle, elle peut s'arrêter de tourner et reculer dans le fourreau pour stocker la quantité de matière nécessaire à l'injection d'une moulée (une ou plusieurs pièces pour un moule multi-empreintes) ;

- Un système de fermeture et son moule avec dispositif de refroidissement dans lequel le thermoplastique se refroidit et reprend tout ou partie de sa rigidité. Le moule peut être mono-empreinte ou multi-empreintes. Chaque empreinte a la forme de l'objet à mouler avec des dimensions corrigées du pourcentage de retrait.

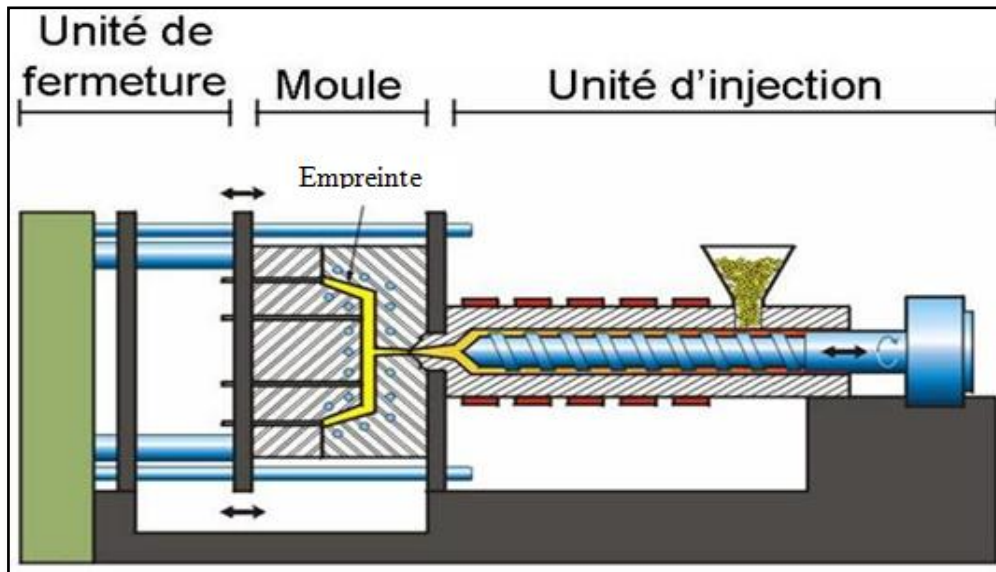


Figure II.10 : Parties de la presse à injection [14].

#### II.4 Moule

Un moule est un outil de transformation comportant une cavité destinée à recevoir un matériau liquide, plus ou moins fluide, et à le mettre sous une forme ayant déjà été déterminée à l'avance. Il est constitué de deux parties principales une partie fixe pour l'injection de la matière et une partie mobile pour la fermeture du moule [15].

### II.4.1 Composantes d'un moule

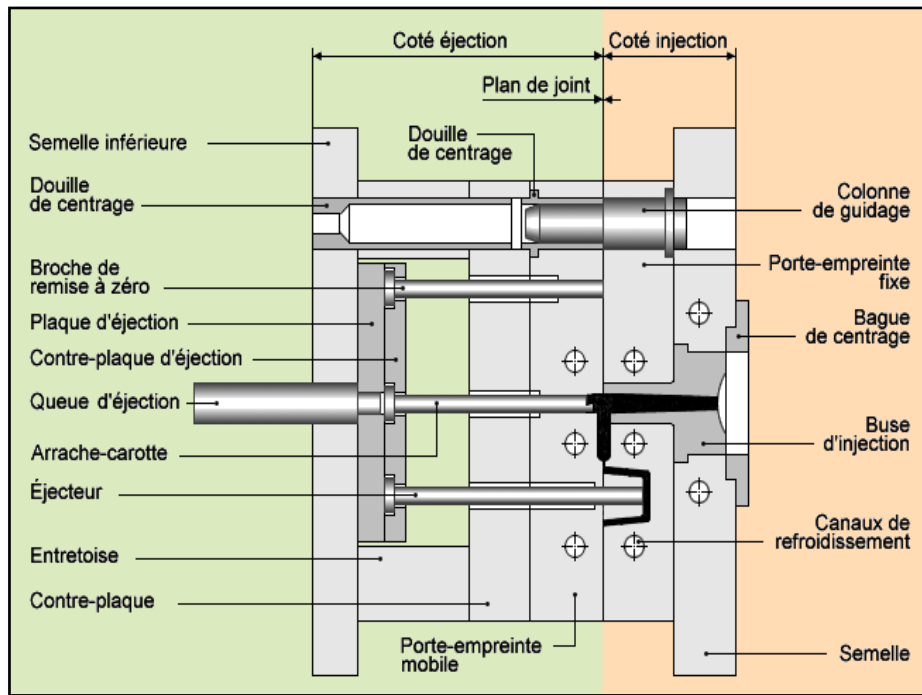


Figure II.11 :Moule à injection plastique [16].

- **Buse d'injection** : permet le passage de la matière du fourreau vers l'empreinte.
- **Rondelle de centrage** : permet le centrage du moule sur les plateaux de la machine (Presse), dans le but de centrer la buse moule à la buse machine.
- **Plaque arrière côté injection** : permet de fixer la rondelle de centrage, la buse moule et les bagues de guidage, ainsi que le bridage.
- **Bague de guidage** : permet le guidage des colonnes de guidages.
- **Plaque porte empreinte côté injection**: permet la fixation de la bague de guidage, contient le circuit de régulation de température. L'empreinte est la cavité du moule qui donne sa forme utile au polymère fondu et qui génère ainsi la pièce injectée utilisable, c'est-à-dire, l'objet technique produit par injection de polymère.
- **Plaque porte empreinte côté éjection (noyau)**: permet la fixation des colonnes de guidage, contient le circuit de régulation.
- **Colonne de guidage** : permet de guider la partie mobile (PM) sur la partie fixe (PF) pour aligner parfaitement l'empreinte.
- **Éjecteur de rappel** : permet la remise à zéro de la batterie d'éjection, dans le cas d'une éjection non-attelé.
- **Éjecteurs** : permet d'éjecter la pièce quand le moule est ouvert.

- **Extracteur de carotte (arrache-carotte) :** permet l'extraction de la carotte, ainsi lors de l'ouverture, la moulée ne reste pas bloqué dans la (Partie Fixe).
- **Tasseaux d'éjection :** permet d'obtenir une course optimum de la batterie d'éjection.
- **Type des systèmes d'éjection**
  - **Système à éjecteur cylindrique**

L'éjection par éjecteur cylindrique est facile à réaliser et économique. Mais ces éjecteurs laissent une trace sur la pièce.
  - **Système à éjecteur tubulaire**

Ce type d'éjection permet de dévêtir la pièce autour du noyau, mais le coût est important.
  - **Système à éjecteur plaque**

Ce type d'éjection ne laisse aucune trace sur la pièce, et le coût est très modéré.
- ✓ **Vis de fixations :** permet de fixer la plaque arrière côté injection sur la plaque porte empreinte.
- ✓ **Rainures de bridage :** permet le passage de la bride.
- ✓ **Raccord rapide du circuit d'eau :** permet un raccord rapide du circuit d'eau.
- ✓ **Circuit de refroidissement du moule :** le système de refroidissement a pour fonction de maintenir la température de la carcasse, des empreintes et des tiroirs à la température choisie. En particulier, la régulation de la température de parois des empreintes est un paramètre de réglage primordial.

Le transfert de température entre la matière injectée et le circuit de régulation dépend de la conductibilité thermique de l'acier, du dimensionnement et du positionnement des circuits et des propriétés de l'écoulement du fluide de refroidissement.

De plus, le dispositif de refroidissement des empreintes doit assurer un flux de chaleur symétrique de façon à obtenir le retrait et le gel symétrique de l'épaisseur de la paroi. Pour cela, il faut obtenir des températures de parois identiques et des surfaces d'échanges identiques (ce qui est difficile, voire impossible, sauf si la pièce est conçue en intégrant ce critère) (**Figure II.12**).

- **Plaque arrière côté éjection** : permet le blocage en translation de la batterie d'éjection, permet le bridage du moule sur le plateau mobile, permet également la fixation des tasseaux.
- **La batterie d'éjection** : Permet la translation des arraches carottes, remise à zéro et éjecteurs. Elle est composée de la plaque porte éjecteurs et de la contre plaque d'éjection.
- **Type des systèmes d'éjection**
  - **Système à éjecteur cylindrique**

L'éjection par éjecteur cylindrique est facile à réaliser et économique. Mais ces éjecteurs laissent une trace sur la pièce.
  - **Système à éjecteur tubulaire**

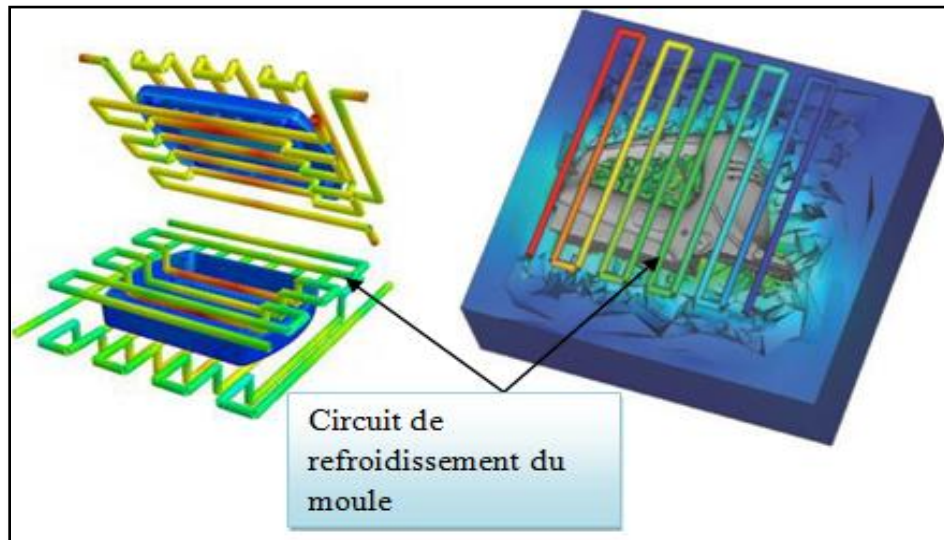
Ce type d'éjection permet de dévêtir la pièce autour du noyau, mais le coût est important.
  - **Système à éjecteur plaque**

Ce type d'éjection ne laisse aucune trace sur la pièce, et le coût est très modéré.

    - **Vis de fixations** : permet de fixer la plaque arrière côté injection sur la plaque porte empreinte.
    - **Rainures de bridage** : permet le passage de la bride.
    - **Raccord rapide du circuit d'eau** : permet un raccord rapide du circuit d'eau.
    - **Circuit de refroidissement du moule** : le système de refroidissement a pour fonction de maintenir la température de la carcasse, des empreintes et des tiroirs à la température choisie. En particulier, la régulation de la température de parois des empreintes est un paramètre de réglage primordial.

Le transfert de température entre la matière injectée et le circuit de régulation dépend de la conductibilité thermique de l'acier, du dimensionnement et du positionnement des circuits et des propriétés de l'écoulement du fluide de refroidissement [16].

De plus, le dispositif de refroidissement des empreintes doit assurer un flux de chaleur symétrique de façon à obtenir le retrait et le gel symétrique de l'épaisseur de la paroi. Pour cela, il faut obtenir des températures de parois identiques et des surfaces d'échanges identiques (ce qui est difficile, voire impossible, sauf si la pièce est conçue en intégrant ce critère) (**Figure II.12**) [16].



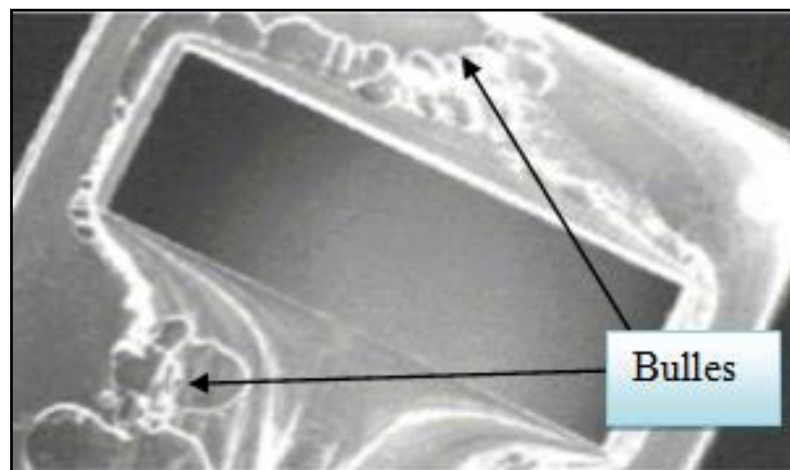
**Figure II.12** :Exemple de système de refroidissement du moule [16].

## II.5 Problèmes rencontrés sur les pièces faites par injection plastique

Les pièces en plastique réalisées par injection plastique présentent souvent des défauts géométriques apparaissant lors du refroidissement et susceptibles de les rendre non conformes aux spécifications géométriques. Dans cette partie on présente quelques défauts géométriques, les causes possibles et leurs remèdes [17].

### II.5.1 Bulles

- Bulles d'air emprisonnées à l'intérieur de la pièce.
- Création de vides à la solidification de la pièce.
- Emprisonnement d'air pendant la plastification de la matière (**Figure II.13**) [18].



**Figure II.13** : Bulles d'air [18].



### II.5.1.1 Causes possibles

Dans ce tableau on illustre les possibilités d'avoir les bulles d'air sur la pièce moulée [18].

**Tableau II.1** : Causes possibles d'avoir des bulles sur une pièce moulée.

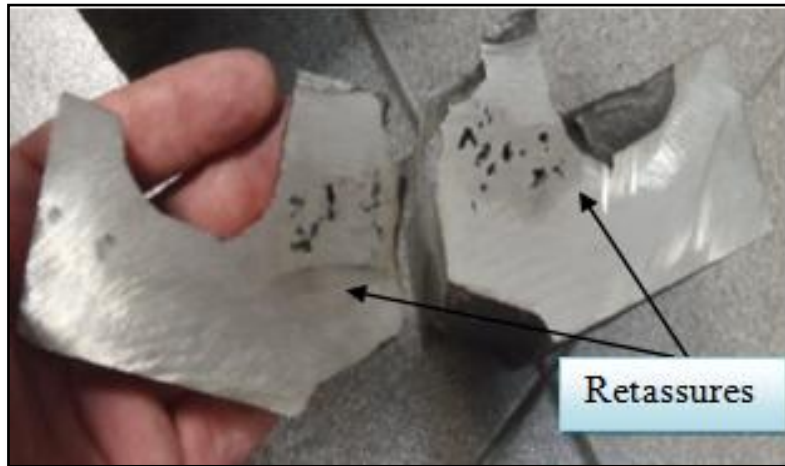
Causes machines	Causes moules	Causes matières
-Clapet de vis non étanche. -Maintien trop faible. - Vitesse d'injection trop rapide. -Contre pression faible. -Vitesse de rotation trop rapide	-Différence d'épaisseur pièce. -Seuils d'injection trop petits	-Matière trop chaude. -Humidité dans la matière.

### II.5.1.2 Remèdes

- Étuver la matière.
- Vérifier la température masse matière.
- Baisser les chauffes cylindre.
- Augmenter la contre pression.
- Augmenter la pression et le temps de maintien [18].

### II.5.2 Retassures

Déformation de la surface de la pièce aux endroits en surépaisseur, due à la rétraction de la matière pendant sa solidification (**Figure II.14**) [18].



**Figure II.14 :** Retassures [19].

### II.5.2.1 Causes possibles

Le tableau suivant représente les possibilités d'avoir des retassures sur la pièce moulée [18].

**Tableau II.2 :** Causes possibles d'avoir des retassures sur une pièce moulée.

Causes machines	Causes moules	Causes matières
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Temps et pression de maintien trop faibles.</li> <li>-Clapet vis non étanche.</li> <li>-Densification trop faible (commutation et dosage).</li> <li>-Vitesse d'injection trop rapide.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Moule trop chaud.</li> <li>-Seuil d'injection trop faible.</li> <li>-Point d'injection mal situé sur épaisseur pièce.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Matière trop chaude</li> </ul>

### II.5.2.2 Remèdes

- Vérifier la température masse matière.
- Diminuer les chauffes cylindre ou moule.
- Augmenter pression et temps de maintien.
- Vérifier la densification des pièces en dynamique.
- Augmenter le dosage, vitesse et pression d'injection.
- Augmenter le point d'injection [18].

### II.5.3 Bavures

Pellicule de matière attachée à la pièce suivant la ligne de plan joint du moule (**Figure II.15**) [18].



**Figure II.15** : Bavures [19].

#### II.5.3.1 Causes possibles

Les possibilités d'avoir des bavures dans la piécemouléesont représenté dans le tableau suivant [18].

**Tableau II.3 :** Causes possibles d'avoir des bavures sur une pièce moulée.

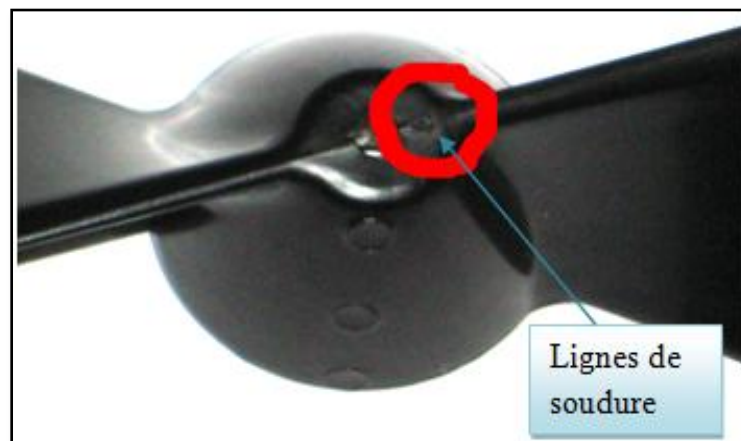
Causes machines	Causes moules	Causes matières
-Verrouillage trop faible. -Vitesse et pression d'injection trop fortes. -Densification trop forte. -Capacité presse trop faible	-Empreinte endommagée. -Surface projetée trop forte. -Longueur écoulement trop grande. -Epaisseur pièce faible	-Matière trop chaude. -Matière trop fluide

### II.5.3.2 Remèdes

- Réduire le dosage, vitesse injection et limite pression d'injection.
- Vérifier la température masse matière et moule.
- Baisser les chauffes cylindre ou moule
- Augmenter le verrouillage du moule.
- Vérifier les portées du moule.
- Changer de capacité de presse [18].

### II.5.4 Lignes de soudure

Recollement de deux flux de matière qui ont contournés un obstacle dans le moule (broche) (**Figure II.16**) [18].



**Figure II.16 :** Lignes de soudure [19]

### II.5.4.1 Causes possibles

Le tableau ci-dessous représente les possibilités d'avoir les traces des lignes de soudure dans la pièce moulée [18].

**Tableau II.4 :** Causes possibles d'avoir les traces des lignes de soudure.

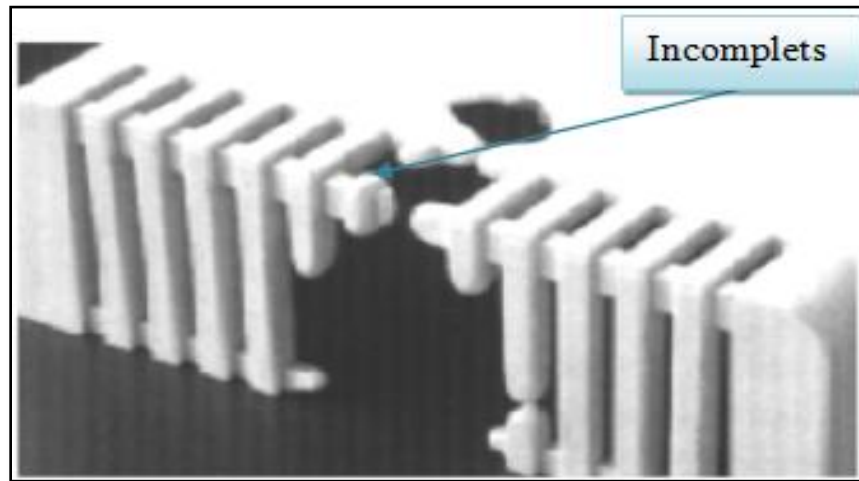
Causes machines	Causes moules	Causes matières
-Vitesse d'injection trop faible.  -Course de dosage trop court.	-Seuil d'injection trop faible.  -Point d'injection mal situé  -Moule trop froid.  -Moule encrassé.  -Mauvaise conception pièce.	-Matière trop froide.

### II.5.4.2 Remèdes

- Vérifier la température masse matière.
- Augmenter les chauffes cylindre ou moule.
- Augmenter la vitesse et pression d'injection.
- Nettoyer le moule.
- Déplacer le point d'injection [18].

### II.5.5 Pièces incomplètes

Manque de matière à certains endroits de la pièce (**Figure II.17**) [18].



**Figure II.17 :** Pièce incomplète [18]

### II.5.5.1 Causes possibles

Dans ce tableau on illustre les possibilités d'avoir des pièces moulées incomplètes [18].

**Tableau II.5 :** Causes possibles d'avoir des pièces moulées incomplètes.

Causes machines	Causes moules	Causes matières
-Vitesse et pression injection trop faibles. -Clapet vis non étanche. -Densification trop faible. -Buse obstruée.	-Moule trop froid -Seuil d'injection trop faible. -Manque d'évents. - Longueur d'écoulement trop grande.	-Matière trop froide. -Matière trop visqueuse. -Changement de lot.

### II.5.5.2 Remèdes

- Vérifier la température masse matière.
- Augmenter les chauffes cylindre.
- Vérifier si la buse n'est pas obstruée.
- Vérifier l'étanchéité du clapet.
- Augmenter le dosage, vitesse et pression d'injection.

- Augmenter le diamètre de sortie de la buse presse.
- Augmenter le point d'injection [18].

## II.6 Principe du choix du point d'injection

La plupart des problèmes esthétiques liés au moule sont dus au point d'injection et au flux de la matière. Les parcours suivis par la matière lorsqu'elle s'écoule pour remplir le moule entre son point d'injection et l'extrémité opposée de l'empreinte (ainsi que l'évacuation de l'air par les événements du moule au fur et à mesure que la matière avance), ont un effet important sur l'apparence de la pièce [20].

Dans la plupart des cas, le concepteur du moule proposera l'emplacement du point d'injection et des événements, déterminant ainsi le flux de la matière. Son but est de choisir, pour les points d'injection et les événements, les emplacements qui produiront la meilleure pièce. Toutefois, comme pour tout autre aspect de la conception d'une pièce, le positionnement du point d'injection pourra impliquer des compromis. Sans contribution, le concepteur du moule ne peut pas connaître l'objectif, c'est pourquoi il faut approuver la configuration du point d'injection et des éjecteurs avant de fabriquer un moule. Et généralement le point d'injection se mettra dans le centre de la masse [20].







# *Chapitre III*

Dans ce chapitre, nous allons traiter le modèle existant du support triangle et le modèle proposé en leur appliquant les matériaux choisis d'après la disponibilité sur le marché algérien.

Ce chapitre est un chapitre d'explication et de modélisation à l'aide de logiciel de CAO nommé SolidWorks. Les simulations faites nous ont permis de comprendre les comportements des matériaux afin de choisir celui qui assurera le bon fonctionnement de notre produit.

## Partie 1 : Présentation de modèle existant et le modèle choisi

### III.1.1 Conception assistée par ordinateur(CAO)

La CAO rassemble des outils informatiques (logiciels et matériels) qui permettent de réaliser une modélisation géométrique d'un objet afin de pouvoir simuler des tests en vue d'une fabrication[21].

#### III.1.1.1 Principe et utilisation de la CAO

La CAO offre une visibilité globale du comportement d'un objet avant qu'il n'existe, tant au niveau de son aspect que de sa structure et de son fonctionnement. Les objets peuvent être représentés en deux ou en trois dimensions (2D ou 3D). Leur apparence peut être filaire, volumique, surfacique, elle peut aussi simuler la texture [21].

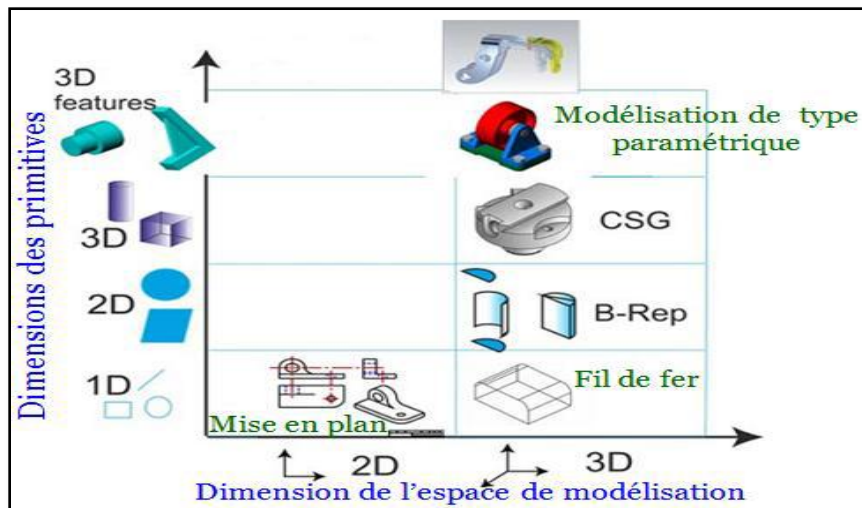


Figure III.1:Présentations des cinq générations de systèmes de CAO [21].

### III.1.1.2 Différents logiciels de CAO

- **SolidWorks et CATIA** sont des logiciels de la conception et fabrication assisté par ordinateur (CFAO), développé par Dassault Systèmes.
- **ABViewer de CADSoftTools** est un logiciel multifonctionnel pour les formats de la CAO 2D et 3D.
- **AutoCAD** est un logiciel de dessin technique pluridisciplinaire de la société Autodesk, CAO 2D/3D.
- **TurboCAD** est un logiciel de dessin assisté par ordinateur (DAO) 2D/3D.

### III.1.1.3 Motivations du choix du logiciel SolidWorks

Les travaux faits dans ce mémoire s'inscrivent fondamentalement dans le contexte de caractérisation, moyennant les techniques et les fonctionnalités de la CAO, des différents critères de performance donnés par le logiciel qui nous a permis de travailler en toute confiance parmi ces raisons voici quelques-unes :

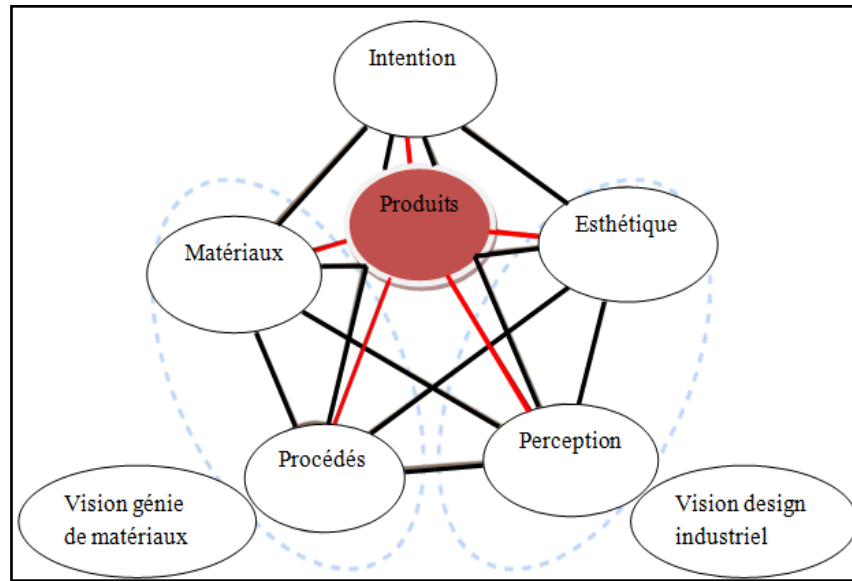
- Le logiciel permet aux utilisateurs une approche méthodologique rigoureuse.
- Il offre des fonctions interactives très performantes qui nous permettent de concevoir (des solides et des surfaces), d'analyser, et de simuler pour réaliser chacun de nos buts mentionnés auparavant. Ces fonctionnalités nous guident efficacement pour achever les résultats souhaités.

### III.1.2 Choix des matériaux

Le choix des matériaux est une tâche fondamentale et très complexe. En effet, dans un nombre important de cas, il ne concerne pas seulement un aspect purement technique répondant à des exigences fonctionnelles, mais aussi à des attentes relevant des préférences des utilisateurs dans le cadre d'un marché spécifique. Ainsi, le choix des matériaux doit être analysé sous l'angle de l'ingénierie de matériaux mais aussi sur celle du design industriel, et tenir compte de toutes les informations qui lui seront associées, voici les étapes à suivre pour le choix d'un matériau [22].

- Étudier l'information autour du nouveau produit.
- Définir les caractéristiques et exigences de conception du produit.

- Faire le choix des matériaux viables.
- Évaluer les procédés possibles.
- Prioriser et tirer des conclusions.



**Figure III.2 :** Choix des matériaux d'un produit [22]

### III.1.2.1 Matériaux proposés

Dans la plupart des cas, le processus de conception innovante commence par l'identification et la formulation du concept, à partir d'une idée, d'un besoin particulier ou d'un changement dans le contexte d'utilisation. Ensuite, nous cherchons à visualiser le produit, c'est-à-dire à préciser ses caractéristiques à travers l'utilisation de représentations graphiques, de la construction de modèles ou grâce à l'utilisation d'outils issus de la conception assistée par ordinateur [22].

Pour cela nous avons choisi quatre matériaux différents.

- Polyéthylène Haute Densité (PE-HD);
- Polytéréphtalate d'éthylène (PET) ;
- Polyphénylène éther(PPE);
- Polypropylène Homopolymère (PP-H)

### III.1.3 Présentation et caractéristiques des matériaux

#### III.1.3.1 Polyéthylène Haute Densité (PE-HD)

Le polyéthylène haut densité est un polymère thermoplastique de grande diffusion. Il fait partie de la famille des polyoléfines, au même titre que les polyéthylènes basse ou moyenne densité, et le propylène [23].

**Tableau III.1 :** Caractéristiques de PE-HD.

Propriétés	Valeur	Unités
Module d'élasticité	1070	N/mm <sup>2</sup>
Coefficient de poisson	0.4101	
Module de cisaillement	377.2	N/mm <sup>2</sup>
Masse volumique	952	Kg/m <sup>3</sup>
Limite de traction	22.1	N/mm <sup>2</sup>
Limite d'élasticité	33	N/mm <sup>2</sup>
Conductivité thermique	0.461	W/(m.k)
Chaleur spécifique	1796	J/(Kg.K)

#### ➤ Domaine d'utilisation

Les principales qualités du PE-HD sont ses bonnes propriétés organoleptiques (non-altération du goût des produits conditionnés) et le fait qu'il permet d'assurer l'étanchéité de la bouteille sans une autre matière de complément [23].

Ci-dessous, on présente quelques diverses applications.

- Articles de manutention ;
- Articles ménagers ;
- Bouchons ;
- Réservoirs à carburants ;
- Emballage alimentaire ;

### III.1.3.2 Polytéréphtalate d'éthylène (PET)

Parmi les polyesters thermoplastiques saturés, seuls polyéthylène-téréphtalates (PET) sont utilisés pour la fabrication de films et feuilles [23].

Sont concernées par cette application deux familles de produits :

- Les homopolymères d'acide téréphtalique et d'éthylène glycol (PET).
- Les copolymères fabriqués à partir de deux acides avec un diol, ou d'un seul acide avec deux diols.

**Tableau III.2 : Caractéristiques de PET.**

Propriétés	Valeur	Unités
Module d'élasticité	2960	N/mm <sup>2</sup>
Coefficient de poisson	0.37	
Masse volumique	1420	Kg/m <sup>3</sup>
Limite de traction	57.3	N/mm <sup>2</sup>
Limite d'élasticité	90	N/mm <sup>2</sup>
Conductivité thermique	0.261	W/(m.k)
Chaleur spécifique	1140	J/(Kg.K)

#### ➤ Domaine d'utilisation de PET

Les divers films et feuilles en PET proposés sur le marché se différencient par leur épaisseur, leur largeur, leur longueur, le diamètre extérieur de la bobine et leur composition.

En raison de leurs bonnes propriétés thermomécaniques, optiques et électriques, ils ont trouvé de nombreuses applications dans les secteurs des industries électriques, l'électronique, l'audiovisuel, les arts graphiques, les fournitures de bureaux, les emballages divers, etc. [23].

### III.1.3.3 Polyphénylène éther(PPE)

Les PPE de propriétés thermomécaniques très supérieures à celles des autres plastiques, ont une viscosité à l'état fondu très élevée, ce qui rend difficile leur mise en œuvre sur les machines de transformation des thermoplastiques [23].

**Tableau III.3 :** Caractéristiques du PPE.

Propriétés	Valeur	Unités
Module d'élasticité	2300	N/mm <sup>2</sup>
Coefficient de poisson	0.4	
Masse volumique	1060	Kg/m <sup>3</sup>
Limite de traction	500	N/mm <sup>2</sup>
Limite d'élasticité	30	N/mm <sup>2</sup>
Conductivité thermique	0.22	W/(m.k)

#### ➤ Domaine d'utilisation

Le grand nombre de formulations possibles, conduisant à des propriétés thermomécaniques variant dans un intervalle très large, a permis aux PPE modifiés de trouver de nombreuses applications industrielles dans l'industrie automobile et transport, en électrotechnique et électronique, et dans diverses industries mécaniques et chimiques [23].

### III.1.3.4 Polypropylène Homopolymère (PP-H)

L'homopolymère est préparé à partir du diméthyle-2,6-phénol. La réaction de polycondensation consiste à traiter le monomère par de l'oxygène en présence d'un composé organométallique servant de catalyseur. La réaction s'effectue à des températures modérées, entre 20 et 40 °C [24].



**Tableau III.4 : Caractéristiques de PP-H.**

Propriétés	Valeur	Unités
Module d'élasticité	1790	N/mm <sup>2</sup>
Coefficient de poisson	0.4	
Masse volumique	933	Kg/m <sup>3</sup>
Limite de traction	33	N/mm <sup>2</sup>
Limite d'élasticité	76	N/mm <sup>2</sup>
Conductivité thermique	0.117	W/(m.k)

➤ **Domaine d'utilisation**

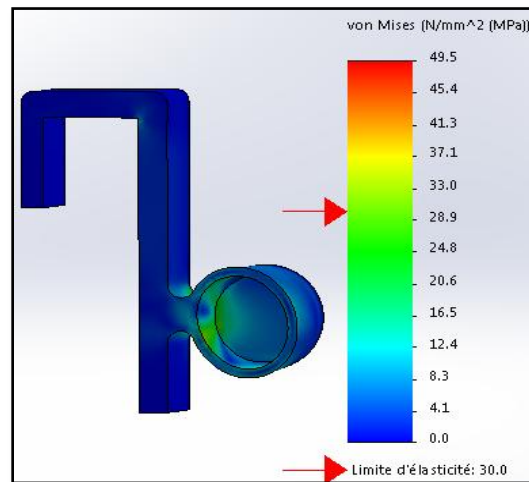
Le polypropylène homopolymère est un thermoplastique de grande diffusion, utilise dans de nombreux secteurs, et en particulier dans l'emballage, l'industrie automobile, électroménager, le sanitaire et le textile, sa production représente plus du cinquième des plastiques dans le monde [24].

**Partie 2 : Comparaison entre le modèle existant et le modèle proposé**

**III.2.1 Etude numérique du modèle existant avec SolidWorks**

**III.2.1.1 Simulation de comportement du modèle**

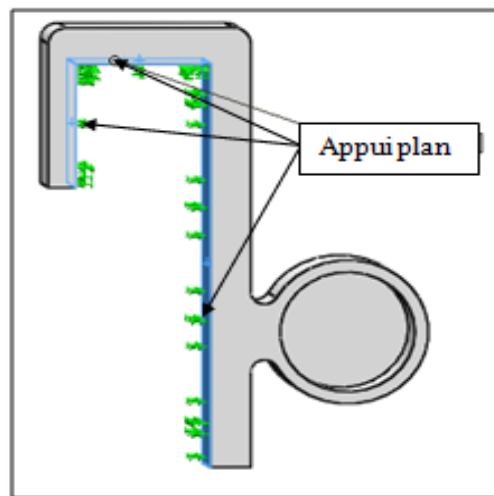
- Utiliser l'analyse par éléments finis pour calculer les contraintes et les déplacements des pièces et des assemblages causés par les chargements internes et externes afin d'optimiser et de valider chaque étape de conception.
- Optimiser et valider de manière efficace chaque étape de conception au moyen des outils de CAO à résolution rapide intégrés de SolidWorks ; Simulation afin d'assurer qualité, performances et sécurité.



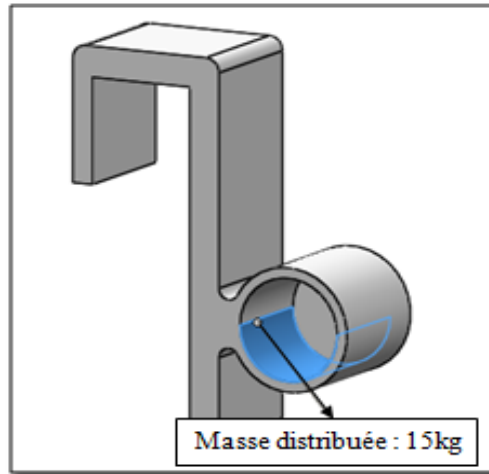
**Figure III.3 :** Analyse des contraintes du modèle.

### III.2.1.2 Chargements et Déplacements imposés

Les chargements et les déplacements imposés sont nécessaires pour définir l'environnement de fonctionnement du modèle. Les résultats de l'analyse dépendent directement des chargements et des déplacements imposés spécifiés. Les chargements et les déplacements imposés sont appliqués à des entités géométriques en tant que propriétés totalement associées à la géométrie du modèle.



**Figure III.4 :** Fixation de la pièce.

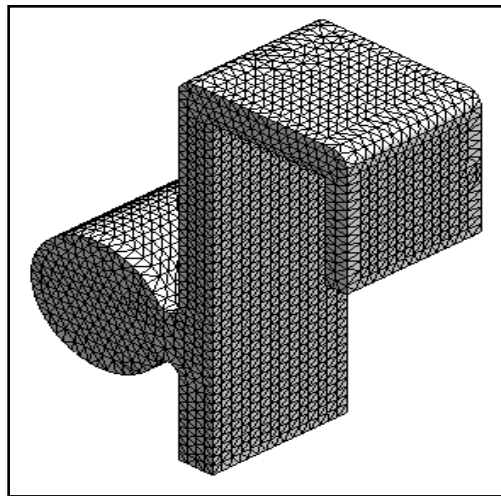


**Figure III.5** :Chargements appliqué 15 Kg (modèle existant).

### III.2.1.3 Maillage

Le Maillage est une méthode des éléments finis, qui consiste à subdiviser la pièce en élément géométrique connu (cube, triangle, carre), pour pouvoir utiliser les lois de résistances applicable sur les formes géométriques connues et simples.

Pour notre modèle on a utilisé un maillage standard de 1.5 mm de longueur d'arrête.

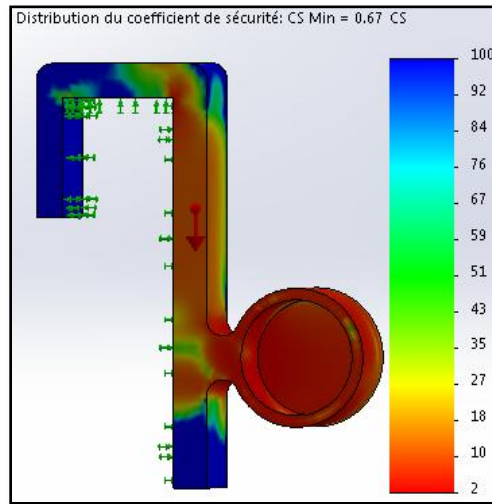


**Figure III.6** : Maillage standard 1.5 mm.

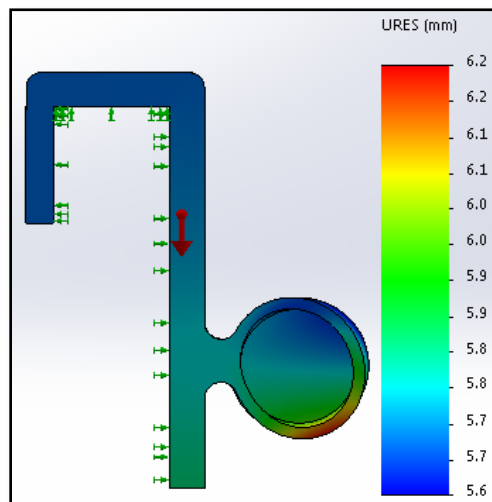
## III.2.2 Etude des quatre matériaux

### III.2.2.1 Analyse pour le PEHD

Après avoir appliqué les déplacements imposés (appui plan), les chargements (masse distribuée 15kg) et le maillage (maillage standard 1.5 mm) pour le premier matériau PEHD, on obtient les résultats suivants (**Figure III.7** et **III.8**) :



**Figure III.7** : Distribution du coefficient de sécurité enregistré pour le modèle en PEHD.

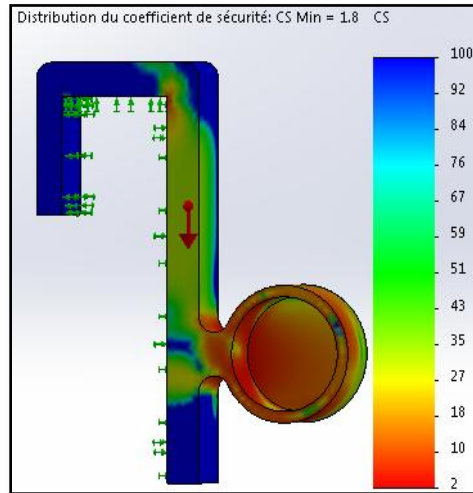


**Figure III.8** : Déplacements enregistrés pour le modèle existant en PEHD.

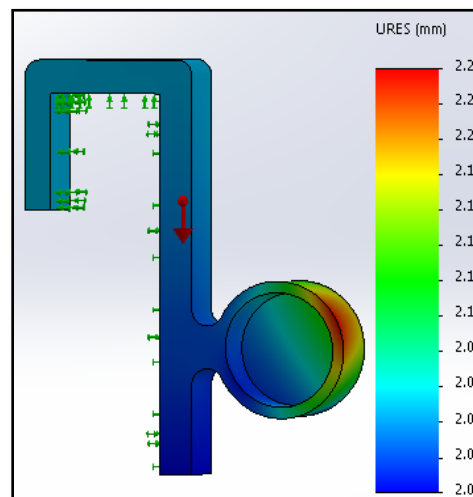
La **figure III.7** illustre que la zone la plus sollicitée présente un coefficient de sécurité de l'ordre 0.67, ce qui fait que le modèle travaille dans une contrainte 0.67 fois plus petite que sa limite d'élasticité et la **figure III.8** présente les déplacements maximaux de 6.2mm.

### III.2.2.2 Analyse pour le PET

Dans cette deuxième analyse on va appliquer le Polytéréphtalate d'éthylène comme matériau, voici les résultats ci-dessous (**Figure III.9** et **III.10**) :



**Figure III.9** :Distribution du coefficient de sécurité enregistré pour le modèle existant en PET.

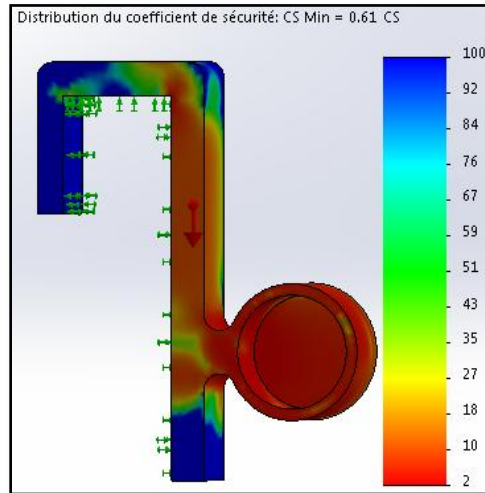


**Figure III.10** : Déplacements enregistré pour le modèle existant en PET.

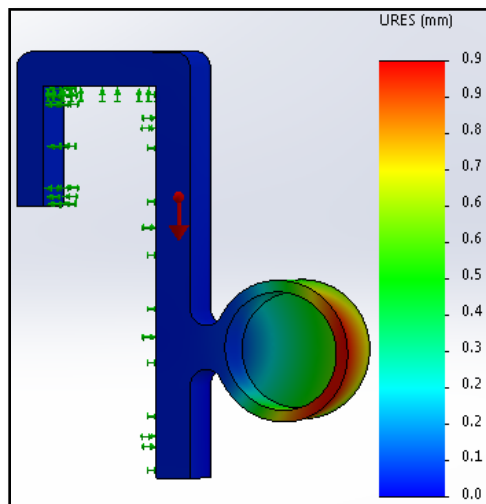
Pour ce matériau on a un coefficient de sécurité de l'ordre 1.8 et un déplacement maximum de 2.2 mm.

### III.2.2.3 Analyse pour le PPE

Cette fois, la troisième analyse est faite avec le matériau Polyphénylène éther, voici ces résultats ci-dessous (**Figure III.11** et **Figure III.12**).



**Figure III.11** : Distribution du coefficient de sécurité enregistré pour le modèle existant en PPE.

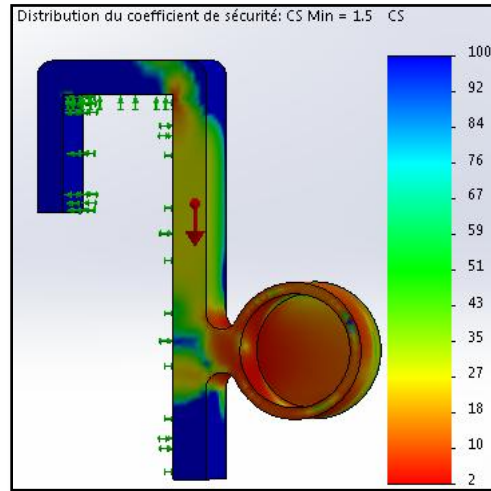


**Figure III.12** : Déplacements enregistrés pour le modèle existant en PPE.

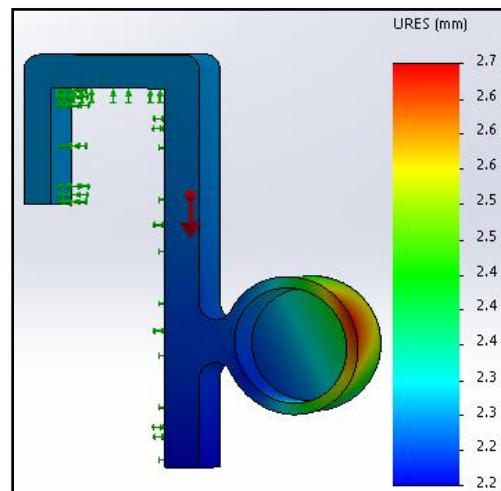
La **figure III.11** également nous montre le coefficient de sécurité de l'ordre 0.61 et la **figure III.12** un déplacement de 0.9 mm.

### III.2.2.4 Analyse pour PP-H

Il nous reste le dernier matériau le Polypropylène Homopolymère, comme ça on aura fait les quatre analyses pour le modèle existant.



**Figure III.13 :** Distribution du coefficient de sécurité enregistré pour le modèle existant en PP-H.



**Figure III.14 :** Déplacements enregistrés pour le modèle existant en PP-H.

On remarque que le coefficient de sécurité il est de l'ordre de 1.5 et les déplacements maximum est 2.7 mm.

### III.2.3 Présentation des résultats

Le tableau suivant montre les quatre résultats des matériaux différents, classifié de plus petite ou plus grand coefficient de sécurité.

Tableau III.5:Classification des matériaux.

Mâtereaux	Coefficient de sécurité	Déplacements (mm)
PPE	0.61	0.9
PEHD	0.67	6.2
PE-H	1.5	2.7
PET	1.8	2.2

### III.2.4 Modélisation et étude numérique pour le modèle proposé

#### III.2.4.1 Différent modèles conçus

Avant de choisir notre modèle à étudier, on a fait des différentes conceptions à l'aide de logiciel de CAO SolidWorks qui nous a permis de voir un aperçu sur le désigne des modèles.

#### III.2.4.2 Présentations des modèles

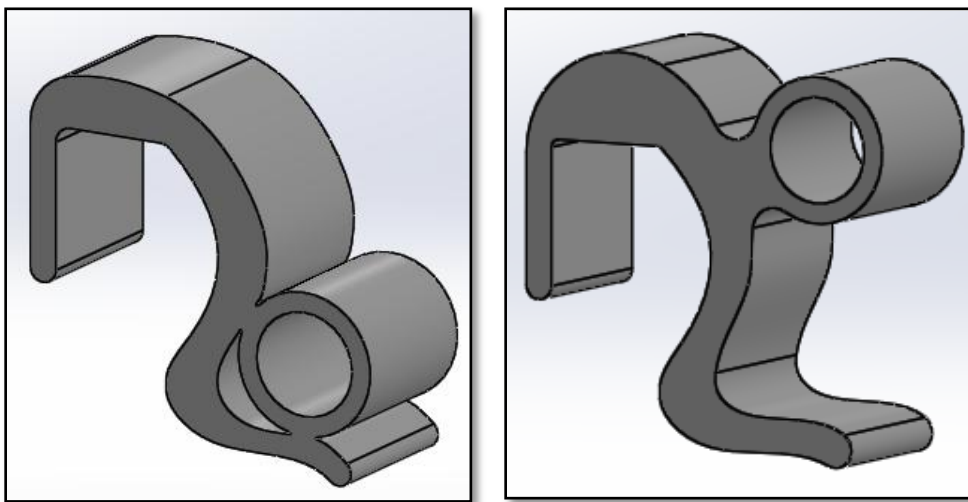
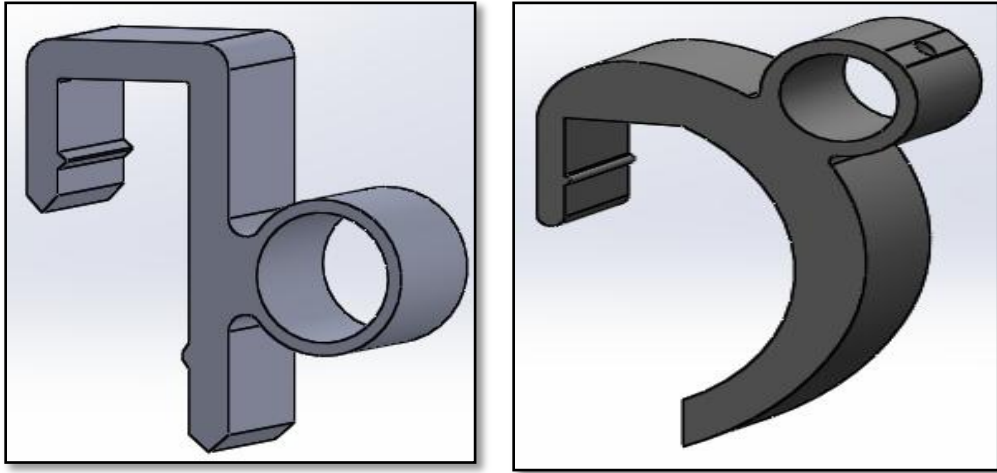


Figure III.15 : Modèle 1 Figure III.16 :Modèle 2.

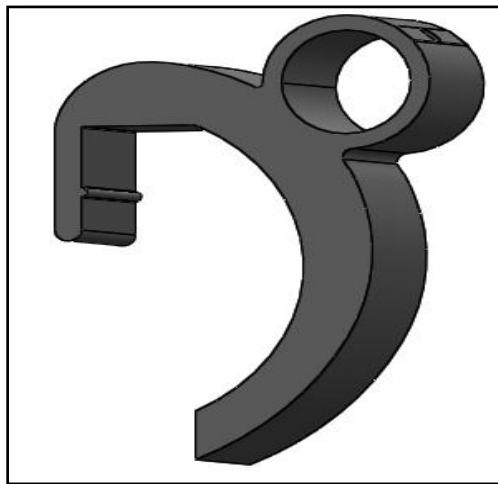




**Figure III.17 : Modelé 3.****Figure III.18 : Modèle 4.**

### III.2.4.3 Choix du modèle

Après avoir fini les conceptions des quatre modèles comme le montre les figures ci-dessus (**Figure III.19**), le choix il a été porté sur le désigne de la pièce et sont impacte au vue des consommateurs.



**Figure III.19 :Modèle choisi.**

### III.2.4.4 Caractéristiques générales de la pièce à produire.

- Masse : 17.23 g
- Volume : 17.8cm<sup>3</sup>
- Superficie : 76.98 cm<sup>2</sup>

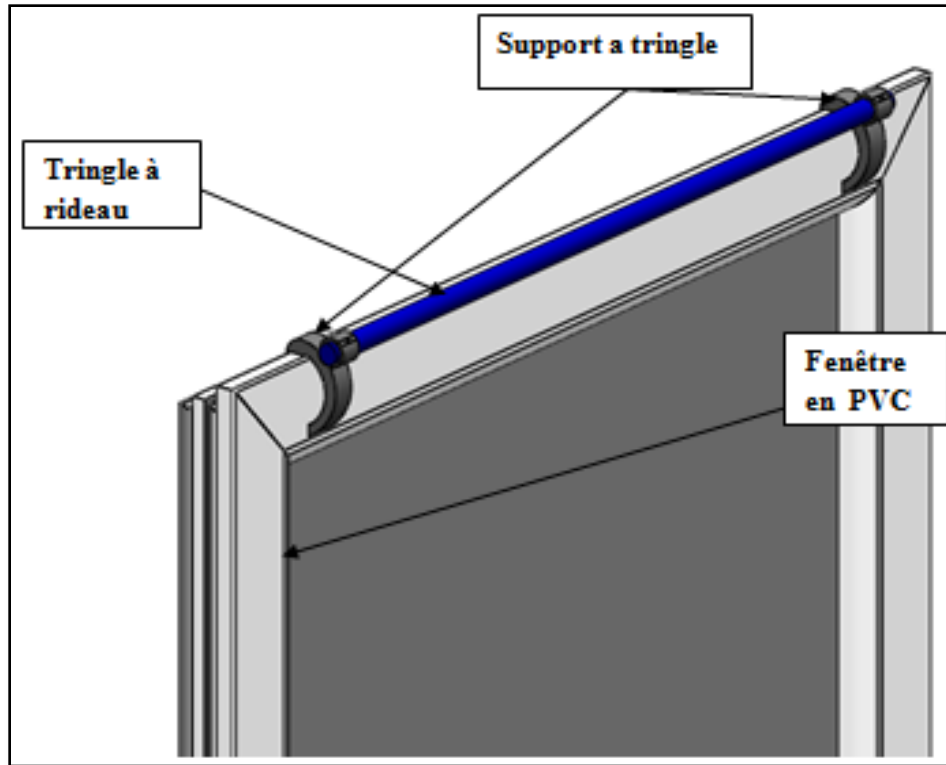


Figure III.20 : Aperçu du modèle avec la fenêtre en PVC.

### III.2.5 Étude et simulation numérique

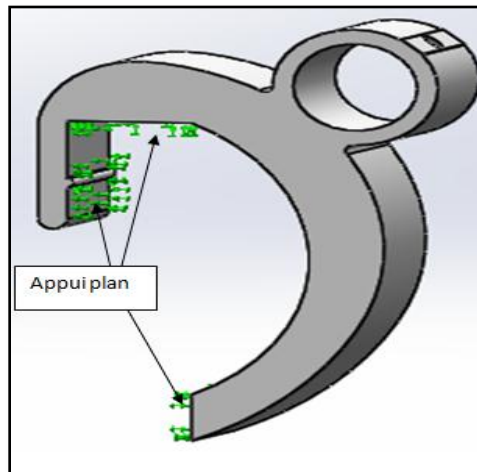
Pour le modèle choisi, on lui a fait des simulations pour les quatre matériaux différents pour qu'on arrive à améliorer la conception et à choisir le matériau le plus adéquat.

### III.2.5.1 Application des matériaux, conditions au limites, les chargements et le maillage

Premier étape c'est d'appliqué le matériau choisi, ensuite les conditions au limites.

#### A. Conditions aux limites

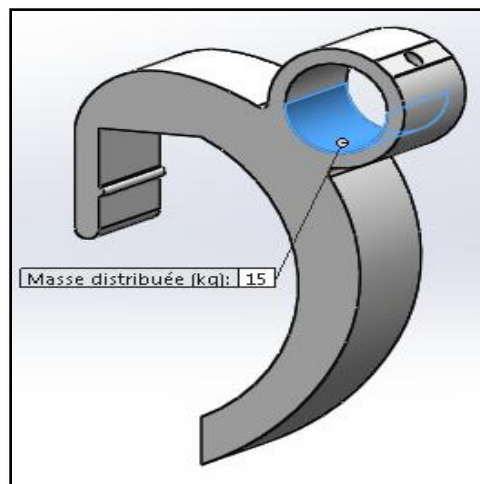
La **figure III.21** illustre les appuis plans entre la pièce et la fenêtre en PVC.



**Figure III .21** : Conditions aux limites.

#### B. Chargements.

Pour les chargements on aopté pour une masse de 15Kg comme la montre la **figure III.22**.



**Figure III.22** : Chargements appliqué 15 Kg (modèle proposé).

### C. Maillage

On a choisi un maillage standard avec une longueur d'arrêt de 1.5 mm.

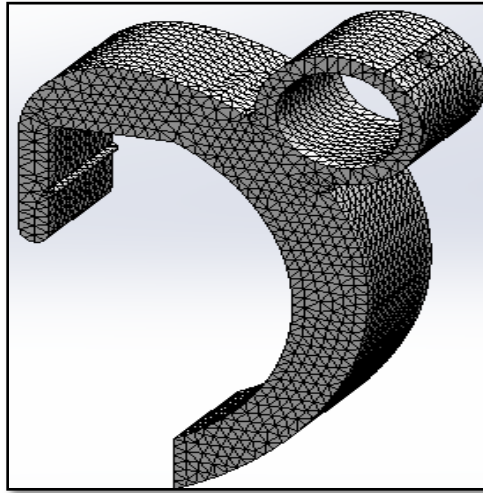


Figure III.23 : Maillage standard.

### III.2.5.2 Résultats

#### A. Comportement du matériau PE-HD

On observe un coefficient de sécurité à l'ordre de 1.3, et un déplacement de 0.7 mm comme illustré dans la figure III.24 et figure III.25.

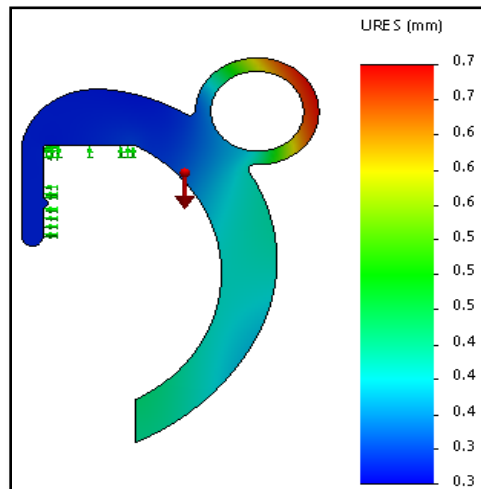
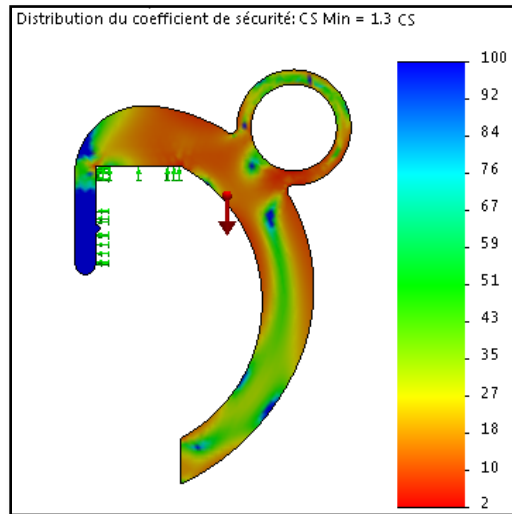


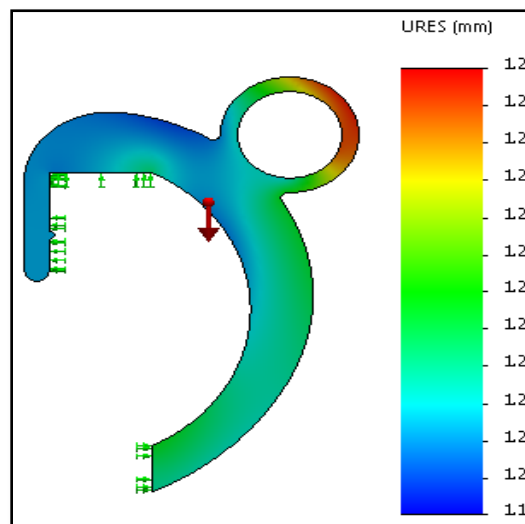
Figure III .24 : Déplacements enregistré pour le modèle proposée en PE-HD.



**Figure III .25 :** Coefficient de sécurité enregistré pour le modèle proposée en PE-HD.

### B. Comportement du matériau PET

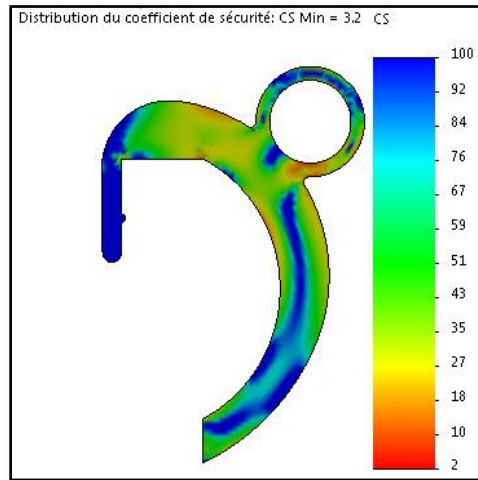
On observe un coefficient de sécurité à l'ordre de 3.4, et un déplacement de 1.2 mm comme illustré dans la **figure III.26** et **figure III.27**.



**Figure III.26 :** Déplacements enregistrés pour le modèle proposée en PET.







**Figure III .31 :** Coefficient de sécurité enregistré pour le modèle proposée en PP-H.

### III.2.6 Choix du matériau

Après avoir fait les simulations des quatre matériaux, pour faire un bon choix, c'est de prendre en compte leurs domaines d'utilisation et leurs comportements d'après les résultats des coefficients de sécurité et les déplacements.

Notre premier critère est le coefficient de sécurité noté « s » où nous remarquons que pour les deux matériaux, le PET et PP-H il est de l'ordre de 3.4 et de 3.2 respectivement, leurs déplacements respectif est de 1.2 mm et 2 mm, on constate que le PET présente de meilleurs résultats, sauf que celui-ci n'est pas adéquat pour satisfaire les fonctionnalités de la pièce, pour le type de notre produit, la bibliographie indique fortement l'utilisation du PP-H.

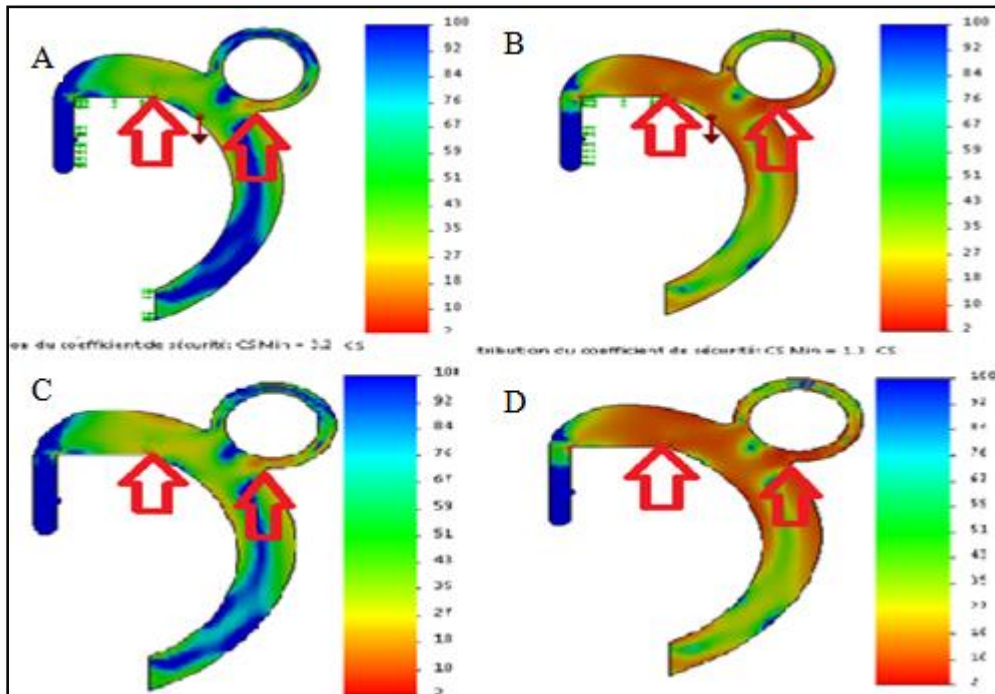
**Tableau III. 6 :** résultats des simulations.

Les matériaux	Coefficients de sécurité	Les Déplacements (mm)
PE-HD	1.3	0.7
PET	3.4	1.2
PEE	1.3	1.1
PP-H	3.2	2



### III.2.7 Diagnostic des résultats

Les simulations faites pour les quatre matériaux nous ont révélées des zones critiques où la pièce est plus sollicitée par rapport aux autres endroits, par conséquent on doit revoir notre produit pour assurer les exigences demandées, elles sont représentées dans cette **figure III.32** par des flashes rouges.



**Figure III.32 :** Représentations des zones fortement sollicitées pour les quatre matériaux.

#### III.2.7.1 Amélioration de la conception

La **figure III.33** nous montre les modifications apportées au produit pour le rendre plus résistant, les voici ci-dessous.

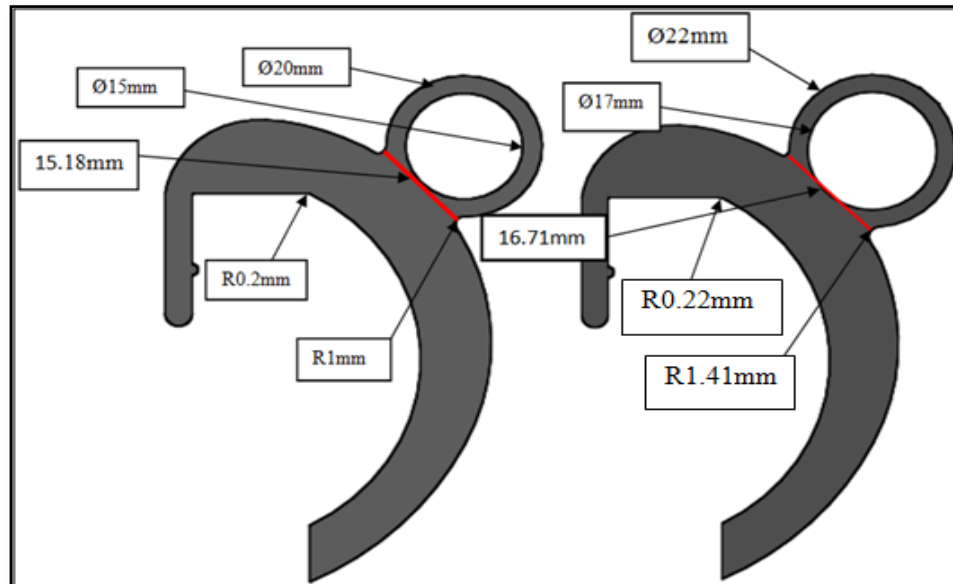


Figure III.33 : Avant est après modification.

### III.2.7.2 Résultats obtenu après modification

Voici les résultats obtenu qui montre une très grande amélioration par rapport au coefficient de sécurité de l'ordre de 5.3 et un déplacement diminuer a 0.43 mm, ce qui nous valide largement notre produit apte à remplir sa fonction en toute sécurité.

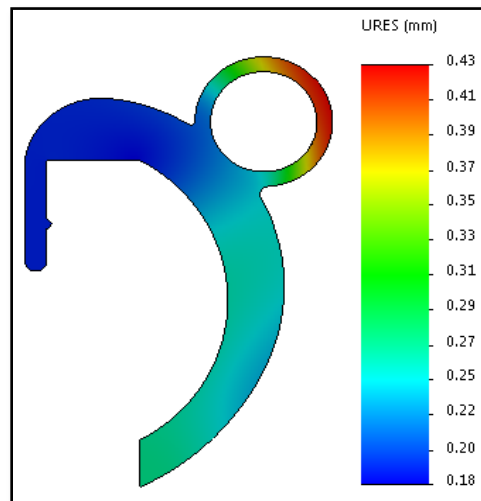
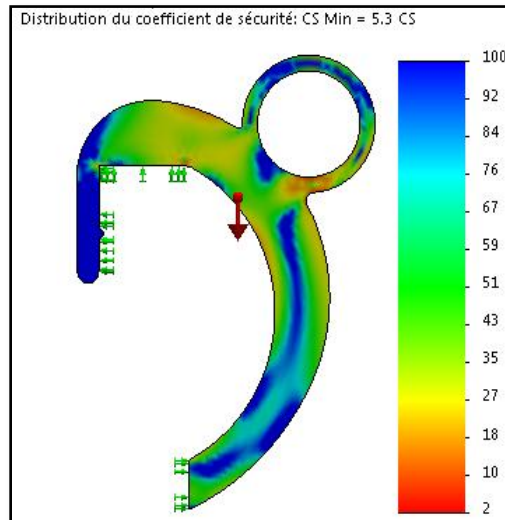


Figure III. 34 : Déplacements enregistré pour le modèle proposé en PP-H après modification.



**Figure. III.35 :** Coefficient de sécurité enregistré pour le modèle proposé en PP-H après modification.

### Conclusion.

À travers ce chapitre on a pu déduire que le matériau Polypropylène Homopolymère (PP-H) est plus adéquat a notre produit.

Par conséquent, une étude détaillée est nécessaire afin de choisir le matériau qui va nous permettre de faire une pièce résistante et légère.

# *Chapitre IV*

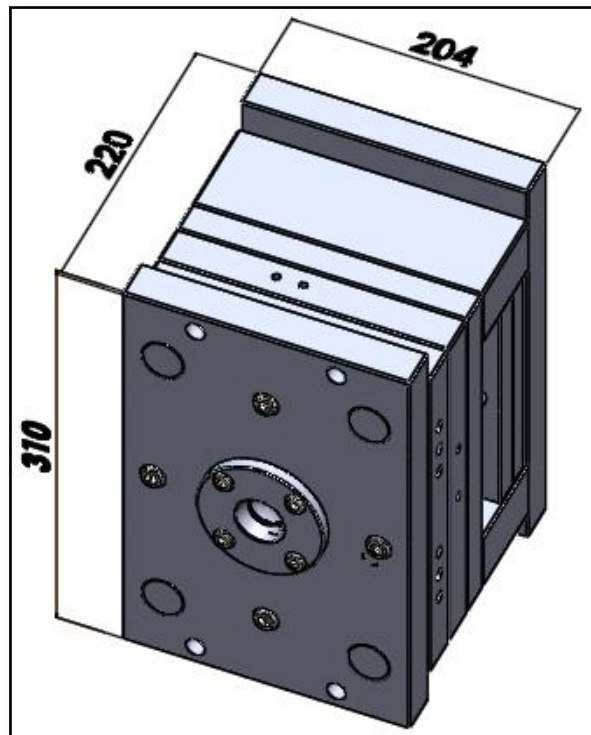
Dans ce chapitre nous allons présenter premièrement la pièce à produire par le processus d'injection ainsi que son matériau, c'est-à-dire, la matière plastique et ces caractéristiques. Ensuite, nous présenterons les étapes de conception du moule (choix des matériaux,). La pièce à mouler a une forme géométrique complexe par conséquent on a fait nos analyses à l'aide du logiciel **SolidWorks**.

#### IV.1 Moule du support tringle.

Après avoir fini l'étude du support tringle et le validé, nous avons modélisé en 3D le moule du modèle à l'aide du logiciel SolidWorks, sur la **figure VI.1** nous donnons une vue globale du moule, sur la **figure VI.2** nous donnons une vue éclatée pour voir les composants de ce dernier.

Les caractéristiques du moule sont :

- **Poids** : 60 Kg (environ)
- **Dimension** : 310 \* 204 \* 220 mm (moule fermé)



**FigureIV.1** : Vue d'ensemble du moule.

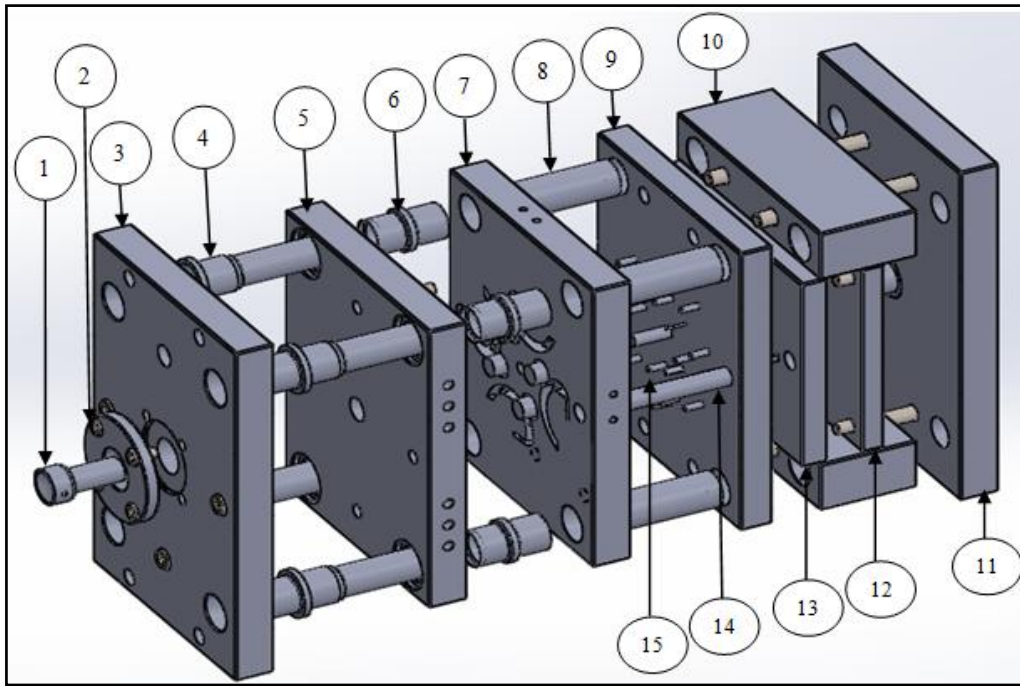


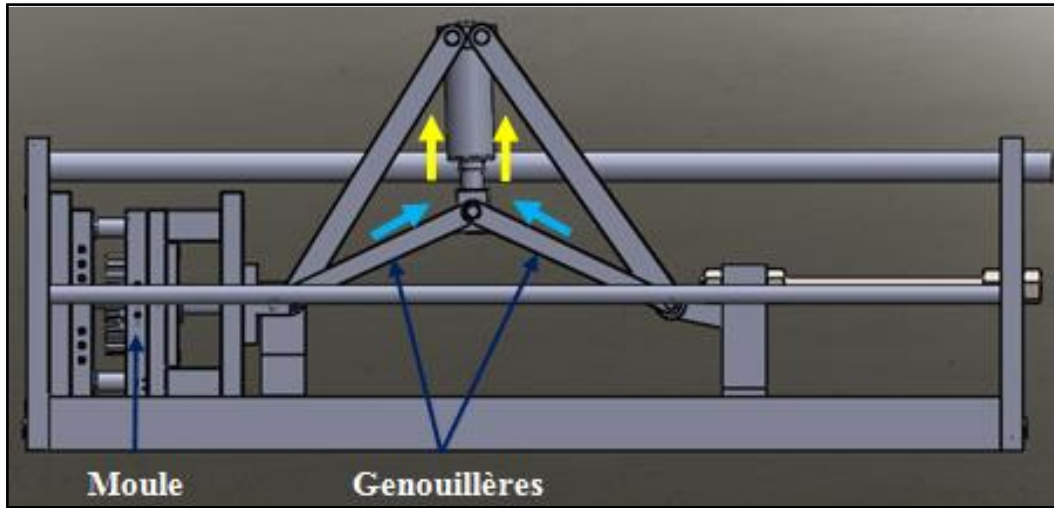
Figure IV.2 : Vue éclatée du moule.

Tableau IV.1 : Désignation des pièces du moule.

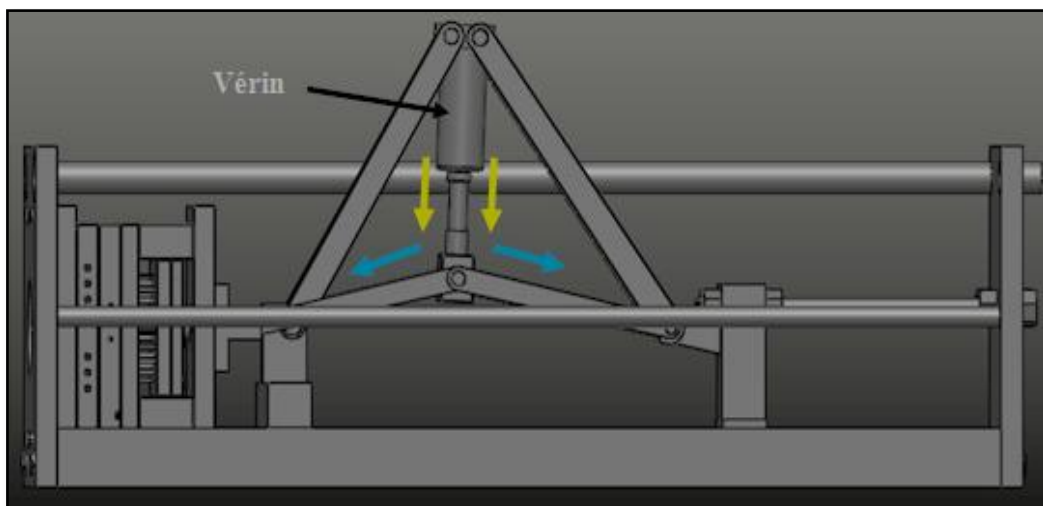
Numéro de pièces	Noms de pièces	Quantité
1	Buse	1
2	Rondelle de centrage	1
3	Semelle fixe	1
4	Colonne	4
5	Empreinte fixe	1
6	Bague de guidage	4
7	Empreinte mobile	1
8	Douille de centrage	4
9	Contre plaque	1
10	Tasseaux	2
11	Semelle mobile	1
12	Contre plaque d'éjection	1
13	Plaque d'éjection	1
14	Colonne de remise à zéro	2
15	Ejecteurs	20

➤ **Système de verrouillage/déverrouillage**

La fermeture et l'ouverture du moule nécessitent un système de verrouillage/déverrouillage qui est la genouillère afin d'assurer le bon fonctionnement du processus d'injection et la figure suivante illustre le modèle conçu pour cette fonction (**Figure IV.3** et **Figure IV.4**).



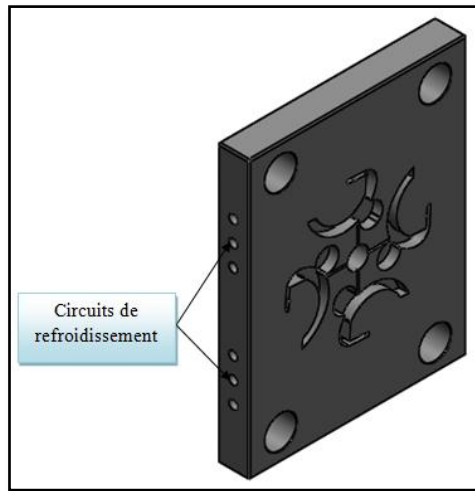
**Figure IV.3** :Assemblage du moule et système de fermeture, mode ouverture.



**Figure IV.4** :Assemblage du moule et système de fermeture, mode fermeture.

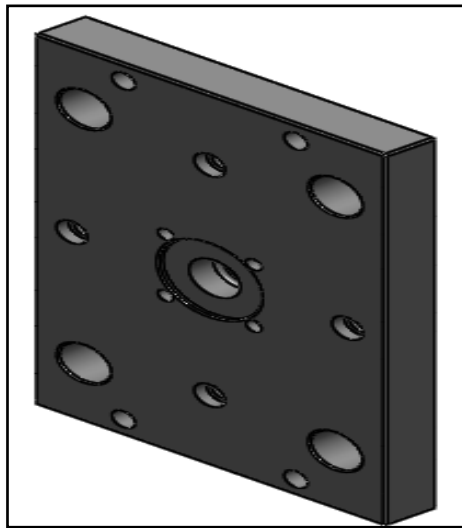
**IV.2 Pièces constituant de moule du support triangle.**

- **Empreinte fixe** :nous avons utilisé l'acier **X 38 CrMoV5-1**[Annexe A] et qui sera vissée à la semelle fixe à l'aide de quatre vis CHC M12 20, Ellea aussi des perçages Ø8 pour les conduites de refroidissement.



**Figure IV.5 :** Empreinte fixe.

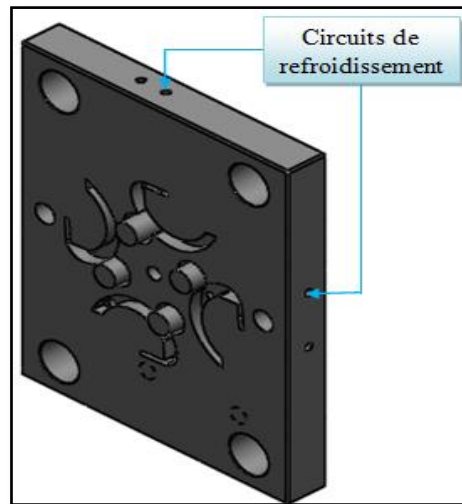
- **Semelle fixe** : pour laquelle nous avons utilisé l'acier **40CrMnMoS8-6** [Annexe A] et qui sera vissée à la plaque fixe de la presse pour injection à l'aide de quatre vis CHC M1 25.



**Figure IV.6 :** Semelle fixe.

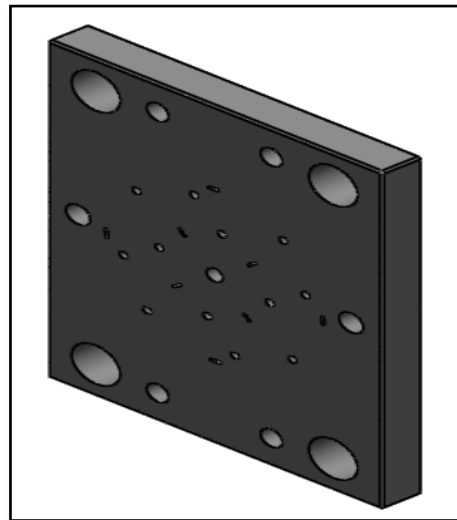
- **Empreinte mobile** : pour laquelle nous avons utilisé l'acier **X 38 CrMoV5-1** et qu'elle sera vissée à la semelle de la partie mobile à l'aide de quatre vis CHCM12 20, aussi des perçages Ø5 pour les conduites de refroidissement.





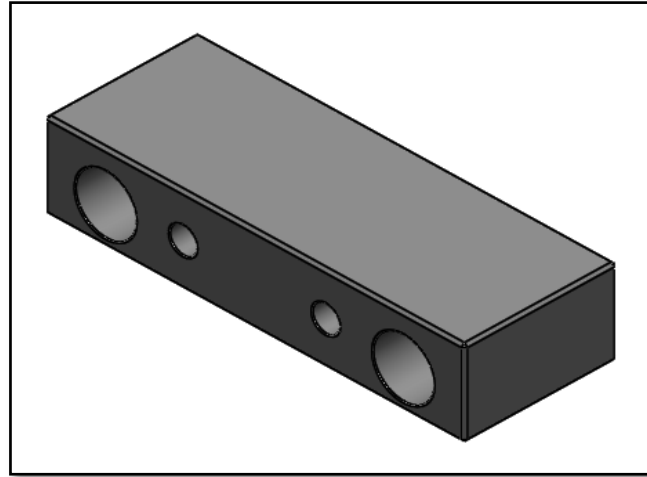
**Figure IV.7 :** Empreinte mobile.

- **Contre plaque** : pour laquelle nous avons utilisé l'acier **40CrMnMoS8-6** qui est employée pour absorber les chocs entre les deux empreintes et ainsi s'user à la place de l'empreinte.



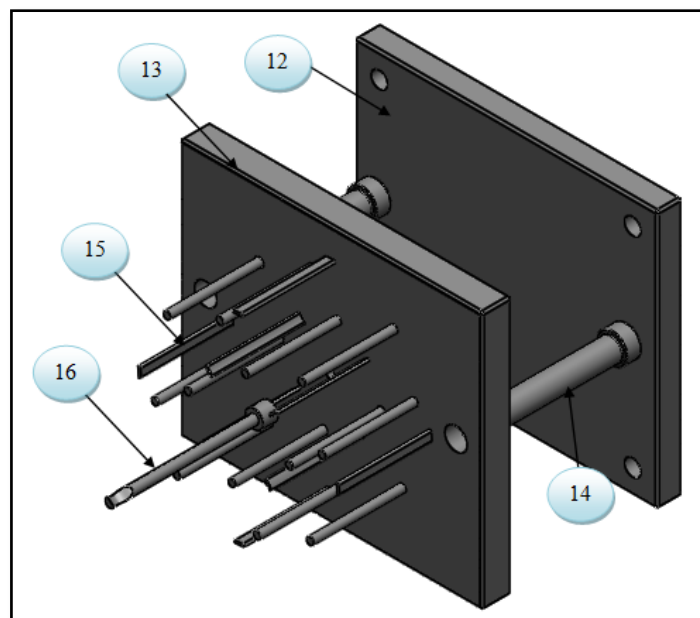
**Figure IV.8 :** Contre plaque.

- **Tasseaux** : nous avons utilisé deux avec un acier **40CrMnMoS8-6** et qui servent à créer un espace pour permettre la course d'éjection.



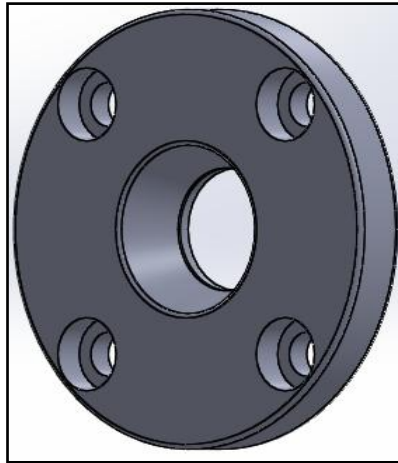
**Figure IV.9 :**Tasseau.

- **La batterie d'éjection :** elle est composée de deux plaques notées ((12) ; (13)) pour lesquelles nous avons utilisé l'acier **40CrMnMoS8-6**. Elle se place entre la contre plaque et la semelle de la partie mobile avec une course d'éjection de 45 mm, elle porte les vingtjecteurs (15), les deux colonnes de remise à zéro notées (14) et l'arrache carotte (16).



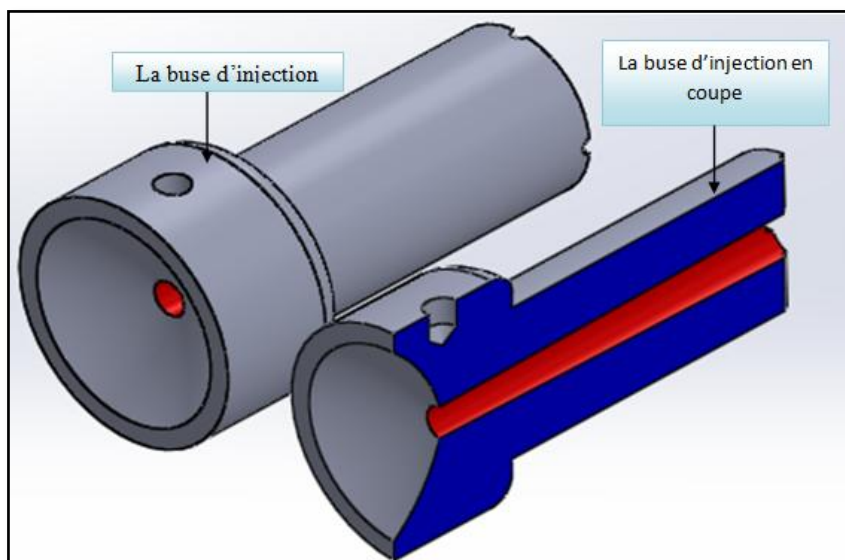
**Figure IV.10 :**Batterie d'éjection.

- **Rondelle de centrage :** pour laquelle on a utilisé l'acier **C45**, elle sert à guider la buse d'injection, elle est fixée à la semelle fixe à l'aide de quatre vis CHC M8 20.



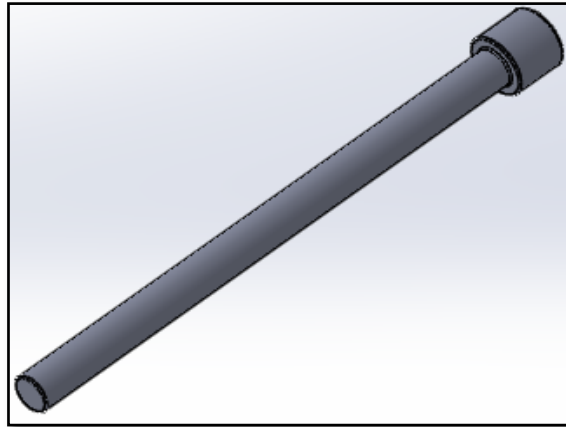
**Figure IV.11** : Rondelle de centrage.

- **La buse d'injection** : qui sont en acier **CuCoBe**, [Annexe A] elle sert à transporter le plastique de la machine à l'intérieur du moule à travers un trou conique pour permettre l'arrachement facile de la carotte.

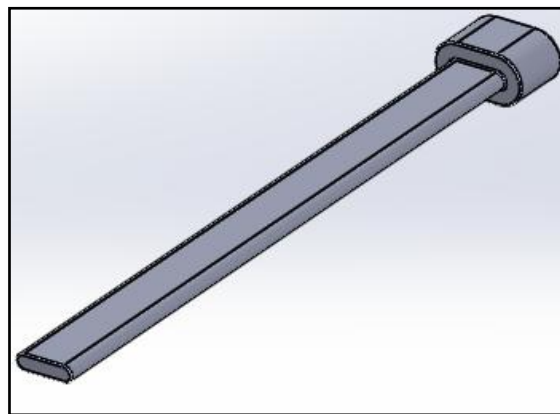


**Figure IV.12** : Buse d'injection.

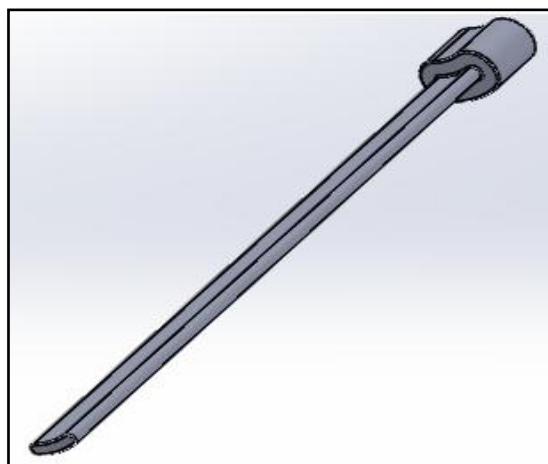
- **Ejecteurs** : nous avons utilisé 20 unités en acier **100Cr6** [Annexe A], 12 unités d'un diamètre 5 mm (**Figure IV.12**), 4 unités à têtes plate de 2 mm d'épaisseur (**Figure IV.13**) et 4 autres têtes circulaires de 1.5 mm d'épaisseur (figure 14).



**Figure IV.13 :** Ejecteur de Ø5 mm.

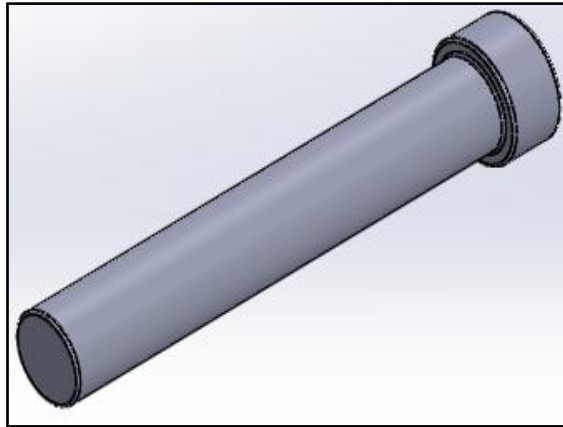


**Figure IV.14 :** Ejecteur à tête plate.



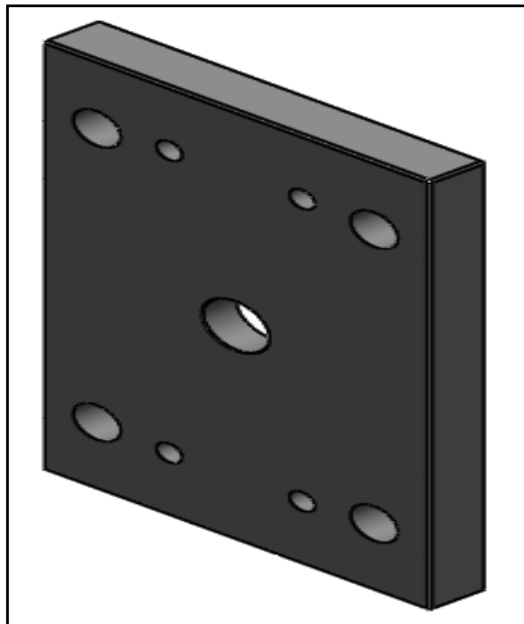
**Figure IV.15 :** Ejecteur à tête circulaire.

- **Colonne de remise à zéro :** nous avons utilisé 2 unités avec un acier **100Cr6**, d'un diamètre de 15mm et d'une longueur de 90 mm.



**Figure IV.16 :**Colonne de remise à zéro de diamètre 15mm

- **Semelle mobile :** nous avons utilisé un acier **40CrMnMoS8-6**, tous les éléments de la partie mobile se fixent sur ce composant.



**Figure IV.17 :** Semelle mobile.

- **Colonne de guidage :** nous avons utilisé l'acier **100Cr6**, ça fonction c'est de guidée les deux empreintes.

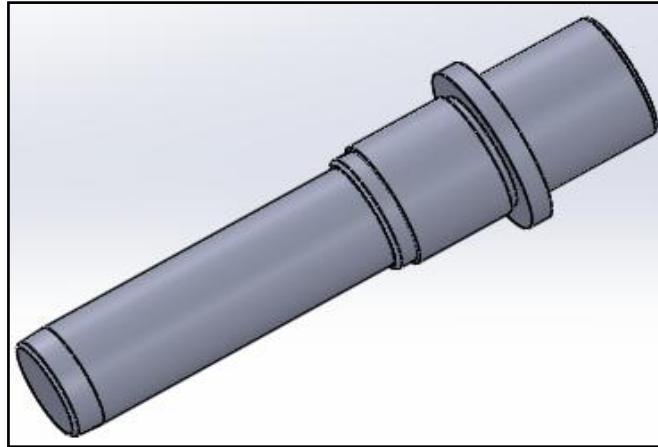


Figure IV.18 : Colonne de guidage.

- **Douille de centrage** : le matériau choisi est **100Cr6** et elle sert à centrer l’empreinte mobile et la contre plaque.

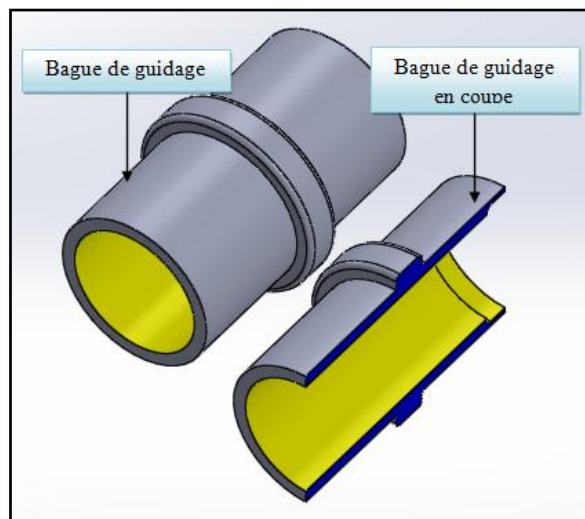
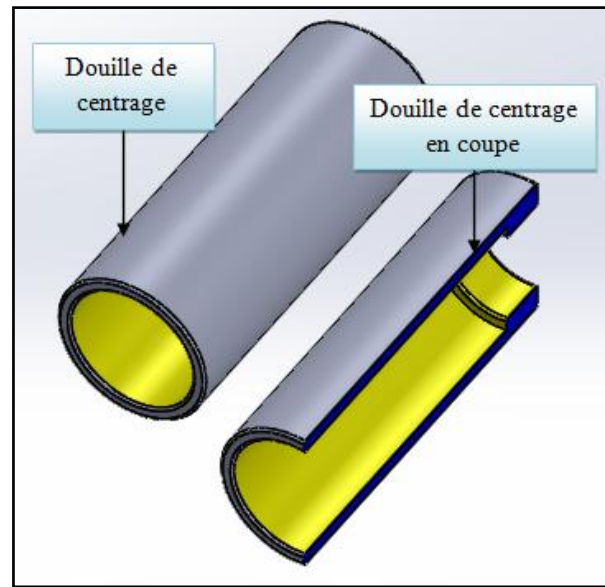


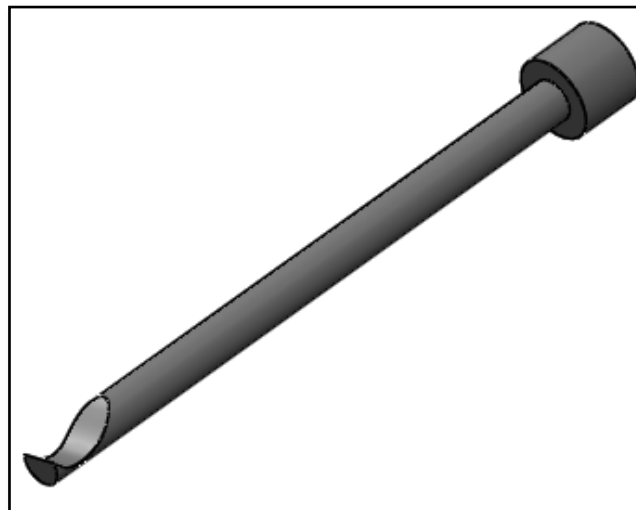
Figure IV.19 :Bague de guidage.

- **Douille de centrage du côté éjection** : c’est une pièce, son rôle de centrer la semelle mobile, les tasseaux, la contre plaque et de permettre aussi le guidage de la colonne lors de la fermeture. Pour le matériau nous avons choisi l’acier **100Cr6**.



**Figure IV.20 :** Douille de centrage du côté éjection

- **Arrache carotte :** Elle sert à retirer la carotte de la buse d'injection et ne pas bloquer le prochain cycle, et pour lequel nous avons utilisé l'acier **100Cr6**.



**Figure IV.21 :** Arrache carotte.

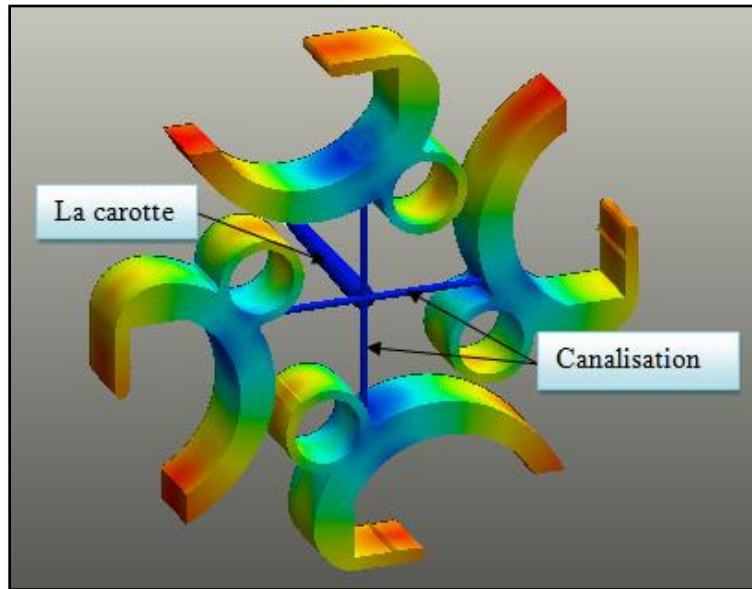
### IV.3 Modèle numérique de support triangle

C'est le produit que nous obtiendrons à partir de notre moule et qui va présenter les caractéristiques suivantes :

- **Le poids :** 14.82 g.
- **Le matériau :** PP-H.

➤ **Le volume de la moulée**

- volume des 4 moulées : **69.08cm<sup>3</sup>**
- volume de la canalisation : **0.2 cm<sup>3</sup>**
- volume de la carotte : **2.1 cm<sup>3</sup>**
- volume total : **71.38 cm<sup>3</sup>**



**Figure IV.22:** La moulée (carotte, canalisation).

Cependant, nous avons accru les dimensions de support triangle sur l’empreinte de 1.5% pour tenir compte du rétrécissement de la matière qu’on a utilisée (PP-H).

#### **IV.4 Simulation d’injection**

L’injection plastique affronte de multiples problèmes dans la phase d’injection jusqu’à la phase d’éjection, mais les plus importants se passent au cours de la phase de remplissage comme la formation des bulles d’air, les soudures froides et les retassures.

Pour faire une simulation d’injection, il faut définir quelques paramètres comme la pression d’injection, le débit d’injection, la température du moule...etc. Pour cela, il faut choisir une presse d’injection.

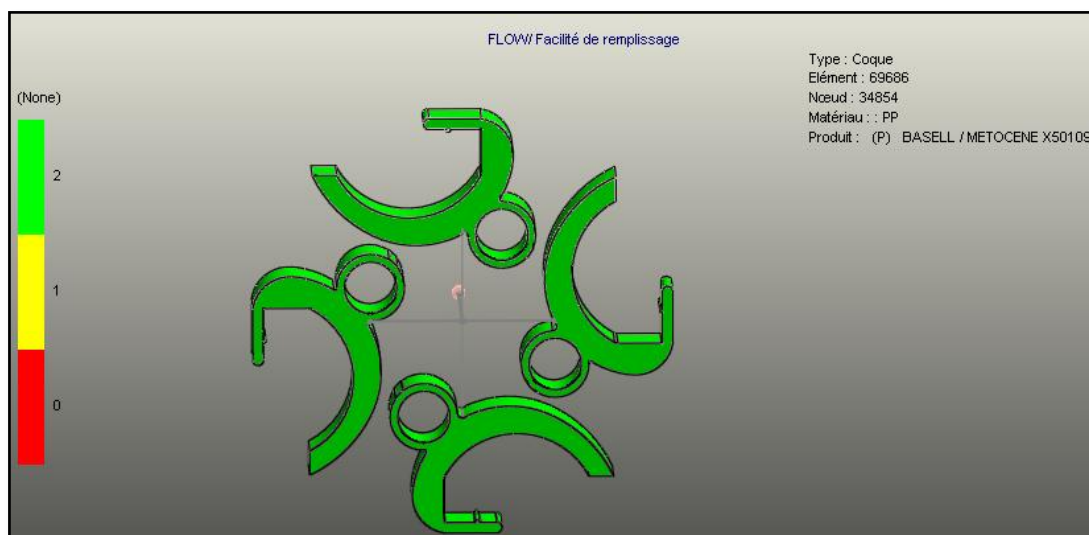
Comme la simulation a été faite par le logiciel **SolidWorks**, nous allons choisir le type de presse dans la bibliothèque de ce logiciel.



#### IV.4.1 Résultats de la simulation

- Les caractéristiques de la matière plastique utilisée :
  - Le nom du groupe = pp
  - Le nom de la matière = (P) BASELL /METOCENE X50109
  - La température de matière :  $T_f = 228 \text{ °C}$  ;
- Les conditions du processus d'injection
  - Le temps de remplissage = 7.01 sec ;
  - La température des parois du moule =  $29 \text{ °C}$  ;
  - La pression max d'injection = 150 MPa ;
  - Le temps de maintien pression = 9.17 sec ;
  - Temps total du cycle compactage = 77.01 sec ;
  - La pression initiale de l'air dans la cavité = 0.1 MPa ;
  - La température initiale de l'air dans la cavité =  $25 \text{ °C}$  ;
  - Le temps d'ouverture du moule = 5 sec ;
  - La force de fermeture requise = 0.08 tonnes ;
  - La pression requise pour l'injection = 15 MPa.

#### IV.4.2 Facilité de remplissage



**Figure IV.23** : Facilité de remplissage.

Comme la **figure IV.23** l'illustration, on remarque qu'il y a qu'une seule couleur (verte) ce qui signifie que tout le volume de l'empreinte va se remplir sans difficulté.

### IV.4.3 Temps de remplissage

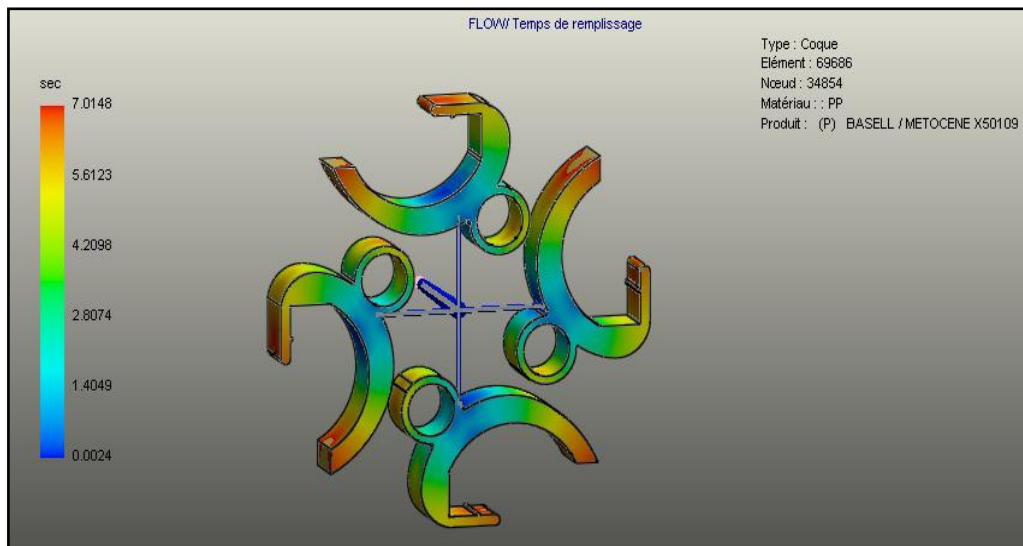


Figure IV.24 : Temps de remplissage.

On montre sur la **figure IV.24** que le temps max de remplissage est de **7.01 s** et on remarque aussi d'après les couleurs que le remplissage se fait de l'intérieur (du centre de la pièce vers les parois) vers l'extérieur avec un flux pratiquement homogène.

### IV.4.4 Pression en fin de remplissage

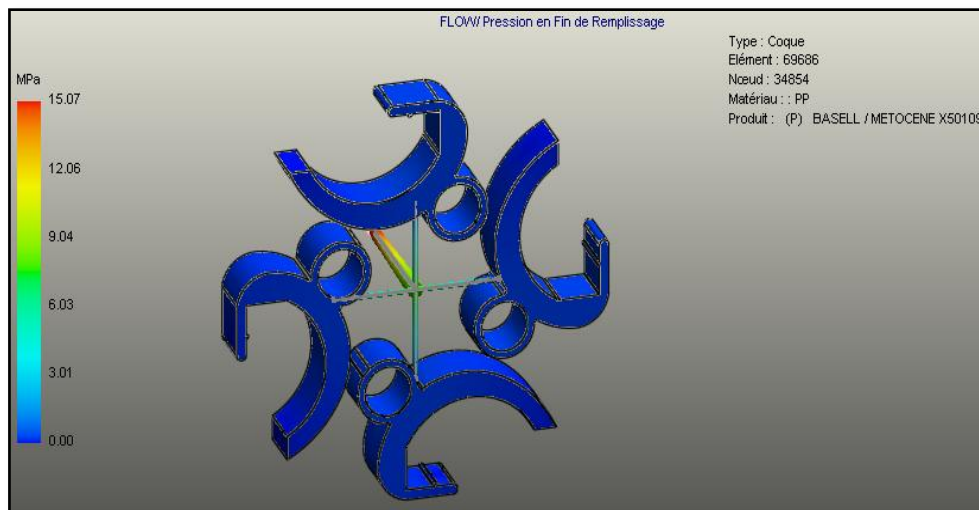


Figure IV.25: Pression de fin de remplissage.

La **figure IV.25** montre que la pression sur tout le corps de la pièce est faible sauf sur la carotte où elle est de l'ordre de **6.03 MPa** à l'exception de l'extrémité **15.07 MPa** qui est la pression maximale et cela à cause de phase de compactage.

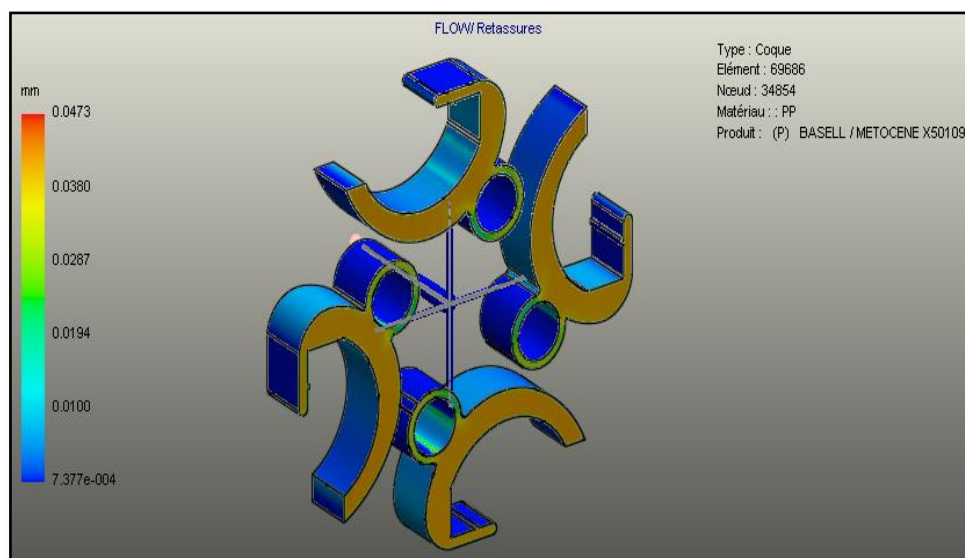
#### IV.4.5 Retrait volumique en fin de remplissage

**Figure IV.26 :** Retrait volumique en fin de remplissage.

La matière utilisée est le polyamide PP, son retrait est de 1 à 2.5 % et dans notre cas, on a utilisé un coefficient de retrait de 1.5 %.

La **figure IV.26** montre que le retrait maximum en fin de remplissage est de 18.86% et qu'il est très important sur le cercle creux de la pièce à cause de leurs petits volumes emprisonnés dans l'empreinte.

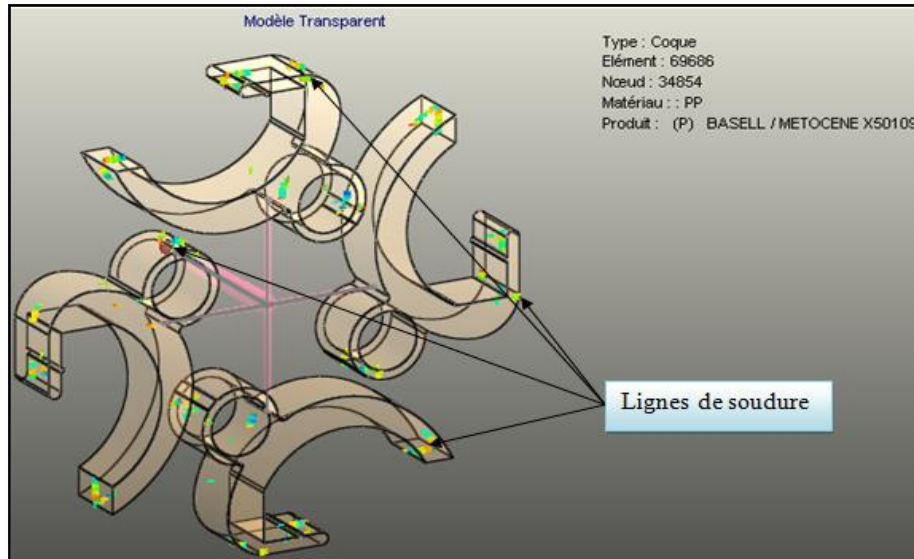
#### IV.4.6 Formation de retassures



**Figure IV.27 :** Formation de retassures.

On voit que toute la pièce a subi des retassures et leurs concentrations sont sur les surfaces planes importantes mais on remarque d'après la **figure IV.27** la valeur maximale des retassures qui est de **0.0380 mm** qui est négligeable.

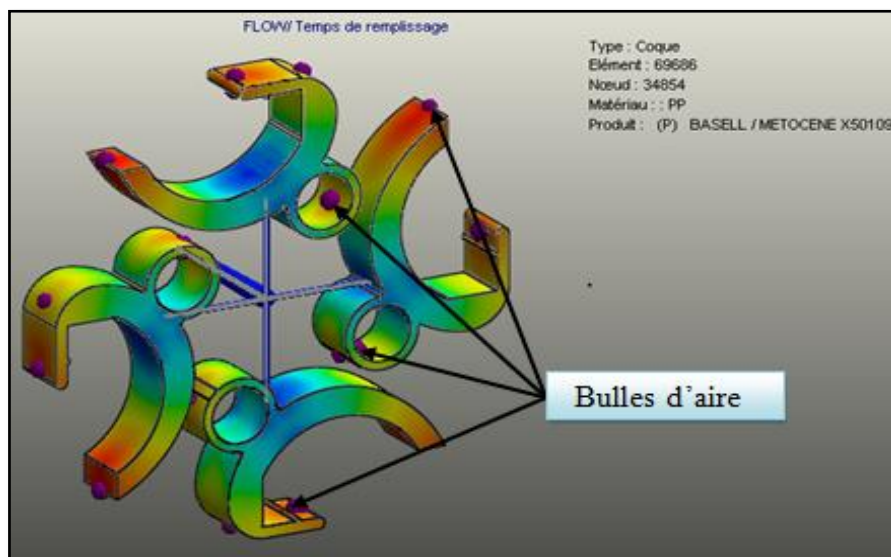
#### IV.4.7 Formation des lignes de soudures



**Figure IV.28:** Formation des lignes de soudure.

La formation des soudures est parmi les principaux problèmes d'injection plastique. En ce qui concerne notre cas, il n'y a pas beaucoup de soudures froides. En effet, quelque soudure se forme après la rencontre de la matière plastique lors de l'injection avec une légère différence de température. Et compte tenu des emplacements, on peut penser que les soudures n'ont pas d'influence sur le cisaillement de la pièce.

#### IV.4.8 Formation des bulles d'air



**Figure IV.29 :** Bulles d'air.

La formation des bulles d'air est aussi l'un de problèmes rencontré, cela à cause de l'air emprisonné dans les empreintes quand le moule est fermé.

La **figureIV.29** montre les zones de formation des bulles d'air qui se concentrent sur les angles.

#### IV.5 Calcul du temps de cycle

Pour calculer le temps du cycle, il faut connaitre les paramètres suivants :

**Ti** : le temps d'injection (de remplissage) ;

**Tm** : le temps de maintien et refroidissement ;

**Te** : le temps d'éjection c'est-à-dire que c'est le temps d'ouverture et de fermeture du moule.

Où :

$$\mathbf{T_c = T_i + T_m + T_e}$$

On obtient les résultats suivants :

$$\mathbf{T_i = 7.01sec, T_m = 70 sec, T_e = 5 sec}$$

D'où

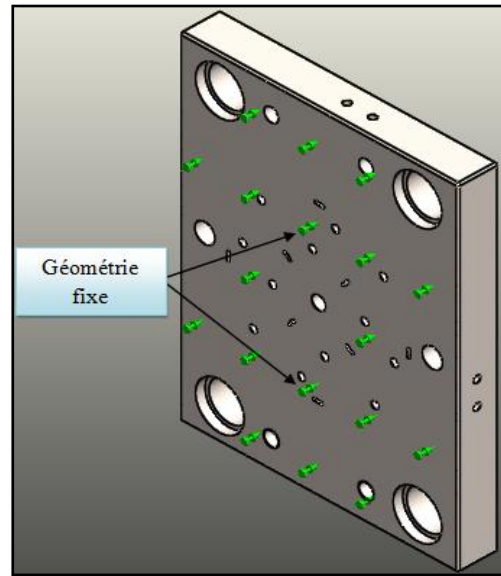
$$\mathbf{T_c = 82.01 sec. (Sans circuit de refroidissement)}$$

#### IV.6 Simulation des efforts sur l'empreinte.

##### IV.6.1 Résistance à l'effort de fermeture du moule.

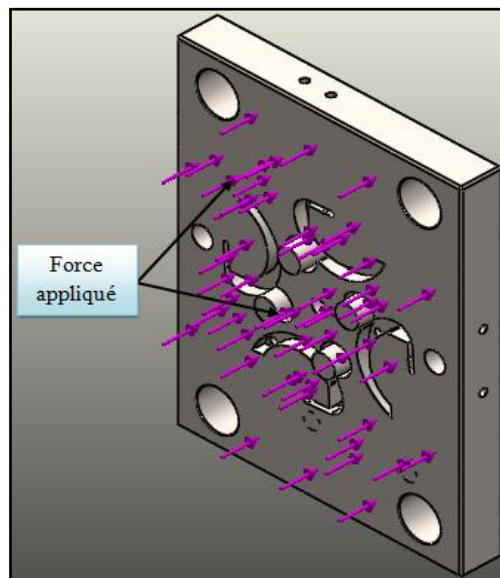
Nous allons simuler sous SolidWorks Simulation d'un effort de compression de 0.08T (800 N) uniformément réparti que l'empreinte doit subir au plan de joint (effort de fermeture du moule), on va faire vérification auprès des circuits de Refroidissements s'ils vont se déformer.

➤ Description



**Figure IV.30 :** Fixation de la plaque

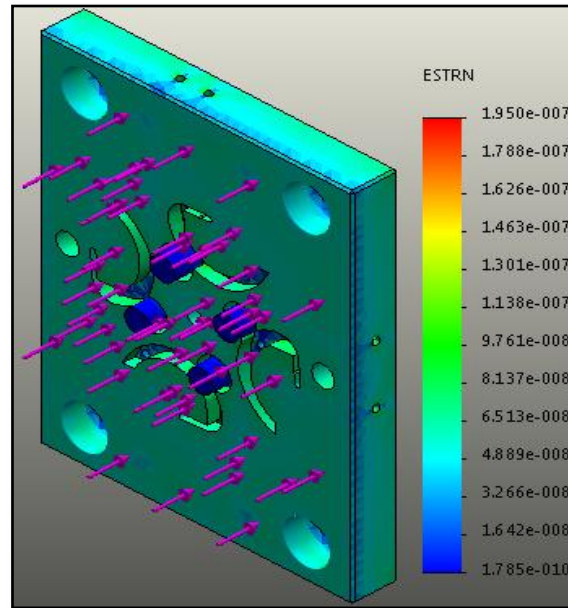
La **figure IV.30** nous montre la fixation de la plaque telle placée sur le moule.



**Figure IV.31 :** Application de la force sur la plaque telle appliquée par la presse lors de la fermeture de moule.

Sur face qui sera plaqué avec l’empreinte fixe on applique une force normale 800N avec une distribution uniforme sur la face de l’empreinte mobile (**Figure IV.31**).

➤ **Résultats de l'étude 1**



**Figure IV.32:** Etude de déformation de l'empreinte mobile.

- **Commentaire :** nous voyons bien que la déformation maximal est d'environ  $1.95 \cdot 10^{-7}$ , donc très insignifiante, alors nous pouvons annoncer que l'empreinte avec cette épaisseur de 30 mm résistera bien à l'effort de fermeture du moule.

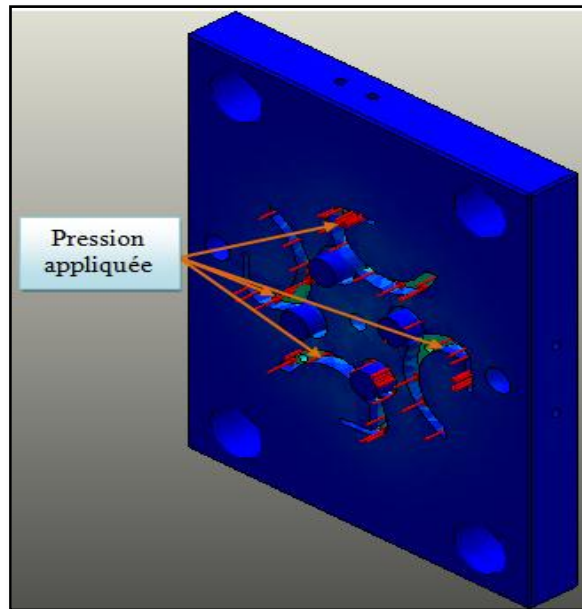
#### IV.6.2 Résistance de la pression d'injection

➤ **Les déplacements imposés**

Pour les déplacements imposés on a gardé la même opération pour la première étude qui concerne la résistance à l'effort de fermeture du moule.

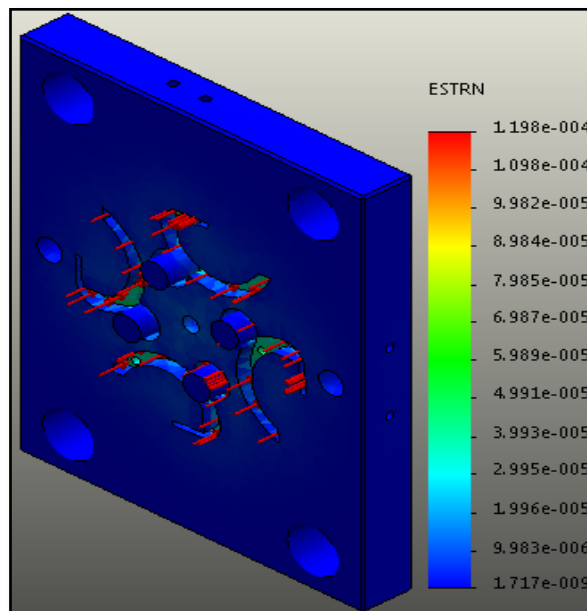
✓ **Les chargements**

On a utilisé une pression d'injection requise de l'ordre de  $15 \text{ N/mm}^2$  (Mpa), applique sur l'empreinte mobile comme nous la montre la **figure IV.33** ci-dessus.



**Figure IV.33** : Empreinte mobile application de pression d'injection de  $15\text{N/mm}^2$

➤ **Résultat de l'étude 2**



**Figure IV.34** :Etude de déformation deL'empreinte mobile.

**Commentaire** :une pression de  $15.07\text{ N/mm}^2$  (Mpa) ne déformera ni les creux pour former les supports triangle ni les conduites pour les circuits de refroidissement et la déformation maximum sera de l'ordre de  $1.19 \cdot 10^{-4}$  (**Figure VI.34**).



### IV.7 Traitement de surface proposé pour les empreintes.

Pour les deux empreintes nous avons prévu un traitement de surface qui consiste en unchromage dur (traitement électrolytique) qu'il s'agit de la technique par voie humide la plus courante pour la protection de pièces mécaniques. Le procédé se déroule de la façon suivante :

Le substrat sur lequel est appliqué le dépôt sert de cathode dans un système électrolytique. Il est immergé dans un électrolyte qui est une solution contenant des cations métalliques. La polarisation au niveau de l'anode et de la cathode va faire migrer les cations vers la cathode. Les électrons fournis par la cathode les neutralisent à la surface du substrat, provoquant un dépôt de métal (chrome dans ce cas) en surface. La durée de l'électrolyse permet de faire varier l'épaisseur du revêtement de quelques microns à plusieurs centaines de microns. Ce procédé apporte une grande dureté au dépôt chrome (900 à 1000 Vickers), d'où son nom de chrome dur.

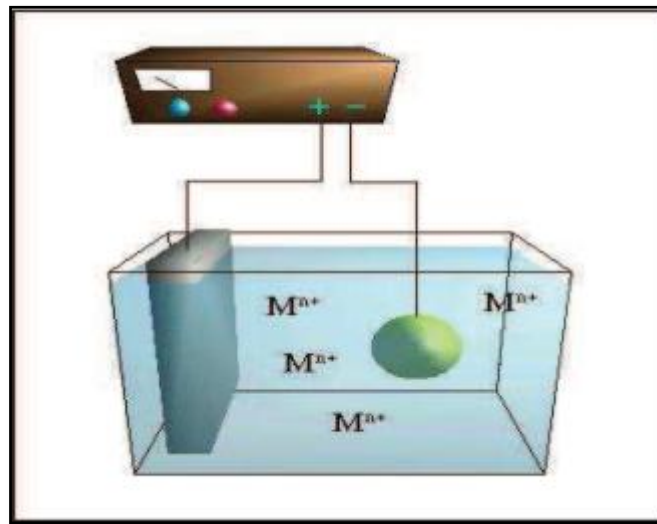
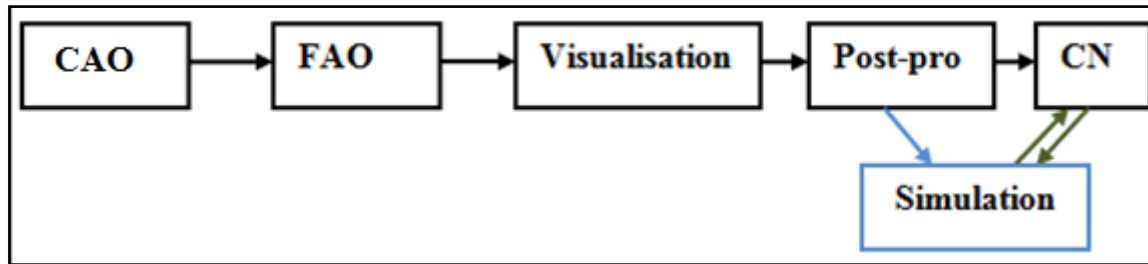


Figure IV.35 : Procédés de chromage dur.

### IV.8 Etapes de fabrication assistée par ordinateur des empreintes.

#### IV.8.1 Fabrication assistée par ordinateur (FAO).

Le but de la Fabrication Assistée par Ordinateur (FAO) est d'aider le régleur à usiner des pièces complexes en écrivant le fichier contenant le programme de pilotage de la CN. Ainsi les mouvements que doit exécuter la machine-outil pour réaliser la pièce demandée sont décrits précisément [25].



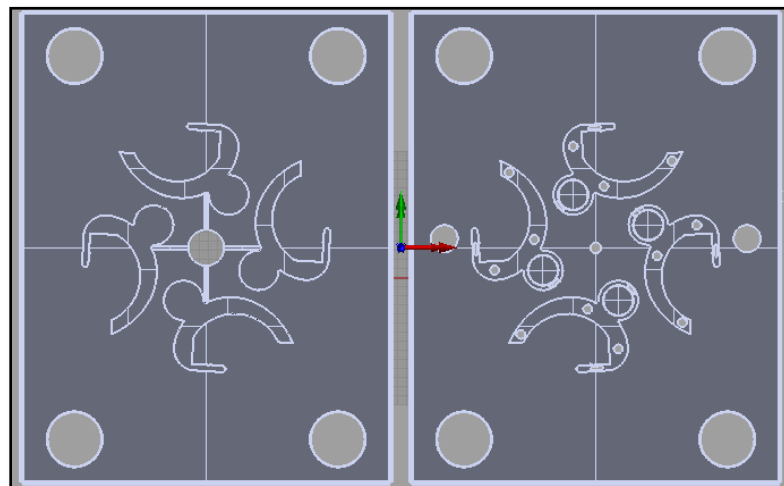
**FigureIV.36** : De la modélisation 3D à la machine-outil [25].

L'utilisation d'une FAO et d'un logiciel de simulation est régie par des étapes clairement définies [25] :

- Modélisation 3D de la pièce à réaliser ;
- Lecture de la modélisation 3D et définition du brut ;
- Définition des outils;
- Stratégie d'usinage ;
- Sélection des broches et des synchronisations entre opérations ;
- Sélection du Post-Processeur ;
- Simulation ;
- Transmission du fichier ISO vers la MOCN.

#### IV.8.2 Importer le model CAO des empreintes.

Après avoir terminé la conception des empreintes et leurs validations. L'étape de la fabrication assistée par ordinateur (FAO) et d'importer le modèle vers un logiciel de FAO nommé RHINOCEROS version (4.0) sous format IGES qui permettra au logiciel de lire toutes les données de la pièce.



**Figure IV.37** : Modèle sur RHINOCEROS.

### IV.8.3 Calcul et définition de brut

Pour les dimensions du brut le logiciel nous permet de les calculés automatiquement, voici les dimensions pour chacune empreinte 262\*206\*30 mm.

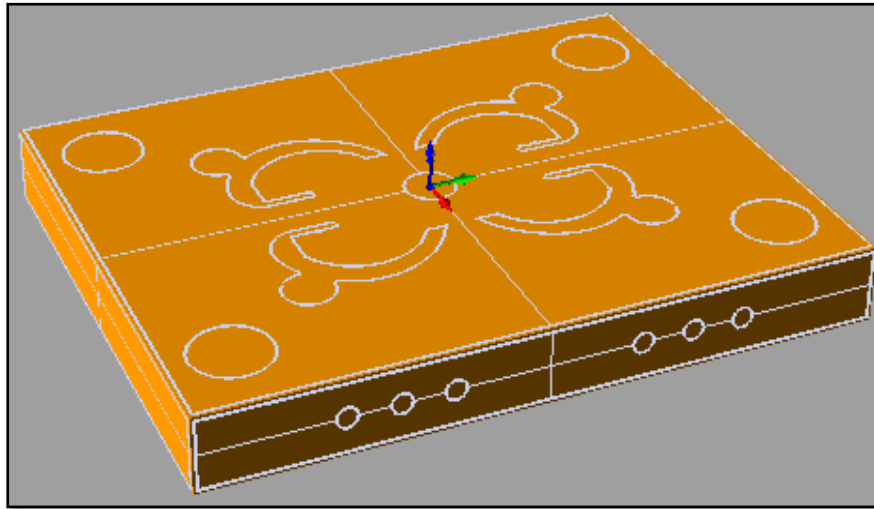


Figure IV.38 : Brut à usiner.

### IV.8.4 Trajectoire d'outil

Pour procéder à l'usinage, le logiciel nous permet de simuler et de nous donner la trajectoire de l'outil pendant l'usinage, bien avant il faut régler les paramètres de coupe ( $V_c, f, a_p$ ) pour obtenir un bon état de surface.

Par conséquent l'outil qui va nous permettre de réaliser les géométries des empreintes on a opté pour un outil en carbure métallique avec deux dents 2\*4\*50 mm.

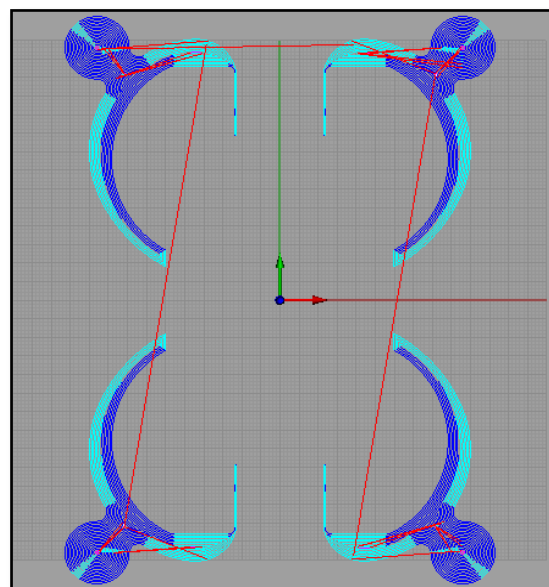
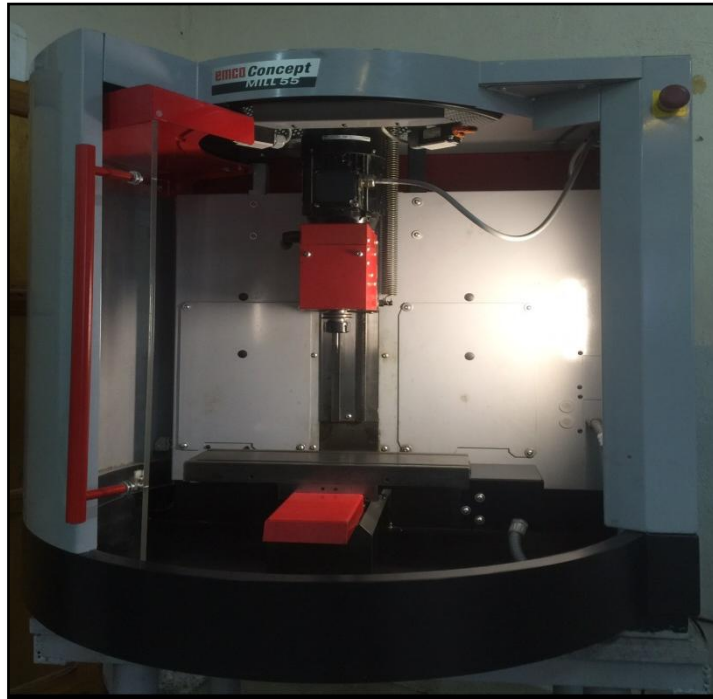


Figure IV.39 : Outil. Figure IV.40 : Trajectoire d'outil

### IV.8.5 Fraiseuse 3 axe

À la fin de la simulation obtenu dans le logiciel et après avoir vérifié la trajectoire de l'outil si elle est bonne sans présenté aucun erreurs, on doit génère le programme (G-code) sous forme fichier texte d'extension (.nc) qui va permettre à la machine d'interprété le G-code génère en trajectoire d'outil.

La machine sur la quelle on va travailler est une fraiseuse 3 axe **emco** Concept MILL 55.



**Figure IV.41** : Fraiseuse 3 axe (**emco** Concept MILL 55)

### Conclusion

A travers ce chapitre, nous avons bien vu que la conception d'un moule pour l'injection plastique est un travail minutieux qui doit tenir compte de nombreux paramètres comme le matériau à injecter, la pression d'injection, le volume de la moulée, la presse, les dimensions et épaisseur de la pièce...etc.

# *Conclusion Générale*

La plupart des pièces en thermoplastique sont fabriquées par le procédé d'injection plastique. Il est par conséquent essentiel pour l'ingénieur de connaître cette technique de moulage, de comprendre ses possibilités et ses limitations. Dans l'industrie, les fabricants des moules et les transformateurs de matières plastiques manquent de communication dû probablement au manque de diffusion des nouvelles technologies de conception dans notre secteur industriel.

Au cours du stage effectué à l'entreprise ALMOULES à Sétif, nous avons bénéficié de l'expérience du personnel dans ce domaine pour développer notre modèle. En effet, on a pu à travers ce travail proposer un moule qui répond aux nombreuses exigences de l'injection plastique.

L'objectif principal de ce travail est une contribution à l'étude théorique des éléments constitutifs d'un moule à injection plastique. Une empreinte de forme complexe pour le procédé de l'injection plastique. Le choix a été porté sur un support tringle à rideau spécialement conçu pour les fenêtres en PVC, il sera moulé avec le polymère nommé le Polypropylène Homopolymère.

Les résultats des simulations effectuées sur les empreintes sont très concluantes et montrent des déformations de l'ordre de  $1.95 \cdot 10^{-7}$  dans l'étude menée sur la résistance aux efforts de fermeture du moule et des déformations de l'ordre de  $1.19 \cdot 10^{-4}$  dans l'étude menée sur la résistance à la pression d'injection et d'un poids total du moule de 60 kg, le poids unitaire (poids de support tringle) sera de 17,23 g.

À travers cette initiation au domaine de la plasturgie en termes de perspectives une étude sur la conductivité thermique des empreintes du moule afin d'optimiser les performances du moule en termes de refroidissement des pièces et diminuer ainsi le temps du cycle et gagner en productivité.

**Référence bibliographique**

- [1] Support Tringle Rideaux, [www.amazon.fr](http://www.amazon.fr), consulté juin 2018.
- [2] Installer une tringle à rideaux sans perçage, [www.maison-travaux.fr](http://www.maison-travaux.fr), consulté juin 2018.
- [3] **Daniel LAUZE**, Guide de gestion d'un établissement public local d'enseignement, ESP. Editeur 2002.
- [4] D3-matières plastiques,  
[www.achats-responsables.ch/pdf/LeGuide/D/D03 Matieres\\_plastiques.pdf](http://www.achats-responsables.ch/pdf/LeGuide/D/D03_Matieres_plastiques.pdf) , consulté le 10 juin 2018.
- [5] **Stephanie SAVARD**, Les types de fenêtres et leurs différents usages. 20/11/2017.
- [6] Principaux avantages des fenêtres en PVC [www.mesdepanneurs.fr](http://www.mesdepanneurs.fr), publié par MesDépanneurs.fr le 11 Février, 2015, consulté juin 2018
- [7] **Florent HUSS**, Les thermoplastique du pétrole aux plastiques, 2013.
- [8] Matières plastiques,  
[https://www.longosa.ch/.../GUIDE\\_Matieres\\_plastiques\\_maagtechnic.pdf](https://www.longosa.ch/.../GUIDE_Matieres_plastiques_maagtechnic.pdf).
- [9] **Michel BIRON**, «Transformation des matières plastiques». Page 100 -112. Édition Dunod, Paris, 2010.
- [10] **Stefano PINELLI**, Plastification technique du moulage par injection des matières plastiques, Milan, Copiright1979.
- [11] **GASSOU Mostafa, RAHMANI Ahmed**, Etude de la qualité des pièces fabriquées en moulage par injection, Thèse master professionnel, université Kasdi Merbah Ouargla, soutenue le 26/06/2013.
- [12] **P.KRAWCZAK, G.VILLOUTREIX, JF.AGASSANT, C BINETRUY, MF LACRAMPE**. - Plastiques et composites - Avant-propos Techniques de l'Ingénieur, AM15, 2003.
- [13] Les matières plastiques, consulté mai 2018
- [14] **JARRIER, SEKKAI, CHABERT**, Les procédés de transformation de la matière, 2014.

[15] Les moules, [www.mcours.net](http://www.mcours.net), consulté juin 2018.

[16] **BENKHOUYA Ali**, Étude et conception d'un moule à injection plastique pour roue dentée (pignon), mémoire master génie mécanique, mémoire master génie mécanique, université Bejaia, promotion 2014.

[17] **Cédric LUSSEAU - Jean-Loup PRENSIER**, Conception des pièces en plastique pour éviter les défauts géométriques, université PARIS-SAKLAY, 01/01/2004.

[18] Défauts et remèdes, [fr.scribd.com](http://fr.scribd.com), consulté mai 2018.

[19] Les défauts d'injection avec photos et cause des problèmes d'injection, consulté juin 2018

[20] L'esthétique des pièces en plastique injecté, [www.protolabs.fr](http://www.protolabs.fr), consulté mai 2018.

[21] [www.futura-sciences.com/tech/definitions/informatique-cao-4453/](http://www.futura-sciences.com/tech/definitions/informatique-cao-4453/), consulté juin 2018.

[22] [http://stockage.univvalenciennes.fr/EcoPEM/BoiteK/co/II\\_1.html](http://stockage.univvalenciennes.fr/EcoPEM/BoiteK/co/II_1.html), consulté juin 2018.

[23] **Reynald DOSSOGNE, Sandor FÜZESSÉRY**, traité Plastiques et Composites, Techniques de l'Ingénieur, Doc. A 3 315 – 3, A 3 375, A 3 387.

[24] **Claude DUVAL**, technique d'ingénieur, plastiques et composites, (avril, 2004).

[25] **Roger BUSI**, FAO et Simulation en décolletage, CTDEC – février 2012.



**Annexe A : propriétés des matériaux utilisés**

➤ **Désignation du matériau :(40CrMnMoS8-6)**

**Composition en % :**

Carbone : 0,40

Molybdène : 0,20

Manganèse : 1,50

Nickel : 0,40

Chrome : 1,90

Soufre : 0,05

**Propriétés**

Nom de la propriété	Valeur	Unités
Module d'élasticité	2.1e+011	N/m <sup>2</sup>
Coefficient de Poisson	0.28	
Module de cisaillement	7.9e+010	N/m <sup>2</sup>
Masse volumique	7850	kg/m <sup>3</sup>
Limite de traction	7.85e+008	N/m <sup>2</sup>
Limite d'élasticité	6e+008	N/m <sup>2</sup>
Coefficient de dilatation thermique	1.1e-005	/Kelvin
Conductivité thermique	14	W/(m.K)
Chaleur spécifique	440	J/(kg.K)

➤ **Désignation du matériau :(C45)**

**Propriétés**

Nom de la propriété	Valeur	Unités
Module d'élasticité	2.1e+011	N/m <sup>2</sup>
Coefficient de Poisson	0.28	
Module de cisaillement	7.9e+010	N/m <sup>2</sup>
Masse volumique	7800	kg/m <sup>3</sup>
Limite de traction	4.2e+008	N/m <sup>2</sup>
Limite d'élasticité	2.75e+008	N/m <sup>2</sup>
Coefficient de dilatation thermique	1.1e-005	/Kelvin
Conductivité thermique	14	W/(m.K)
Chaleur spécifique	440	J/(kg.K)

### Suite Annexe A

➤ Désignation du matériau : (X38CrMoV5-1)

#### Composition en % :

Carbone : 0,39

Chrome : 5,10

Molybdène : 1,25

Vanadium : 0,32

Silicium : 1,05

#### Propriétés

Nom de la propriété	Valeur	Unités
Module d'élasticité	2.1e+011	N/m <sup>2</sup>
Coefficient de Poisson	0.28	
Module de cisaillement	7.9e+010	N/m <sup>2</sup>
Masse volumique	7800	kg/m <sup>3</sup>
Limite de traction	9e+008	N/m <sup>2</sup>
Limite d'élasticité	8e+008	N/m <sup>2</sup>
Coefficient de dilatation thermique	1.1e-005	/Kelvin
Conductivité thermique	14	W/(m.K)
Chaleur spécifique	440	J/(kg.K)

#### Aptitudes

Bonne ténacité. Bonne résistance a l'usure.

#### Applications

Moules pour transformation de matières plastiques.

## Suite Annexe A

### ➤ Désignation du matériau : (100Cr6)

#### Composition en % :

Carbone : 0,95 à 1,1	Soufre maxi : 0,015
Manganèse : 0,25 à 0,45	Phosphore maxi : 0,025
Silicium : 0,15 à 0,35	Chrome : 1,35 à 1,6

#### Propriétés

Nom de la propriété	Valeur	Unités
<b>Module d'élasticité</b>	2.1e+011	N/m <sup>2</sup>
<b>Coefficient de Poisson</b>	0.28	NA
<b>Module de cisaillement</b>	7.9e+010	N/m <sup>2</sup>
<b>Masse volumique</b>	7800	kg/m <sup>3</sup>
<b>Limite de traction</b>	9e+008	N/m <sup>2</sup>
<b>Limite d'élasticité</b>	8e+008	N/m <sup>2</sup>
<b>Coefficient de dilatation thermique</b>	1.1e-005	/Kelvin
<b>Conductivité thermique</b>	14	W/(m.K)
<b>Chaleur spécifique</b>	440	J/(kg.K)

#### Applications

Goupilles, poinçons, éjecteurs, colonnes de guidage, roulements, limes, forets, alésoirs..

### ➤ Désignation du matériau : (CuCo2Be)

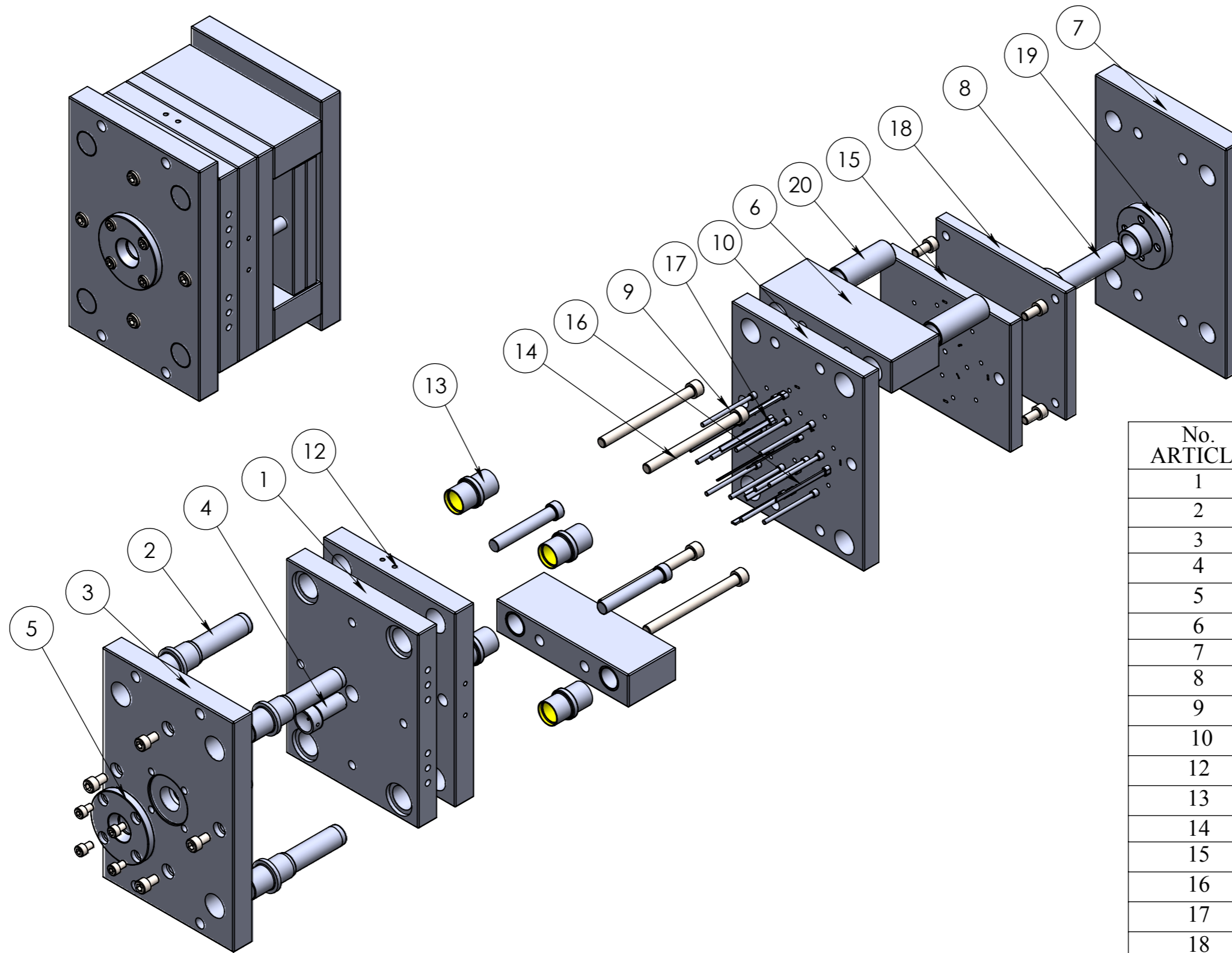
#### Composition en % :

Béryllium: 0,2 - 0,6	Aluminium: 0, 2
Cobalt + nickel: 1, 4 - 2, 2	Cuivre : reste
Silicium: 0, 2	

#### Applications

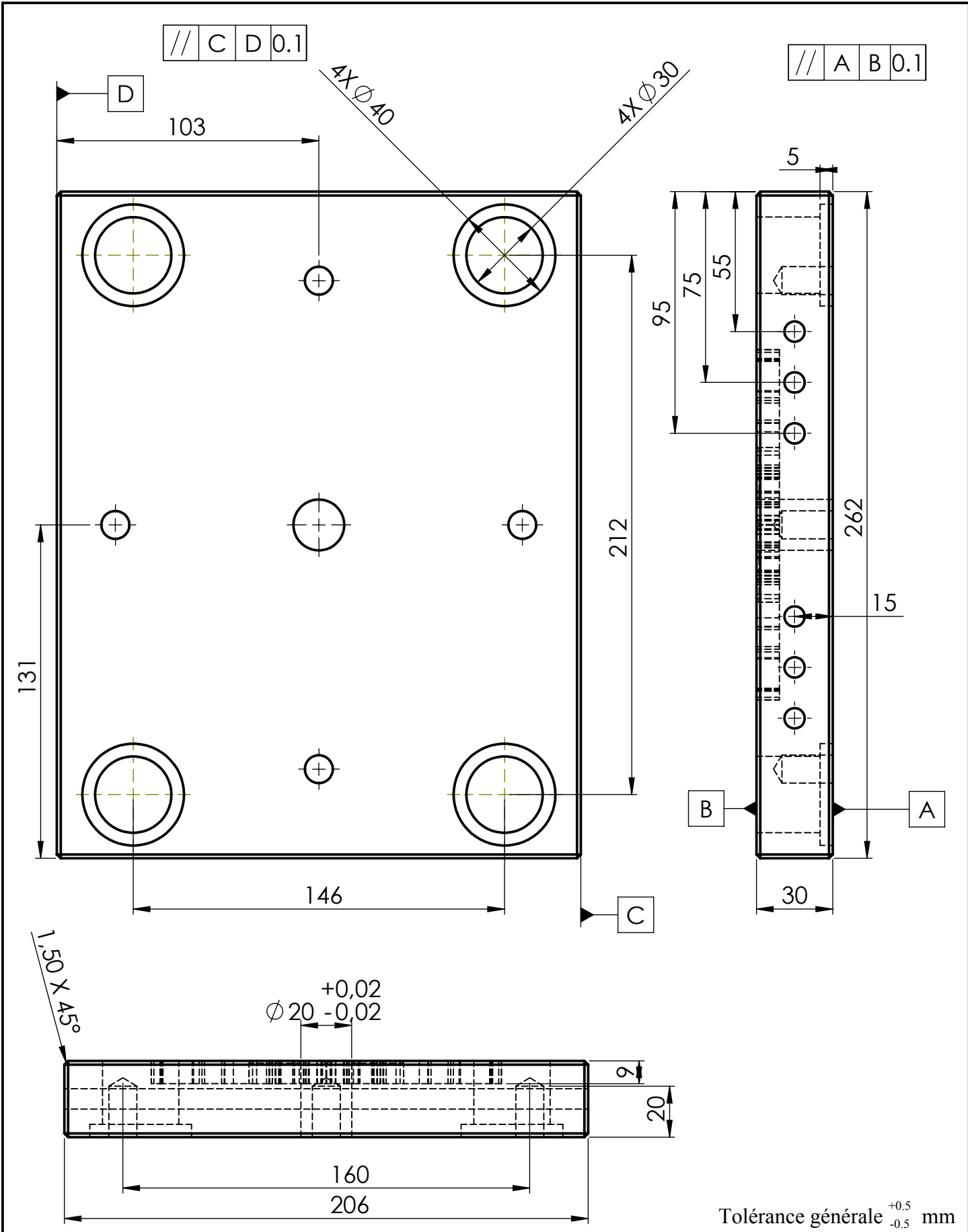
Le LAMAC HC est un alliage de cuivre au béryllium spécialement élaborée pour l'industrie des moules pour matière plastique. Il offre une excellente résistance à la corrosion.

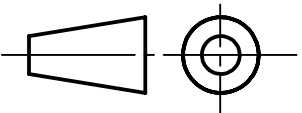
De plus, sa conductibilité thermique est 10 fois supérieure à celle de l'acier et supérieure à l'aluminium. Son utilisation est particulièrement indiquée pour les applications liées aux canaux chauds (buses) et où l'on a besoin d'évacuer des calories dans les moules.

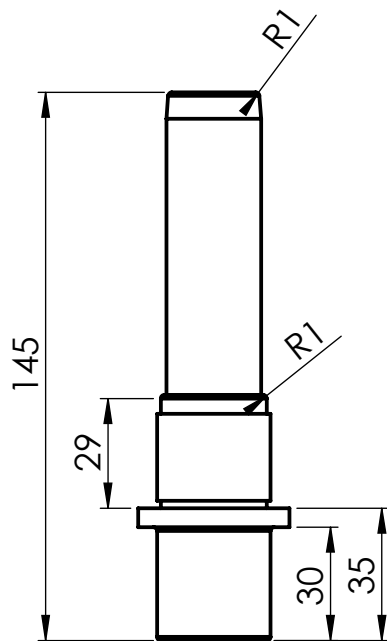
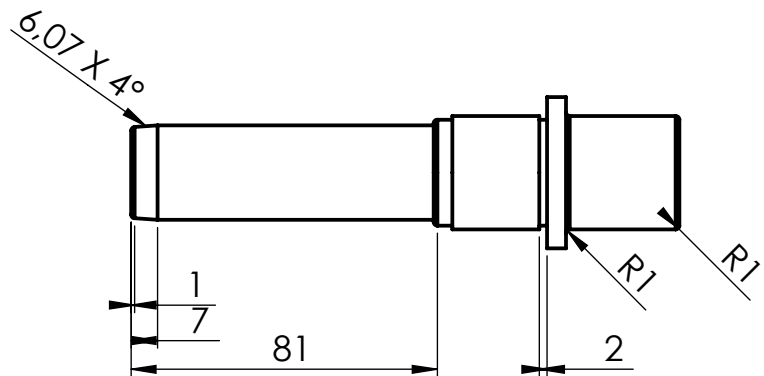
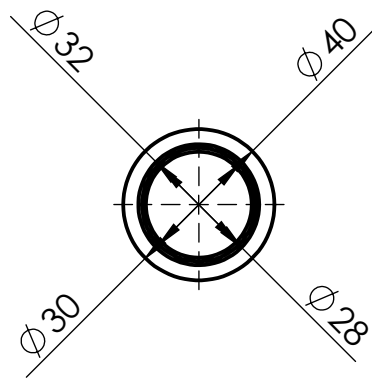


No. ARTICLE	NOM DES PIECES	QTE
1	empriente fixe	1
2	colonne de guidages	4
3	Semelle fixe	1
4	buse d'injection	1
5	la roundelle de centrage	1
6	tasseaux	2
7	Semelle mobile	1
8	colonne de blocage	1
9	ejecteur 5 mm	12
10	contre plaque mobile	1
12	empriente mobile	1
13	bague de guidage	4
14	Colonne de remise a zéro	2
15	plaque d'ejection	1
16	ejecteur a tete plate	4
17	ejecteur a tete circulaire	4
18	Contre plaque d'ejections	1
19	bague	1
20	douille de centrage	4

<b>Echelle</b>	<b>1:5</b>	<b>UNIVESITÉ A-MIRA BEJAIA</b>	<b>Le 19/06/2018</b>
		<b>Vue éclatée de moule de support triangle</b>	<b>ACHERAR . A</b> <b>ZEBBOUDJI . K</b>



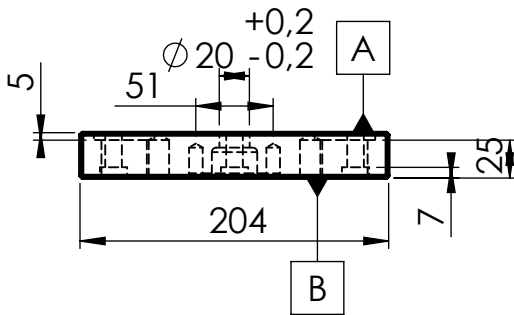
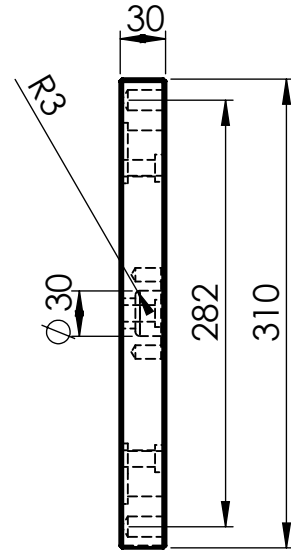
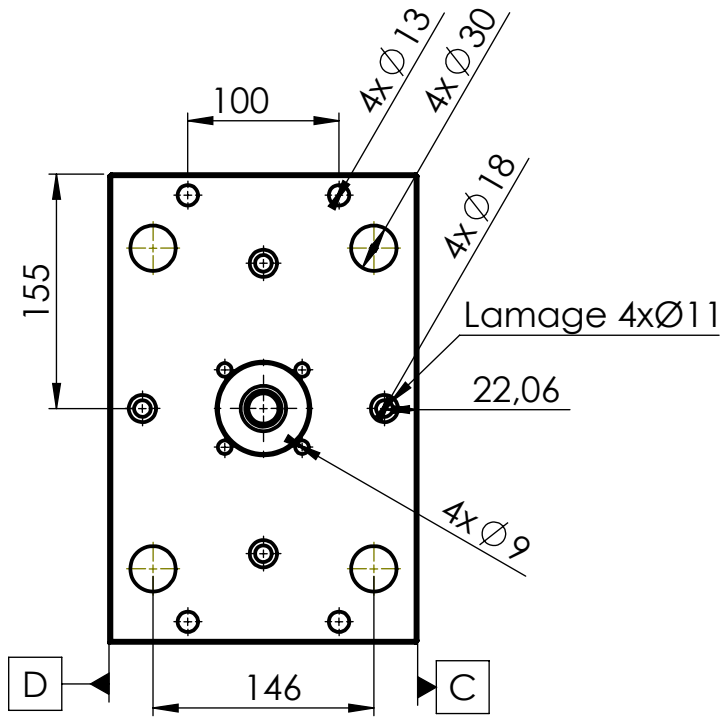
UNIVESITÉ A-MIRA BEJAIA		Le 19/06/2018	
Echelle	1:2	Empreinte fixe	X 38 CrMoV5-1
			



Tolérance générale  $^{+0.5}_{-0.5}$  mm

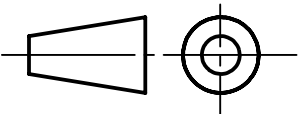
UNIVERSITÉ A-MIRA BEJAIA		Le 19/06/2018	
Echelle	1:2	Colonnes de guidage	100Cr6
			ACHERAR . A / ZEBBOUDJI . K

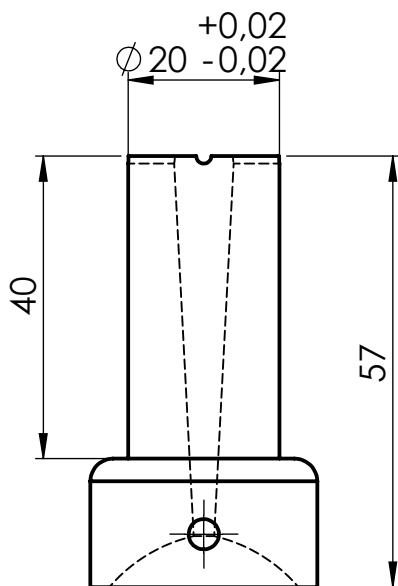
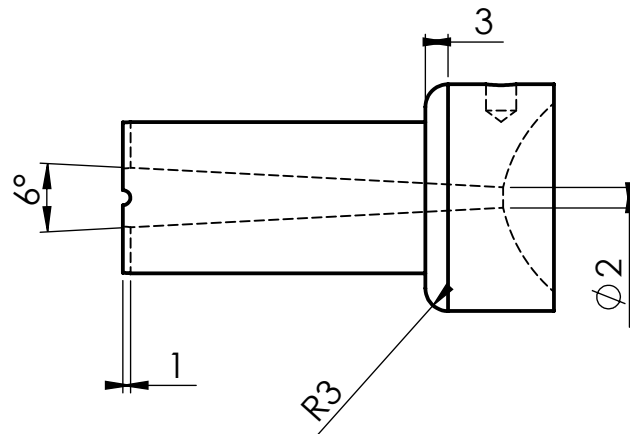
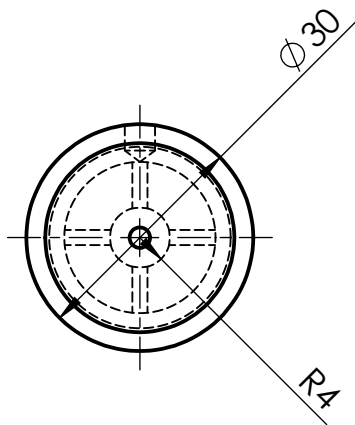
// C D 0.1



// A B 0.1

Tolérance générale  $^{+0.5}_{-0.5}$  mm

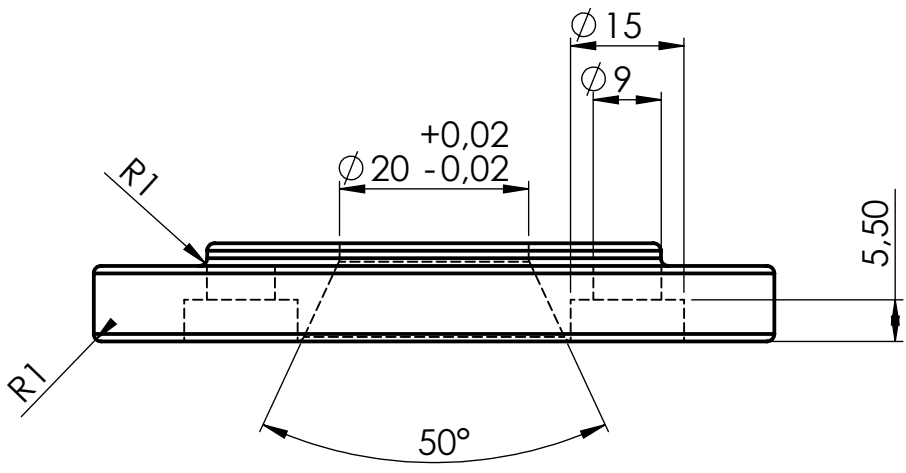
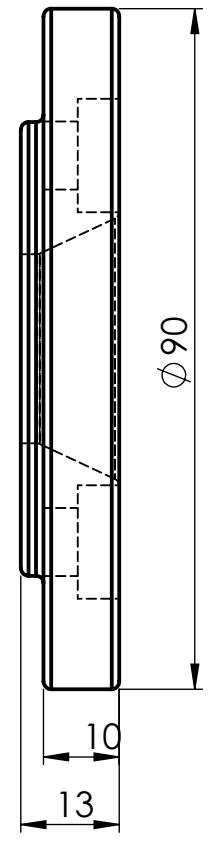
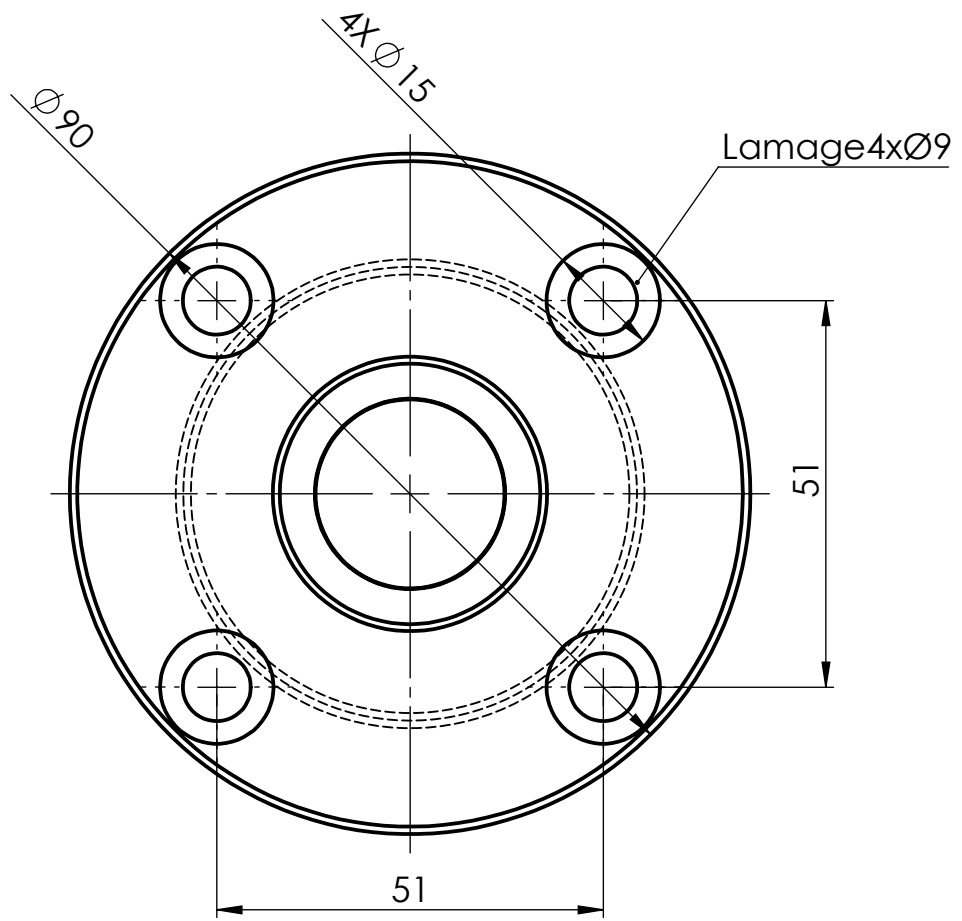
UNIVESITÉ A-MIRA BEJAIA		Le 19/06/2018
Echelle 1:5	Semelle fixe	X 38 CrMoV5-6
	ACHERAR . A / ZEBBOUDJI . K	Master 2 FMP



Tolérance générale  $\begin{matrix} +0.5 \\ -0.5 \end{matrix}$  mm

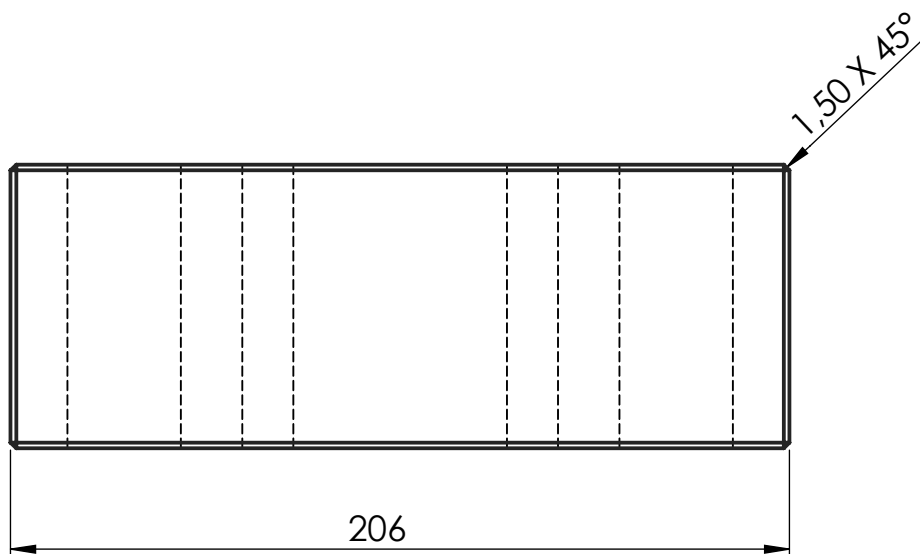
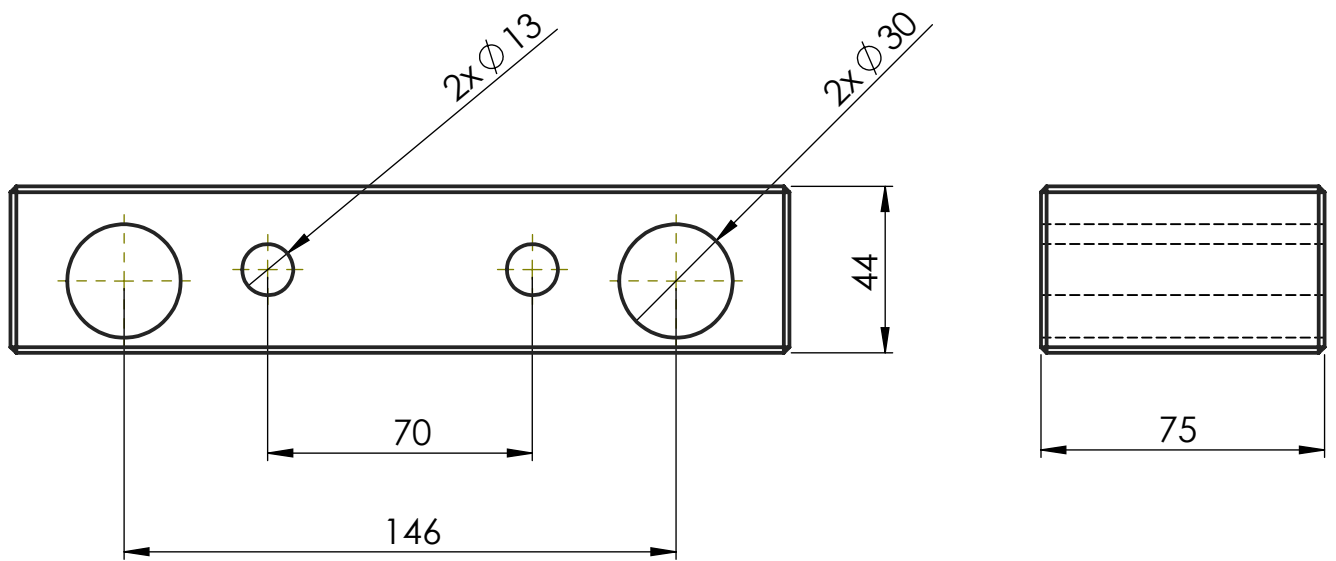
UNIVESITÉ A-MIRA BEJAIA		Le 19/06/2018	
Echelle	1:1	Buse d'injection	CuCoBe
			ACHERAR . A / ZEBBOUDJI . K





Tolérance générale  $^{+0,5}_{-0,5}$  mm

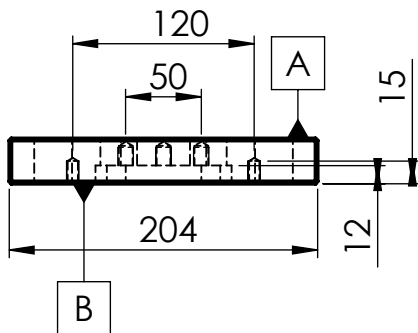
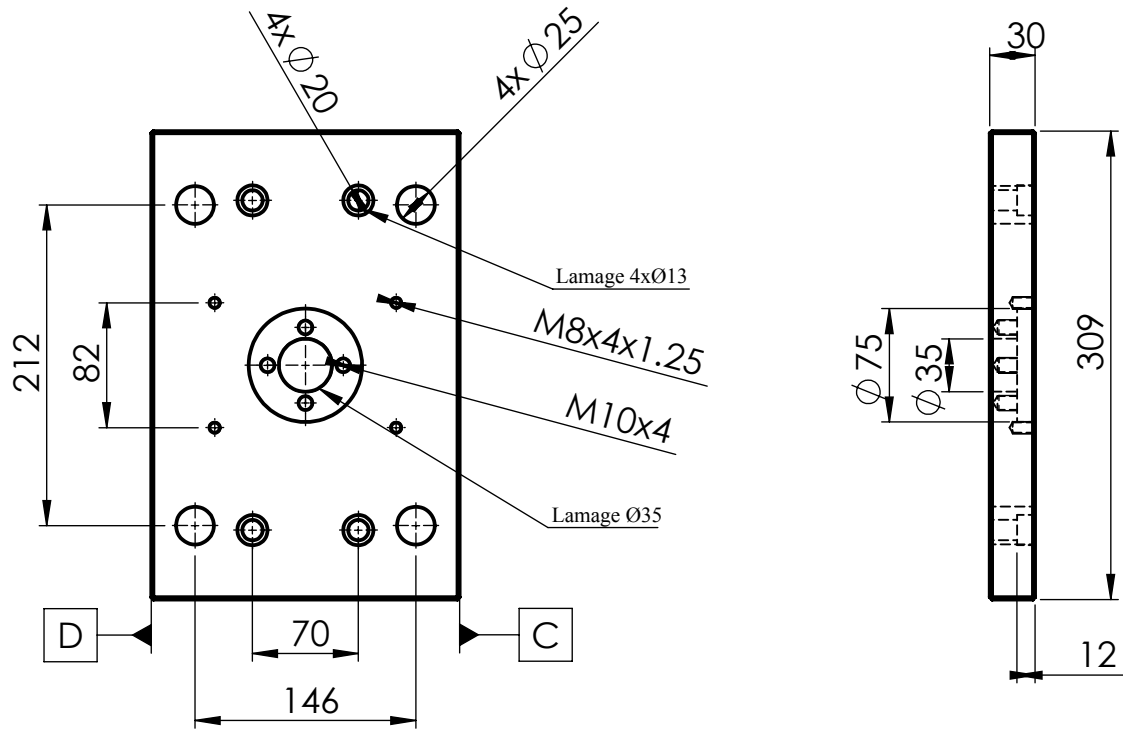
UNIVESITÉ A-MIRA BEJAIA		Le 19/06/2018	
Echelle	1:1	La rondelle de centrage	C45



Tolérance générale  $^{+0.5}_{-0.5}$  mm

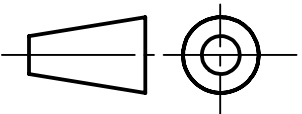
<b>UNIVESITÉ A-MIRA BEJAIA</b>		<b>Le 19/06/2018</b>
<b>Echelle</b>	<b>1:2</b>	<b>Tasseau</b>
		<b>40CrMnMoS8-6</b>
		<b>ACHERAR . A / ZEBBOUDJI . K</b>
		<b>Master 2 FMP</b>

// C D 0.1

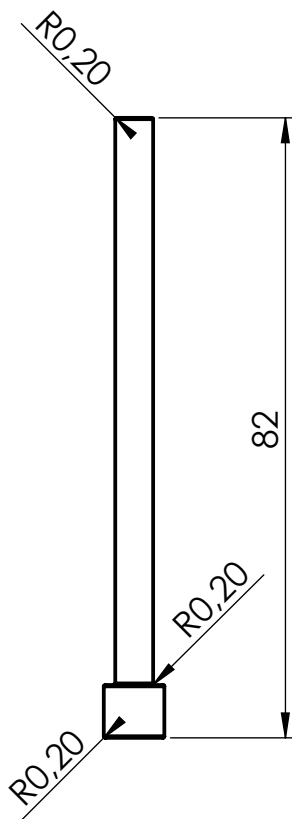
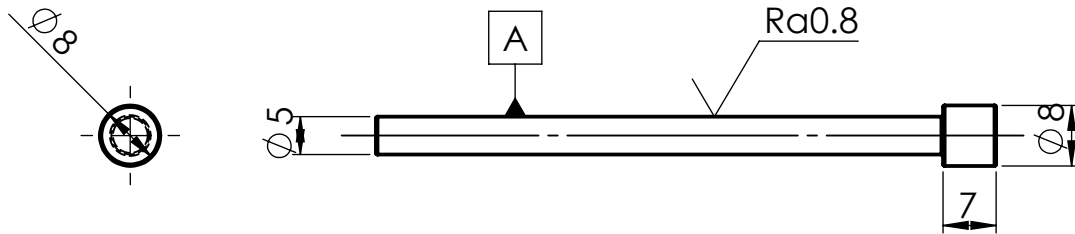


// A B 0.1

Tolérance générale  $^{+0.5}_{-0.5}$  mm

UNIVERSITÉ A-MIRA BEJAIA		Le 19/06/2018
Echelle 1:1	Semelle mobile	40CrMnMoS8-6
	ACHERAR . A / ZEBBOUDJI . K	Master 2 FMP

© A 0.02

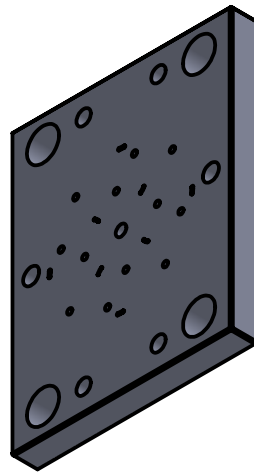
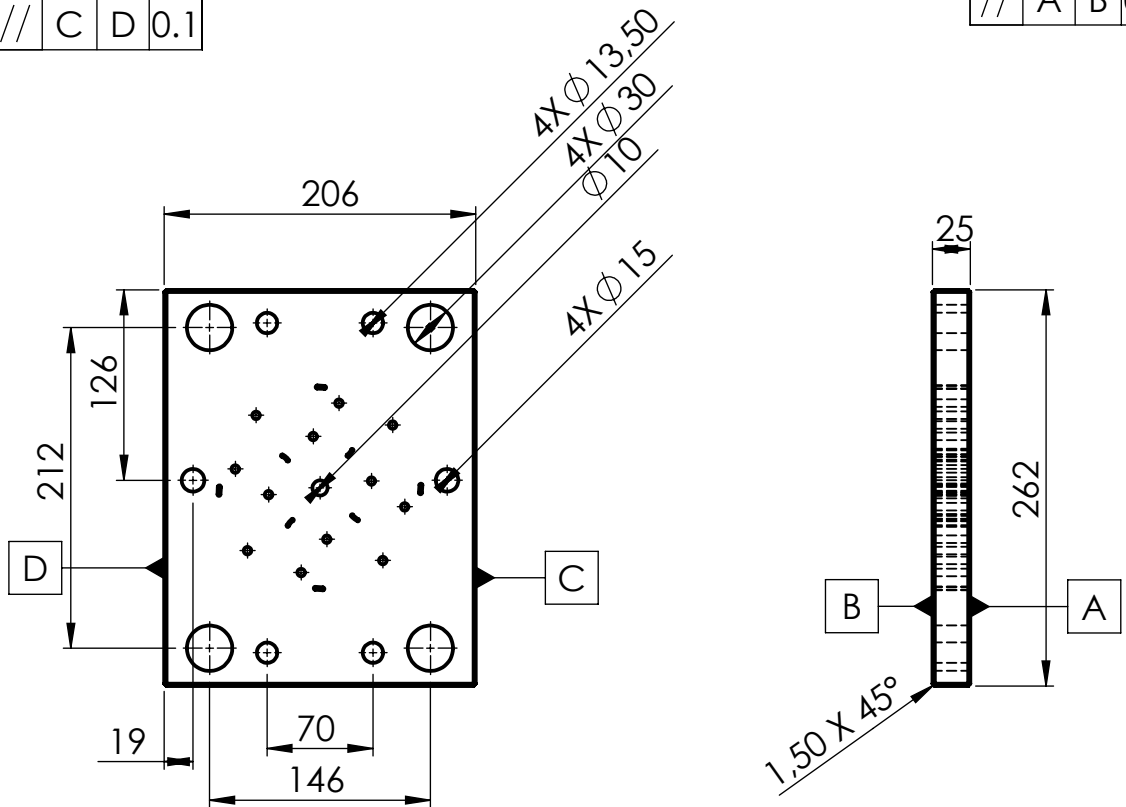


Tolérance générale  $^{+0.5}_{-0.5}$  mm

UNIVERSITÉ A-MIRA BEJAIA		Le 19/06/2018	
Echelle	1:1	Ejecteur	
		100Cr6	
		ACHERAR . A / ZEBBOUDJI . K	
		Master 2 FMP	

// C D 0.1

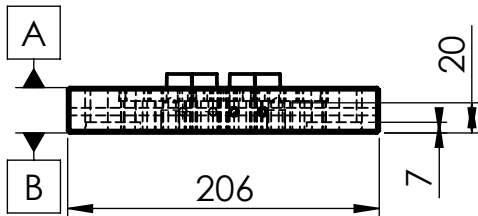
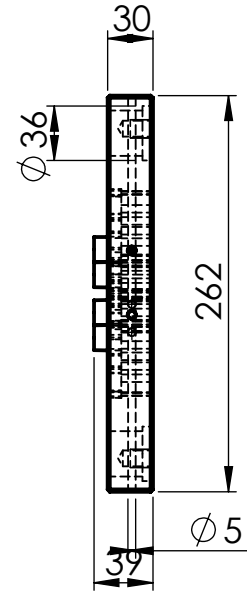
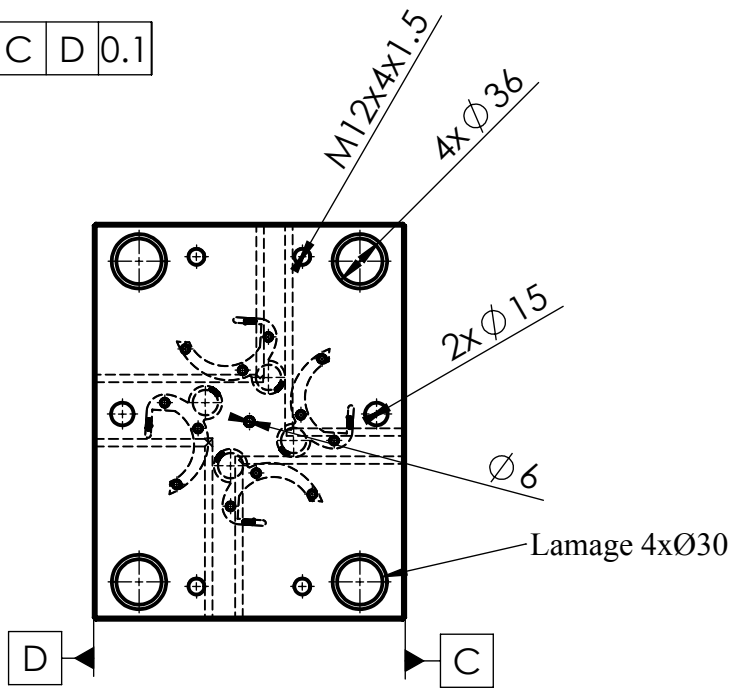
// A B 0.1



Tolérance générale  $^{+0.5}_{-0.5}$  mm

UNIVERSITÉ A-MIRA BEJAIA		Le 19/06/2018	
Echelle	1:5	Contre plaque mobile	40CrMnMoS8-6

// C D 0.1



// A B 0.1

Tolérance générale  $^{+0.5}_{-0.5}$  mm

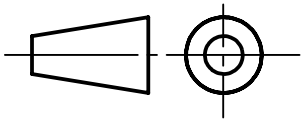
UNIVERSITÉ A-MIRA BEJAIA

Le 19/06/2018

Echelle 1:5

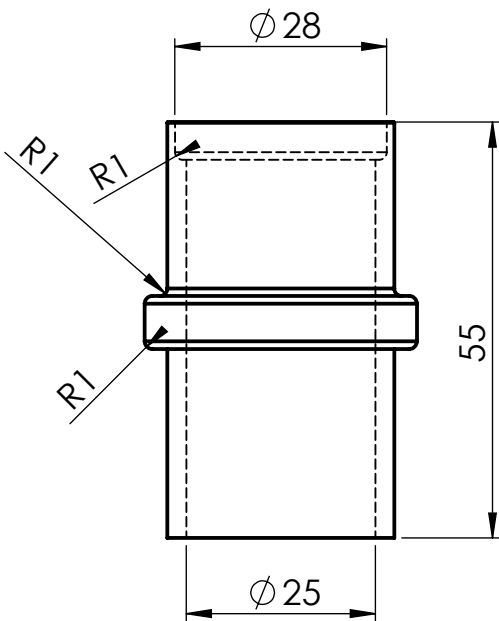
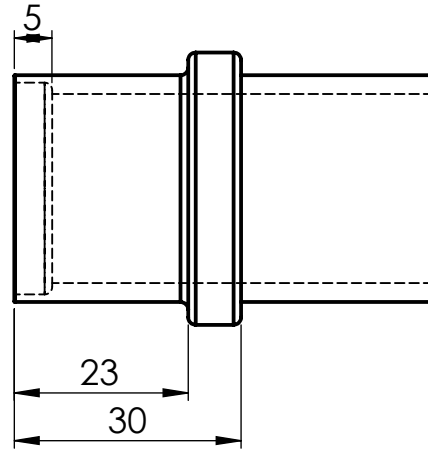
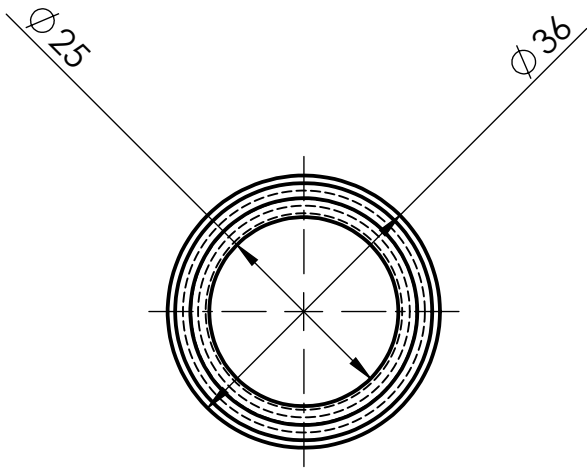
Empreinte mobile

X 38 CrMoV5-1



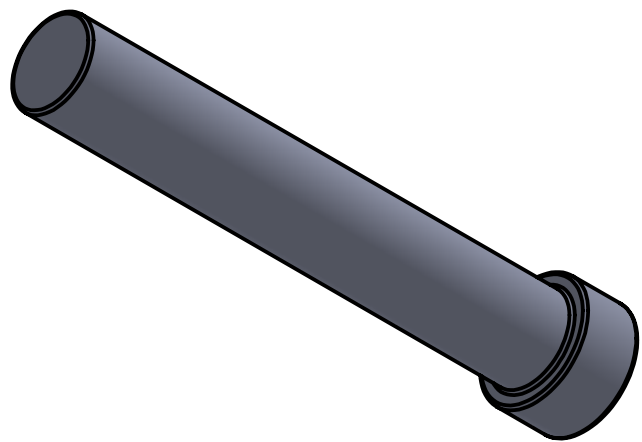
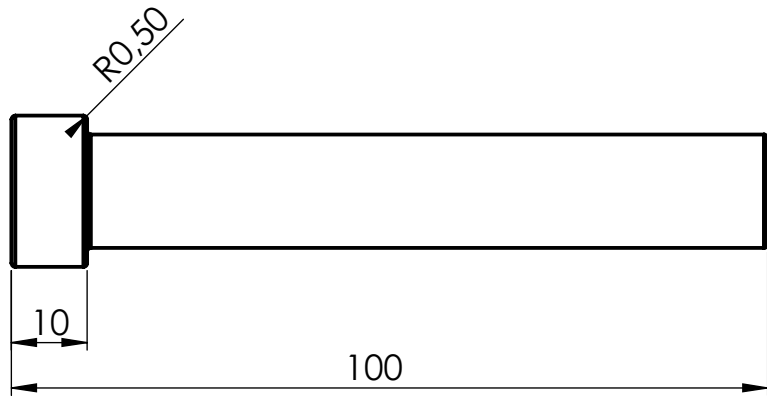
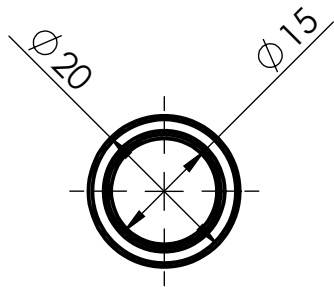
ACHERAR . A / ZEBBOUDJI . K

Master 2 FMP



Tolérance générale  $^{+0.5}_{-0.5}$  mm

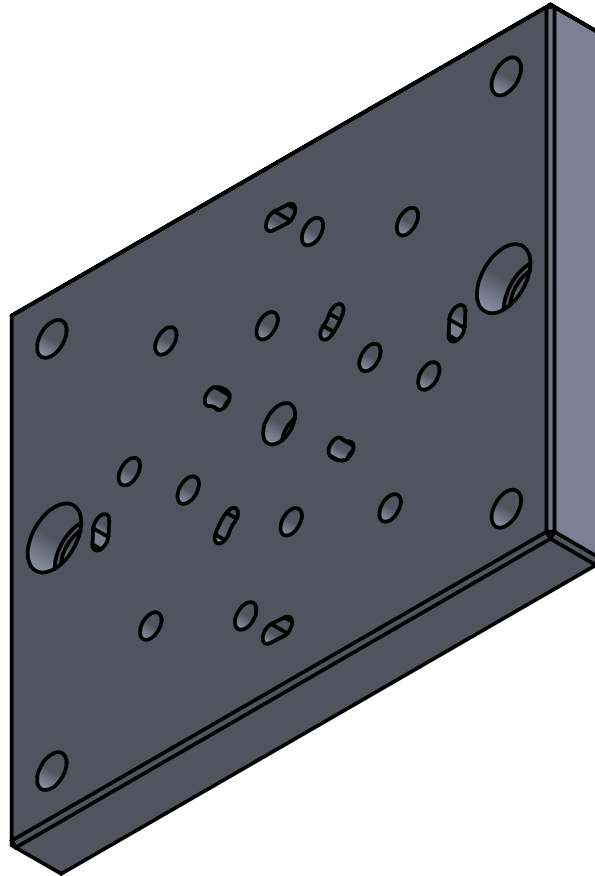
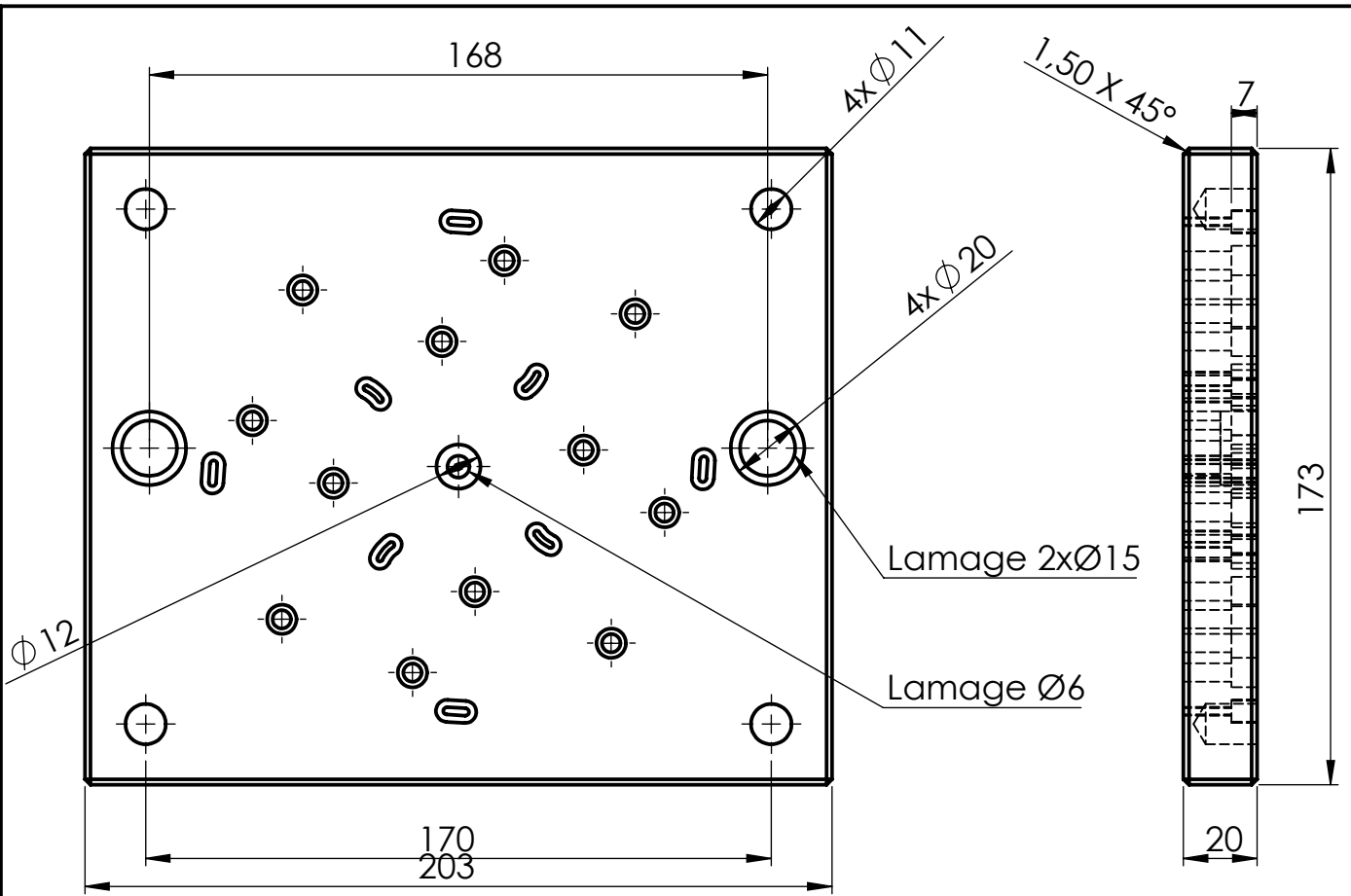
UNIVESITÉ A-MIRA BEJAIA		Le 19/06/2018	
Echelle	1:1	Bague de guidage	100Cr6
		ACHERAR . A / ZEBBOUDJI . K	Master 2 FMP



Tolérance générale  $^{+0.5}_{-0.5}$  mm

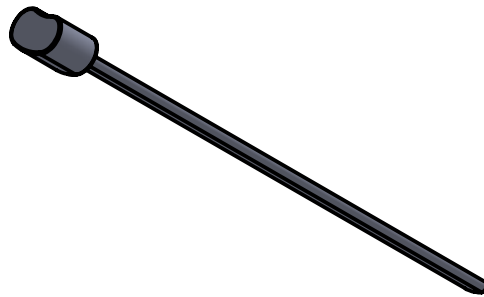
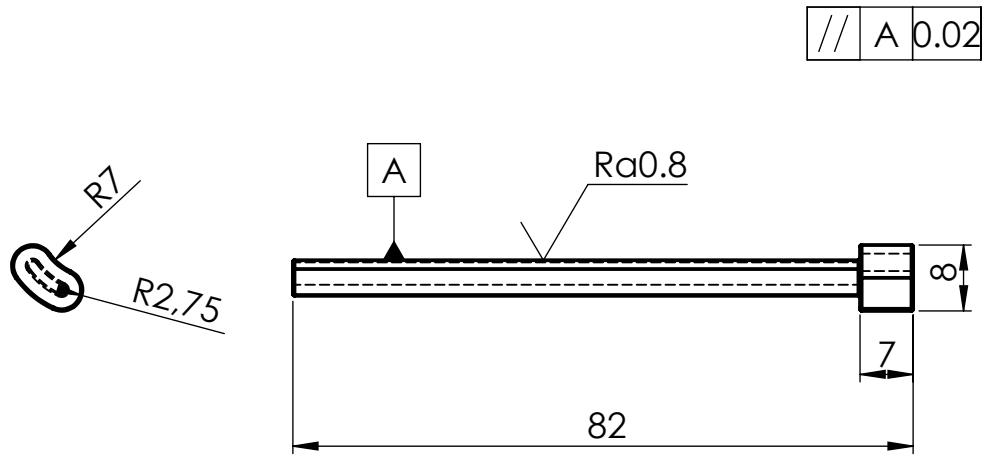
UNIVESITÉ A-MIRA BEJAIA		Le 19/06/2018	
Echelle	1:1	Colonne de remise à zéro	100Cr6
			ACHERAR . A / ZEBBOUDJI . K



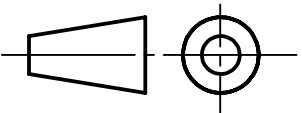


Tolérance générale  $^{+0.5}_{-0.5}$  mm

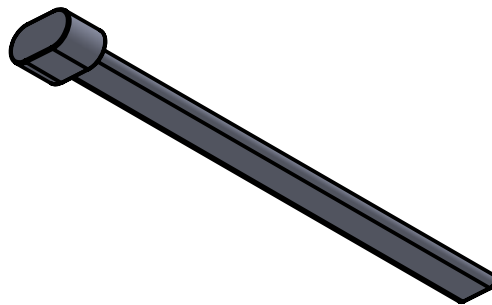
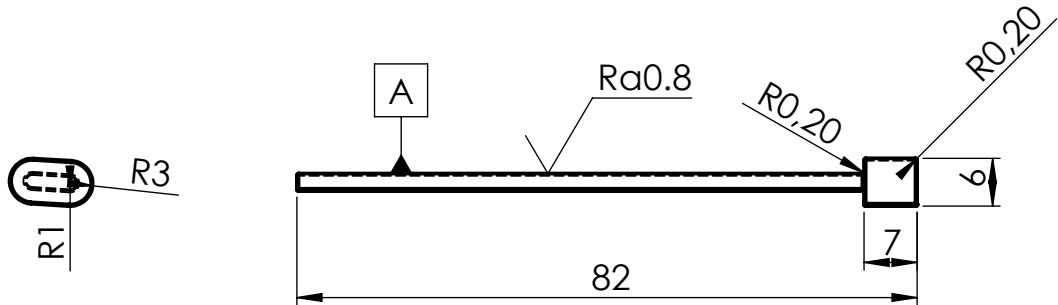
UNIVESITÉ A-MIRA BEJAIA		Le 19/06/2018	
Echelle	1:2	Plaque d'ejection	40CrMnMoS8-6
			ACHERAR . A / ZEBBOUDJI . K



Tolérance générale  $^{+0.5}_{-0.5}$  mm

UNIVESITÉ A-MIRA BEJAIA		Le 19/06/2018
Echelle 1:1	Éjecteur à tête circulaire	100Cr6
		ACHERAR . A / ZEBBOUDJI . K
		Master 2 FMP

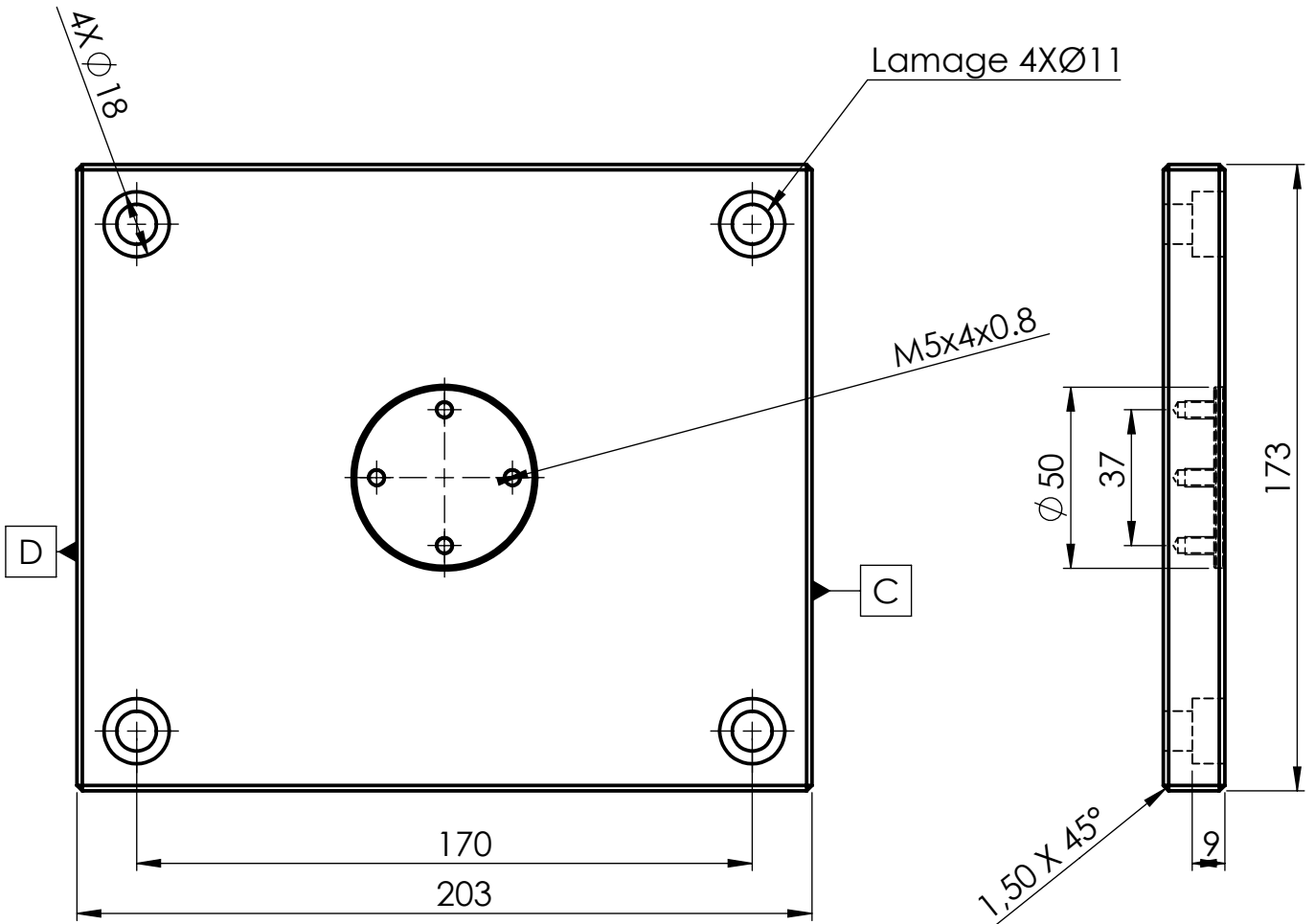
◎ A 0.02



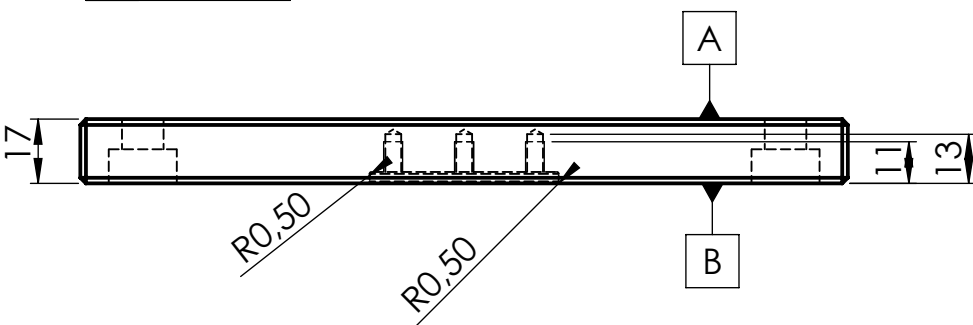
Tolérance générale  $^{+0.5}_{-0.5}$  mm

UNIVERSITÉ A-MIRA BEJAIA		Le 19/06/2018	
Echelle 1:1	Éjecteur à tête plate	100Cr6	
		ACHERAR . A / ZEBBOUDJI . K	Master 2 FMP

/// C D 0.1

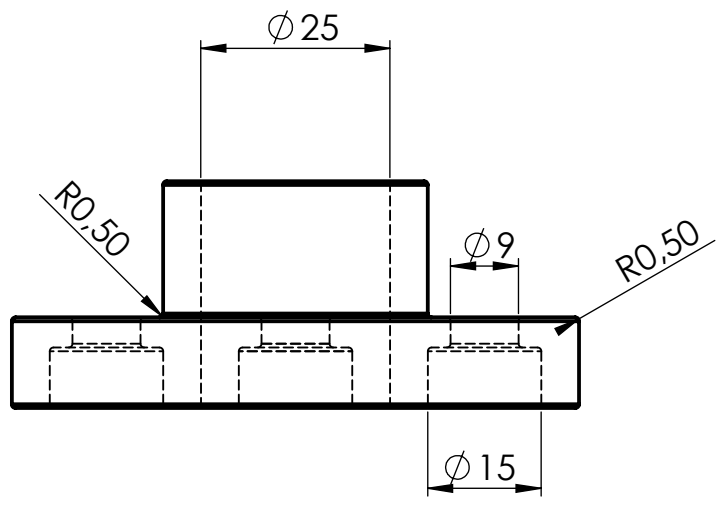
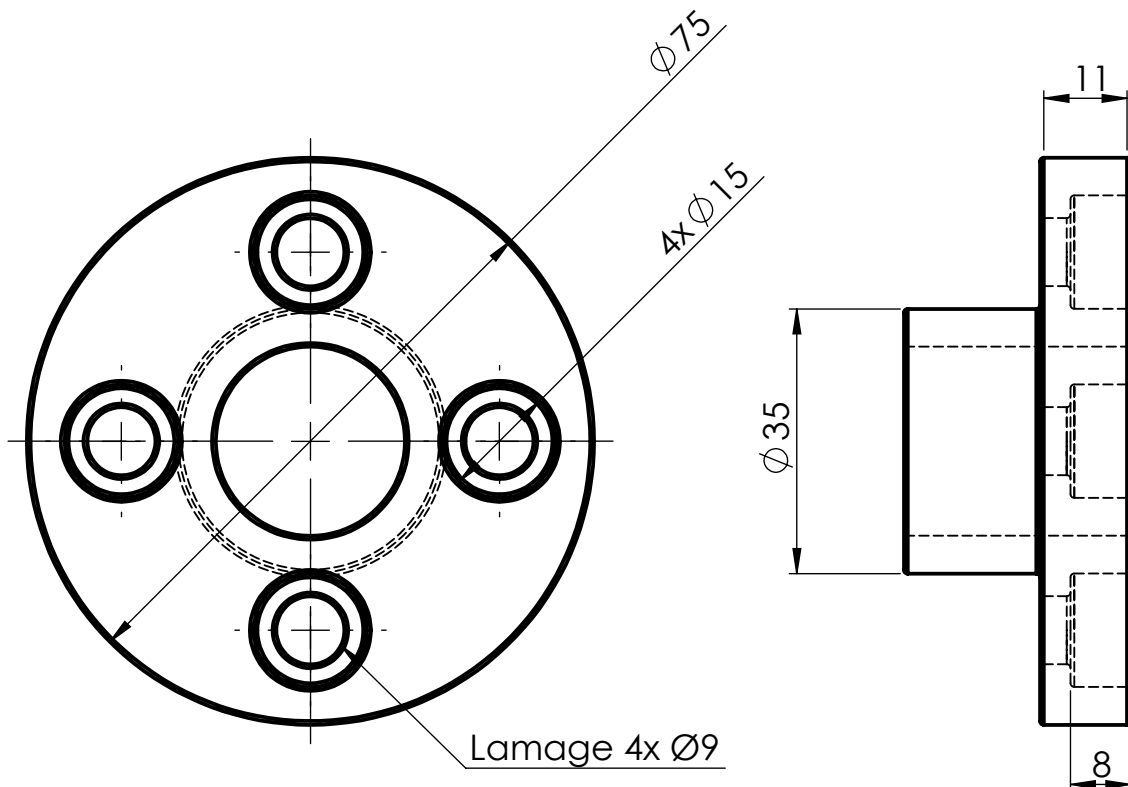


/// A B 0.1

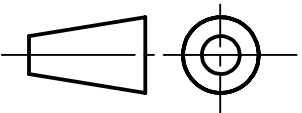


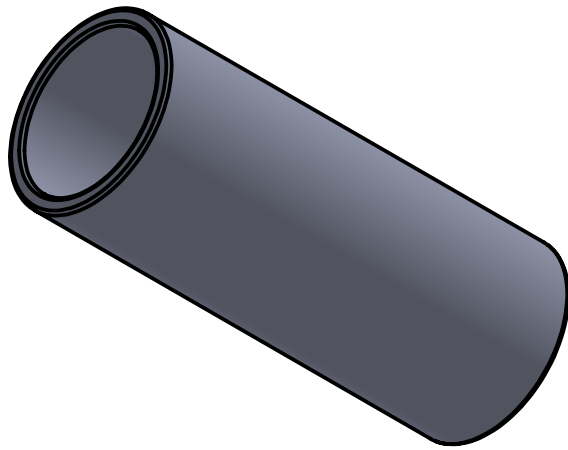
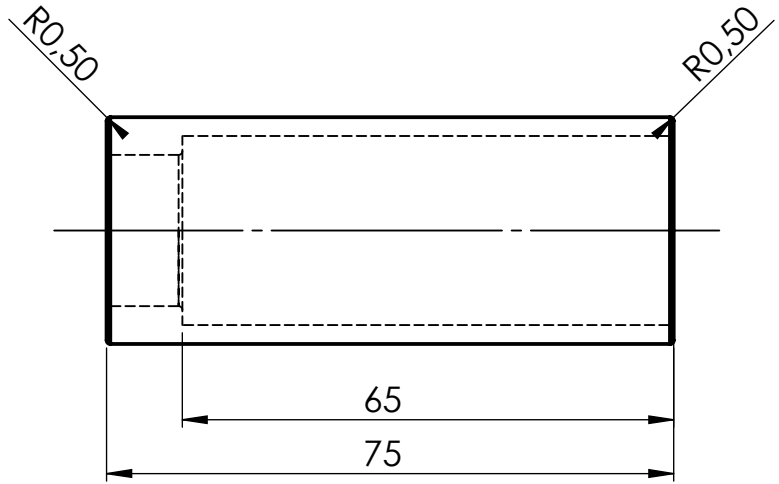
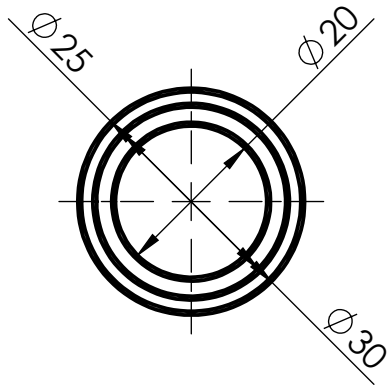
Tolérance générale  $^{+0.5}_{-0.5}$  mm

UNIVESITÉ A-MIRA BEJAIA		Le 19/06/2018
Echelle 1:2	Contre plaque d'éjection	40CrMnMoS8-6
	ACHERAR . A / ZEBBOUDJI . K	Master 2 FMP

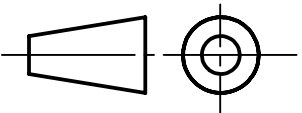


Tolérance générale  $^{+0.5}_{-0.5}$  mm

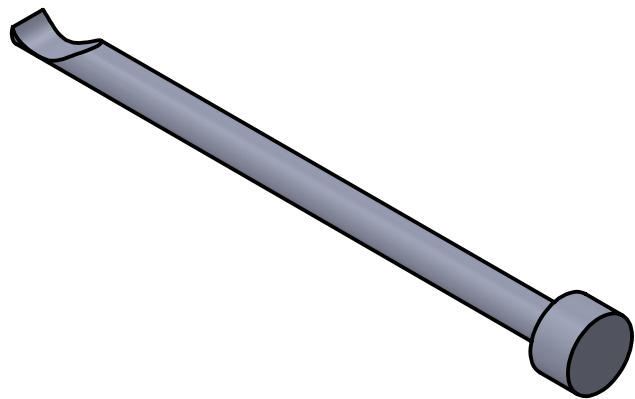
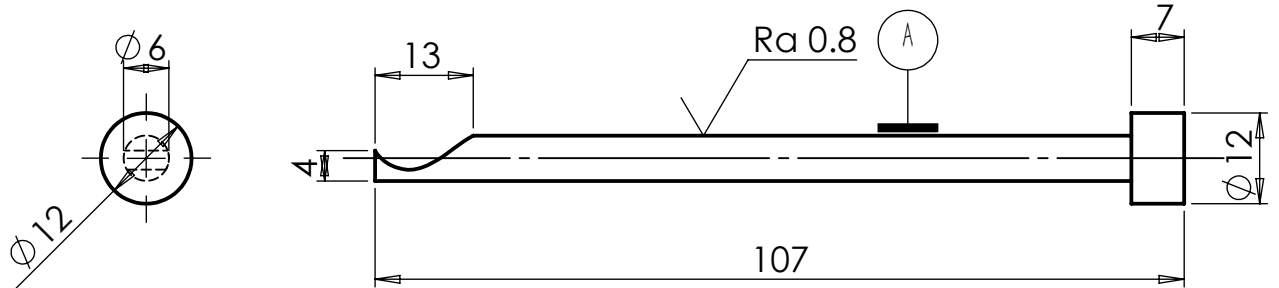
UNIVESITÉ A-MIRA BEJAIA		Le 19/06/2018	
Echelle	1:1	Bague	40CrMnMoS8-6
		ACHERAR . A / ZEBBOUDJI . K	Master 2 FMP



Tolérance générale  $^{+0.5}_{-0.5}$  mm

UNIVESITÉ A-MIRA BEJAIA		Le 19/06/2018	
Echelle	1:1	Douille de centrage	100Cr6
		ACHERAR . A / ZEBBOUDJI . K	Master 2 FMP

⊙	A	0.02
---	---	------



Tolérance générale  $^{+0.5}_{-0.5}$  mm

UNIVESITÉ A-MIRA BEJAIA		Le 19/06/2018
Echelle 1:1	Arrache carotte	100Cr6
	ACHERAR . A / ZEBBOUDJI . K	Master 2 FMP

Dans ce modeste travail nous avons étudié un moule à injection plastique pour un support tringle a rideau spécialement conçu pour les fenêtres en PVC. Notre objectif principale consiste à bien réussir notre moule avec toute les exigences des procéder de fabrication. À savoir nous avons mené et dimensionner notre modèle et le moule avec un logiciel de simulation SolidWorks. Puis nous avons réussi a fabriqué ce dernier avec une fraiseuse à commande numérique 3 axe (emco Concept MILL 55).

---

In this modest work we studied a plastic injection mold for a curtain rod holder specially designed for PVC windows. Our main is to successfully make our mold with all the requirements of the manufacturing process. Namely we have conducted and sized our model and mold with SolidWorks simulation software. Then we managed to manufacture it with a milling machine numerical control 3 axis (emco concept MILL 55).