

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES



Faculté de Technologie
Département Génie Mécanique

Mémoire de Master

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER** en :

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Construction Mécanique

Thème :

**Etude et conception d'un moule par injection plastique d'un
joint d'une poignée de porte**

Présenté par :

HARFOUCHI Loubna

MERABET Sihem

Promoteur :

Mr. MERAH Abdelkrim

Promotion 2021- 2022

Résumé :

Pour La fabrication des différentes pièces en plastique on a recours aux procédés de l'injection qui nous a permis la réalisation de formes complexes. Notre travail consiste à réaliser un moule à injection plastique d'un joint d'une poignée de porte. Les principales tâches de notre travail vont porter d'une part sur la partie théorique ou en donnera les caractéristiques essentielles des matières plastiques précisément du PP (polypropylène) qui est là le matériau utilisé pour notre pièce ; ainsi que les différents procédés de mise en œuvre à partir de ces matériaux ; et d'une autre part sur une partie pratique ou en concevra notre moule avec le logiciel SolidWorks puis on le simulera avec SolidWorks Plastics ; enfin on vérifiera sa résistance aux différentes sollicitations .

Mots clés : injection plastique ; moule ; polypropylène ; joint ; SolidWorks ; CAMWorks.

Abstract :

For the manufacture of the various plastic parts, we use injection processes, which has allowed us to achieve complex shapes. Our job is to make a plastic injection mold of a door handle seal. The main tasks of our work will focus on one hand on the theoretical part where we will give the essential characteristics of plastic materials, precisely PP (polypropylene) which is the material used for our part; as well as the different implementation processes from these materials, and on the other hand on a practical part where we will design our mold with the SolidWorks software and then we will simulate it with SolidWorks Plastics; finally we will test its resistance to the various stresses will be checked.

Keywords: plastic injection; mold; polypropylene; joint; SolidWorks; CAMWorks.

ملخص:

لتصنيع الأجزاء البلاستيكية المختلفة، نستخدم عمليات الحقن التي أتاحت لنا تحقيق أشكال معقدة. ستركز المهام الرئيسية لعملنا من ناحية على الجزء النظري أو ستعطي الخصائص الأساسية للمواد البلاستيكية، وعلى وجه التحديد PP (البولي بروبيلين) وهي المادة المستخدمة من جانبنا؛ وكذلك عمليات التنفيذ المختلفة من هذه المواد؛ ومن الناحية العملية سنقوم بتصميم القالب الخاص بنا باستخدام برنامج SolidWorks ثم نقوم بمحاكاته باستخدام SolidWorks Plastics؛ وأخيرًا، سيتم التحقق من مقاومته لمختلف الضغوط.

الكلمات المفتاحية: حقن بلاستيك؛ قالب؛ بولي بروبيلين؛ حلقة؛ SolidWorks ; CAMWorks

Remerciements

Nous remercions tout d'abord le bon Dieu qui nous a donné la foi et le courage pour accomplir ce projet.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements et notre gratitude à notre promoteur Mr MERAH pour ses conseils, ses orientations ainsi que sa disponibilité tout au long de notre travail.

Nous remercions l'ensemble du personnel de l'entreprise SOFICLÉF pour leur accueil et leur disponibilité, spécialement à nos encadreurs Mr BENIDIR Smail et à RAMOUL Ilyes de nous avoir accompagnés durant ces trois dernières années de stage surtout avec la préparation de notre mémoire.

Nos remerciements vont également aux membres de jury qui nous font l'honneur d'examiner notre mémoire.

Sans oublier nos parents qui se sont sacrifié jusqu'aujourd'hui, aussi leurs encouragements incessants tout le long de notre parcours.

Nos remerciements vont à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la concrétisation de ce travail.

On remercie également l'ensemble de notre promotion.

Dédicaces

Je tiens à dédier ce modeste travail à :

Mes très chers parents : MA mère et mon père pour leurs encouragements et leurs soutiens continus, que dieu vous garde.

A Mes sœurs : Djamila, Nawal, Karima, Razika, Soumia et Marwa.

A Mes neveux : Anes, Ishak, Abd el barrie, Bilal, Lokman, Merouane, Hodeïda.

A Mes nièces : Arwa, Hadjer, Meriem.

A Mon binôme, ma chère amie Sihem, avec laquelle j'ai pris beaucoup de plaisir à travailler, nous avons formé une belle équipe.

A Mon amie Marwa pour tout son soutien et ces conseils.

A Mon meilleur ami Abdeslam.

A Mes meilleures amis Faiza, Sihem, Aya, Fatima, Khadîdja, Roufeyda, Liza et Fella.

A toute la famille

À tous mes collègues de :

Promotion construction mécanique 2022.

Loubna

Dédicaces

Je dédie ce travail a :

A très chers parent

A Mon frère

Mon binôme Loubna pour m'avoir accompagné et soutenue tous le long de la réalisation de ce mémoire.

Mon amie Marwa pour m'avoir conseillée, soutenue et accompagner tous le long de ces années passe ensemble.

A tous mes amis

Et tous ce qui mon aidé de près et de loin.

Sihem

Table des matières

Liste des figures.....	vi
Liste des tableaux	x
Liste des symboles.....	xi
Introduction générale.....	01
Présentation de l'entreprise	02

Chapitre I : Aspect général des matières plastiques

Introduction :.....	09
I.1. Historique :	09
I.2. Définition :.....	09
I.3. Origines des matières plastiques :	10
I.3.1. Origine animale :	10
I.3.2. Origine végétale :.....	11
I.3.3. Origine naturel :.....	11
I.4. Formation du plastique :.....	12
I.5. Différents types des matières plastiques :.....	12
I.5.1. Thermoplastiques :	12
I.5.2. Thermodurcissables :.....	13
I.5.3. Elastomères :.....	14
I.6. Caractéristiques des matières plastiques :	15
I.6.1. Masse volumique :.....	15
I.6.2. Caractéristiques optiques :.....	15
I.6.3. Coloration :.....	15
I.6.4. Caractéristiques mécaniques :	15
I.6.5. Caractéristiques électriques :.....	15
I.6.6. Caractéristiques chimiques :.....	16
I.6.7. Caractéristiques thermiques :.....	16
I.6.8. Stabilité dimensionnelle :	16
I.6.9. Comportement au feu :	16
I.6.10. Comportement aux agents climatiques :.....	16
I.6.11. Compatibilités alimentaires et médicales :	16

I.7.	Généralités sur les polymères :.....	17
I.7.1.	Définition :.....	17
I.7.2.	Obtention des polymères :.....	17
I.7.3.	Polyaddition :.....	17
I.7.4.	Polycondensation :.....	18
I.7.5.	Propriété mécanique :.....	20
I.8.	Domaines d'application de la matière plastique :.....	18
I.9.	Recyclage des matières plastiques :.....	20
	Conclusion :.....	21

Chapitre II : Mise en œuvre des matières plastiques

	Introduction :.....	22
II.1.	Mise en œuvre des thermoplastiques :.....	22
II.1.1.	Injection :.....	23
II.1.2.	Injection soufflage :.....	24
II.1.3.	Extrusion :.....	25
II.1.4.	Extrusion soufflage :.....	26
II.1.5.	Extrusion-gonflage :.....	26
II.1.6.	Thermoformage :.....	27
II.1.7.	Calandrage :.....	28
II.1.8.	Roto moulage :.....	30
II.1.9.	Enduction :.....	30
II.2.	Procédé de mise en œuvre des thermodurcissables :.....	31
II.2.1.	Coulée :.....	32
II.3.	Généralités sur le polypropylène :.....	33
II.3.1.	Présentation :.....	33
II.3.2.	Différents types de polypropylènes :.....	33
a.	Homopolymères :.....	33
b.	Copolymère :.....	33
c.	Compounds :.....	34
II.3.3.	Propriétés des polypropylènes :.....	34
a.	Propriétés mécanique :.....	34
b.	Propriétés thermique :.....	34
c.	Propriétés chimique :.....	35
	Conclusion :.....	36

Chapitre III : Conception d'un moule à injection plastique

Introduction :	37
III.1. Définition d'un moule :	37
III.2. Architecture du moule :	38
III.2.1.Terminologie :	38
III.2.2.Elément standards :	39
III.3. Type de moules :	40
III.3.1.Moule à deux plaques :	40
III.3.2.Moule à trois plaques :	41
III.3.3.Moule à coquille :	41
III.3.4.Moule à tiroir :	42
III.3.5.Moule à canaux chauffants :	42
III.4. Fonctions d'un moule d'injection plastique :	42
III.4.1.Fonction mise en forme (Fonction principale) :	43
III.4.2.Fonction alimentation :	44
III.4.3.Seuils d'injection :	44
III.4.4 Fonction régulation ou refroidissement :	48
III.4.5.Fonction éjection :	49
III.5. Presse d'injection :	51
III.5.1.Structure de la presse d'injection :	51
III.6. Choix des matériaux :	51
III.6.1.Généralités :	51
III.7. Maintenance et manutention :	52
III.8. Sécurité :	52
III.9. Environnement :	53
III.10. CAO (conception assistée par ordinateur) :	53
III.10.1 Définition de la CAO :	53
III.10.2. Avantages de la CAO :	53
III.10.3. Travail demandé :	54
III.11. Dessins de conception :	54
III.11.1. Partie fixe :	54
III.11.2. Partie mobile :	56
III.11.3. Moule complet :	59
III.12. Simulation de l'injection plastique avec SolidWorks plastics :	59

III.12.1. Solidworks plastics :	59
III.12.2. Avantages de solidworks plastics :	60
III.12.3. Exécution de la simulation :	60
III.12.4. Résultats de la simulation :	61
III.12.5. Temps de remplissage :	62
III.12.6. Pression d'injection en fin de remplissage :	62
III.12.7. Retrait volumique en fin de remplissage :	63
III.12.8. Retassures :	64
III.12.9. Facilité de remplissage :	65
Conclusion :	65

Chapitre IV : Calculs et vérifications

Introduction :	66
IV.1. Choix de la machine :	66
IV.1.1. La capacité d'injection :	66
IV.1.2. Calcul de la force de fermeture :	67
IV.1.3. La puissance de plastification (C) :	68
IV.1.4. La distance entre colonnes :	69
IV.1.5. Épaisseur minimale du moule :	69
IV.2. Caractéristiques techniques de la presse 150T :	70
IV.3. Étude thermique du moule :	71
IV.3.1. Principe de refroidissement :	71
IV.3.2. Temps de refroidissement :	72
IV.3.3. Temps du cycle :	72
IV.3.4. Calcul de la quantité de chaleur à extraire de la pièce :	73
IV.3.5. La consommation de liquide :	74
IV.4. Résistances des matériaux :	75
IV.4.1. Les poids des pièces constituant le moule :	75
IV.4.2. Résistance des éléments constituant le moule au matage dû à la force de fermeture du moule :	75
IV.4.3. Partie fixe :	76
IV.4.4. Partie mobile :	78
IV.5. Résistance des colonnes de guidage au cisaillement :	79
IV.6. Vérification des vis de fixation de la semelle fixe et porte empreinte fixe au cisaillement :	80

IV.7.	Vérification des vis de fixation de la semelle mobile et empreinte mobile avec les tasseaux au cisaillement :	81
IV.8.	Vérification des vis de fixation de la plaque et contre plaque ejectrice :	82
IV.9.	Choix des ressorts :	83
	Conclusion :	85

Chapitre V : Fabrication assisté par ordinateur

	Introduction :	86
V.1.	Définition de la FAO :	86
	V.1.1. Avantages de la FAO : [21]	86
V.2.	Présentation de CAMWorks :	87
V.3.	Les étapes de la FAO :	87
	V.3.1. Définir le brut :	87
	V.3.2. Définir la machine :	88
	V.3.3. Définir une configuration :	88
	V.3.4. Extraire les formes usinables :	89
	V.3.5. Générer le plan d'opérations :	89
	V.3.6. Réglage des opérations :	90
	V.3.7. Simuler le parcours d'outil :	90
	Conclusion :	91
	Conclusion générale	92

Bibliographie

Dessin de conception

Annexes

Liste des figures

Figure 1 : La direction générale	06
Figure 2 : Chaîne de montage	07
Figure 3 : Organigramme de l'entreprise	08
Figure I.1 : Transformation du pétrole en matières plastiques.....	10
Figure I.2 : Origine animale des plastiques	10
Figure I.3 : Origine végétale des plastiques	11
Figure I.4 : Origine naturelle des plastiques	11
Figure I.5 : Etapes de formation du plastique.	12
Figure I.6 : Structure des thermodurcissables et des thermoplastiques.....	13
Figure I.7 : Produits et ensemble en élastomère.....	14
Figure I.8 : Polyaddition.....	17
Figure I.9 : Polycondensation.....	18
Figure I.10 : Le recyclage des matières plastiques.....	21
Figure II.1 : Schéma de mise en œuvre des thermoplastiques.	22
Figure II.2 : Principe d'une vis d'injection.	23
Figure II.3 : Les différentes phases de cycle d'injection.....	24
Figure II.4 : L'injection soufflage.	25
Figure II.5 : L'extrusion	26
Figure II.6 : Présentation des phases de thermoformage.	28
Figure II.7 : Vue générale d'une ligne de calandrage.	29
Figure II.8 : Procédé de moulage par rotomoulage.....	30
Figure II.9 : Procédé de la technique d'enduction.	31
Figure II.10 : Principe de la mise en œuvre.	31
Figure II.11 : Principe de mise en œuvre des thermodurcissables.	32
Figure II.12 : Technique de la coulée.....	32

Figure II.13 :Unité répétitive en polypropylène.....	33
Figure III.1 : Différentes parties d'un moule d'injection.	37
Figure III.2.a : Vue éclatée d'un moule d'injection.	38
Figure III.2.b . Terminologie des éléments constituant l'outillage	39
Figure III.3 : Exemple de moule simple à deux plaques.....	41
Figure III.4 : Exemple de moule à trois plaques.	41
Figure III.5 : Exemple de moule à coquilles.	41
Figure III.6 : Exemple de moule à tiroir.....	42
Figure III.7: Exemple de moule à canaux chauffant.	42
Figure III.8 : Système d'alimentation d'un moule.	44
Figure III.9 : Seuil en masse ou direct.	45
Figure III.10 : Seuil annulaire.	45
Figure III.11 : Seuil conique ou éventail.....	46
Figure III. 12 : Seuil capillaire.	46
Figure III.13 : Seuil en nappe.....	47
Figure III.14 : Seuil sous-marin.	47
Figure III.15 : Seuil à tunnel courbe.	48
Figure III.16 : Circuit de refroidissement des plaques de moules.....	49
Figure III.17 : Différentes unités d'une presse à injection.	51
Figure III.18 : Partie fixe du moule.....	54
Figure III.19 : Bague de centrage.....	55
Figure III.20 : Buse d'injection.	55
Figure III.21 : Semelle fixe.	55
Figure III.22 : Porte empreinte.....	55
Figure III.23 : Colonne de guidage.	55
Figure III.24 : Partie mobile du moule.....	56

Figure III.25 : Ejecteur ressort.	56
Figure III.26 : Bague de guidage.....	56
Figure III.27 : Ressort.	57
Figure III.28 : Tétine.	57
Figure III.29 : Ejecteur carotte.	57
Figure III.30 : Ejecteur pièce.....	57
Figure III.31 : Tasseau.	57
Figure III.32 : Contre plaque ejectrice.	58
Figure III.33 : Plaque ejectrice.	58
Figure III.34 : Empreinte mobile.....	58
Figure III.35 : Semelle mobile.	58
Figure III.36 : Disposition des empreintes.	58
Figure III.37 : Moule complet.	59
Figure III.38 : Maillage de l’empreinte.	60
Figure III.39 : Temps de remplissage.....	62
Figure III.40 : La pression d’injection du plastique à la fin du remplissage.	63
Figure III.41 : Retrait volumique en fin de remplissage.	64
Figure III.42 : Concentrations des retassures... ..	64
Figure III.43 : La facilité de remplissage	65
Figure IV.1 : Schéma d’un plateau d’une presse 150T	69
Figure IV.2 : Graphe des enthalpies en fonction de la température.	74
Figure IV.3 : Schéma de dimensionnement d’un ressort.	83
Figure IV.4 : Classification des ressorts par couleur.....	84
Figure V.1 : Définition du brut.....	87
Figure V.2 : Définition de la machine	88
Figure V.3 : Définition de la configuration.	88

Figure V.4 : Extraction des formes usinables automatiquement.....	89
Figure V.5 : Extraction des formes usinables manuellement.....	89
Figure V.6 : Le plan d'opération.....	89
Figure V.7 : Résultat de la simulation.....	91

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Domaine d'application des polymères.....	19
Tableau III.1 : Types d'éjecteurs	50
Tableau III.2 : Resultats de la simulation	61
Tableau IV.1 : Capacité d'injection	66
Tableau IV.2 : La pression d'injection	68
Tableau IV.3 : Caractéristiques techniques de la presse 150T	70
Tableau IV.4 : Les températures réglées.....	71
Tableau IV.5 : Poids des pièces constituant le moule.....	75
Tableau IV.6 : Valeurs indicatives du coefficient de sécurité.....	76

Liste des symboles

PE : Polyéthylène

PS : Polystyrène

PVC : Polychlorure de vinyle

PP : Polypropylène

ABS : Acrylonitrile Butadiène Styrene

Tg : Point de température de transition vitreuse

Tf : Point de fusion

Lc : Longueur totale des canaux

F0 : Force d'ouverture du moule

[T]cis : Limite de cisaillement admissible

Re : Limite élastique du matériau

Ti : Température de la matière à l'injection

Te : Température de la matière à l'éjection

Hi : Enthalpie de la matière à la température d'injection

He : Enthalpie de la matière à la température d'éjection

VF : Vitesse moyenne du fluide dans les canalisations

H : Coefficient de transfert thermique

Tc : température des parois des canaux

Tf : Température du fluide au centre du canal

C45 : Acier au Carbone

S275 : Acier non allié

36NiCrMo16 : Acier allié avec du Nickel, du Chrome et du Molybdène

Introduction Générale

L'utilisation des matières plastiques se développe régulièrement à un rythme soutenu, supérieur à celui de l'industrie, en investissant dans de nombreux domaines.

Les propriétés mécaniques, physiques et chimiques particulières des plastiques conduisent à des principes de conception et des méthodes de mise en œuvre spécifiques.

Le monde d'aujourd'hui est dans une situation concurrentielle, ce qui nous amène à produire au moindre coût possible en peu de temps. Pour cela, nous recherchons plus la réalité est plus appropriée. Il est nécessaire de maîtriser les outils techniques actuels, tels qu'utiliser des machines outil à commande numérique, des logiciels de conception et la fabrication, le prix de revient et le délai de mise sur le marché dépendent également des machines disponibles et de procédé choisi.

L'injection plastique est la technique de transformation de matière plastique la plus utilisée par les industries de la plasturgie ; permettant de fabriquer des objets de toutes sortes en grande quantité.

Dans le cadre de la réalisation de notre projet de fin d'étude le bureau d'étude de l'entreprise SOFICLEF nous a confié la conception d'un moule d'injection plastique d'un joint d'une poignée de porte dans le but d'augmenter la production de ce produit.

Cette étude est divisée en cinq principaux chapitres :

- Dans le premier chapitre, on présente l'aspect général des matières plastiques.
- Ensuite, dans le deuxième chapitre, on présentera les techniques de mise en œuvre de ces matériaux.
- Puis, dans le troisième chapitre on présente la conception du moule et la simulation de l'injection.
- Dans, le quatrième chapitre on présente la partie calculs et vérification du moule
- Après, dans le cinquième chapitre on présente la partie fabrication de l'empreinte mobile à l'aide du logiciel CAMWorks.
- Enfin on conclut avec les dessins de définition et d'ensemble qui sont présents après la conclusion générale.

Présentation de l'Entreprise

1. Historique de Soficlef :

1.1 Naissance de l'entreprise :

Tout a commencé un certain 21 Juin 1994, dans un local de 7 m² situé au 39 Rue Ahmed Boumaazouza El Madania « Ex Salembier » Alger. Où la première activité était la confection des ébauches de clés.

1.2 Les dates marquantes dans l'histoire de Soficlef :

1995:

Vu le manque des distributeurs `à cette époque, il a été décidé de faire la distribution des ébauches de clé sur le grand Alger, ainsi que la confection au public de la plaque d'immatriculation (emboutissage de la plaque). [1]

1996 :

Distributions des ébauches de clés sur le territoire Algérien.

1998:

Création de la SARL SOFICLEF « 18 Février 1998 » Distributeur exclusif de la marque JMA en Algérie. Plus de 90% de la part de marché des ébauches de clés. Nouveau siège de 80 m² situé à la cité des Jasmins El Madania Alger.

1999 :

Signature d'un contrat d'exclusivité avec la société française FAAB, spécialisée dans la fabrication de plaque d'immatriculation, Soficlef est devenue le premier distributeur algérien de plaques d'immatriculation aux normes européennes avec un film réfléchissant.

- Distribution de la plaque d'immatriculation sur le territoire national.
- Vente annuelle de 80.000 `à 100.000 plaques.
- Nouveau siège de 150 m² sis `à la rue Ahmed OUANOUI, El Madania, Alger.

2000:

- Promotion de la plaque d'immatriculation (300.000 plaques par an).
- Elargissement du réseau de distribution des ébauches de clé et plaques d'immatriculation.
- Répondre aux exigences des clients en termes de réclamations et de satisfaction client.

2001:

- 1^{ère} importation des serrures chez le fournisseur Espagnole AZBE (*une* serrure de qualité) par rapport à la mauvaise qualité de serrures sur le marché à cette époque suite à une étude de marché. Septembre 2001.

- Signature d'un contrat d'exclusivité avec le fabricant de serrure turque KALE KILIT pour 1 million de dollar.

- Soficlef est devenue concurrentielle par rapport à la serrure chinoise en qualité et en prix.

2002 :

- Signature d'un contrat d'exclusivité avec le fabricant égyptien AHRAM (fabriquant de serrures) sous la marque IZO pour donner plus de choix au client.

- Elargissement de la distribution de la serrure.

2003 :

- Elargissement de la gamme avec l'introduction de poignée de porte chez les fabricants HAMLE et HUSNA.

- Soficlef a atteint 35% de part de marché de la serrure

- Début du routine et du service après-vente pour les produits suivants : serrures, poignées, plaques et ébauches de clé.

- Elargissement de la gamme en insistant sur la qualité, sachant que les produits chinois sur le marché étaient de mauvaise qualité.

2006 :

- Restructuration de l'entreprise.
- Enregistrement de la marque Soficlef auprès de l'INAPI.
- Un parc auto élargi qui dépasse les 10 véhicules.
- Création d'une unité de montage de la poignée.

2007 :

- Acquisition d'une ligne de production de la poignée et de la plaque d'immatriculation.
- Le nombre d'employé est passé à 60 employés

2008 : (10^{ème} anniversaire)

- D déplacement vers un nouveau site situé à Baba Ali Alger, d'une superficie de 5000 m².
- Installation de deux lignes de production, une pour les poignées et crémones, injection, estampage et peinture, et l'autre pour la fabrication de la plaque d'immatriculation.
- Elargissement de la distribution de la plaque d'immatriculation, avec une part de marché de 70%.
- Elargissement de la distribution de serrures et poignée avec une part de marché de 65% avec un parc auto de 30 véhicules.

2009 :

- Lancement de nouvelles gammes de produits.
- Début de la commercialisation de l'outillage électroportatif sous la marque Soficlef.
- Début de la commercialisation des portes par l'ouverture d'un show-room de 1800 m², situé à Che raga, Alger.

2010:

- Déplacement vers le nouveau site à Si Mustapha Boumerdes, d'une superficie de 35 000 m² doté d'un dépôt avec un système de stockage moderne.
- Autorisation pour l'exploitation d'un entrepôt sous douane au niveau du site.

2011:

Augmentation de la capacité de production de la poignée de la crémone et début de fabrication de la barre de crémone.

2012:

- Acquisition d'une 2e ligne de fabrication de plaque ultramoderne et augmentation de la capacité de production à 21.000.000 plaques/an.

- Réalisation de la 1ere exportation de la plaque d'immatriculation vers le Maroc.

- Introduction de nouvelles gamme (électropompe {nettoyeur haute pression poste à souder)

2013 :

- Début du montage de la serrure au niveau de l'unité de production.

- Elargissement de la gamme en introduisant l'outillage à main et les disques.

2014 :

- Restructuration de l'entreprise où le nombre d'employé a atteint 290 collaborateurs.

- Statut d'opérateur économique agréé en douane.

- Réaménagement du site aux normes internationales.

2016 :

- Homologation de la plaque d'immatriculation aux normes françaises.

- 1ere exportation de plaque d'immatriculation vers la France.

2017 :

- Certification de système management ISO 9001 : 2015

2018 : (20`eme anniversaire)

- Signature d'un contrat de partenariat avec le groupe américain StanleyBlack and Decker (leader mondial de l'outillage électroportatif).

- Mise en place d'une planification stratégique.

2. Activité :

SOFICLEF est une entreprise à caractère industriel et commercial, notre atout majeur est la maîtrise totale des opérations de la grande distribution :

1. Production et Fabrication : Poignées de portes, crémones de fenêtres, plaques d'immatriculation.
2. Montage des serrures.
3. Commercialisation : Outillages `à main, outillages électroportatifs, accessoires, portes de maison, ainsi que tous types d'`ébauches de clés.



Figure 1 : Direction générale [1].

3. Base logistique :

SOFICLEF se trouve au cœur du développement de la logistique afin de répondre aux exigences de la modernisation organisationnelle, SOFICLEF dispose de l'un des plus grands réseaux de distribution en Algérie.

SOFICLEF dispose d'un espace de stockage et de magasinage de sa marchandise de 15.000m² avec un système de racking (rayonnage) à palettes grande hauteur afin d'assurer le flux de la marchandise en toute sécurité.[1]

4. Garantie :

Soficlef dispose d'un service - après-vente (SAV) constitué d'une équipe de technicien très qualifiée. Elle prend en charge la répartition ou l'échange des produits sous garantie sur tout le territoire national.

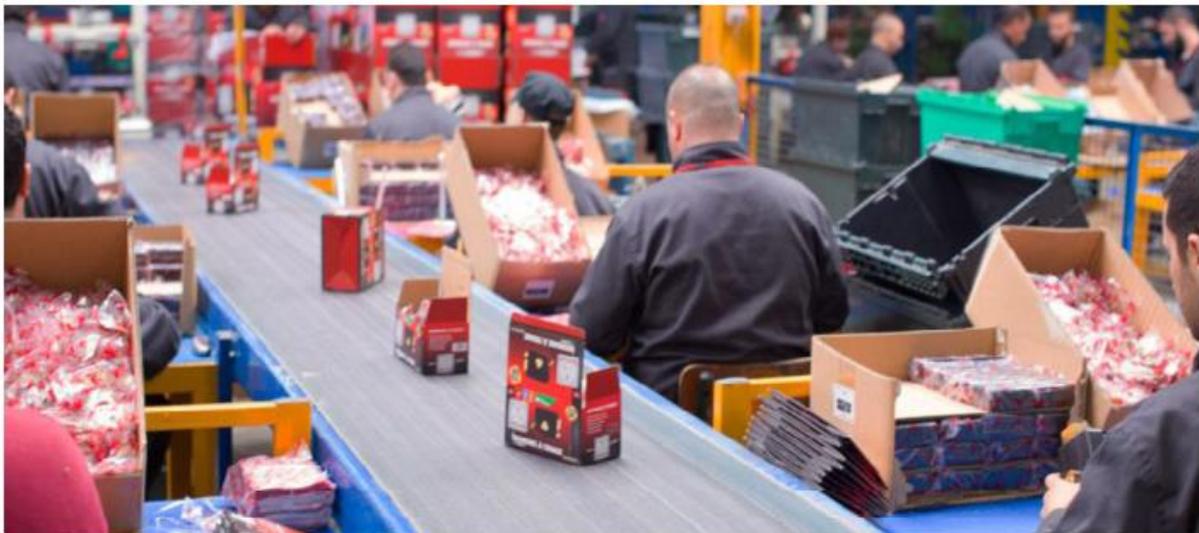


Figure2 : Chaine de montage. [1]

5. Organigramme de soficlef :

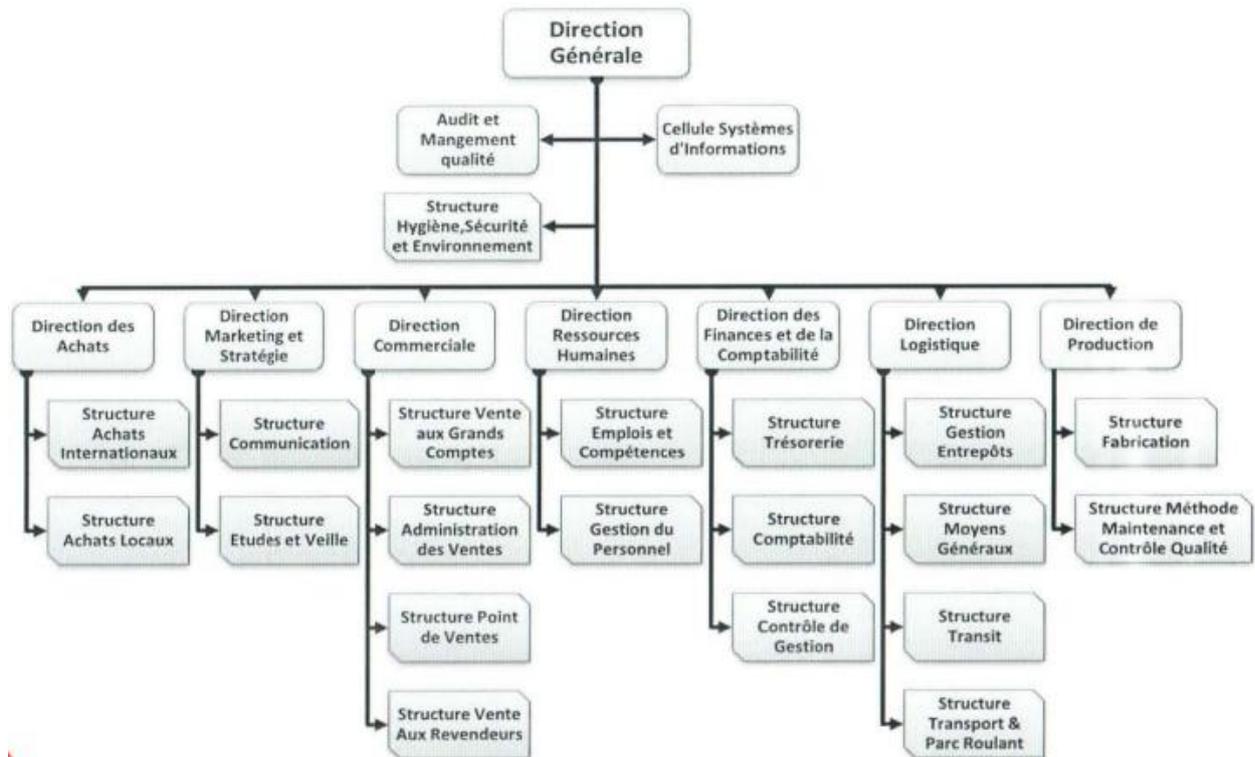


Figure 3 : Organigramme de l'entreprise.

Chapitre I :

Aspect général des matières plastiques

Introduction

Les plastiques inventés au XXIème siècle ont remplacé les matériaux traditionnels comme le bois ou le métal.

Les recherches menées pour améliorer et diversifier leurs propriétés les destinent à de nombreuses utilisations. Les matières plastiques sont légères, hygiéniques, durables et faites sur mesure. La primauté des plastiques sur les autres matériaux est due, en dehors de leur faible prix, au fait qu'il n'y a pas une seule forme de plastique mais une multitude, avec pour chacune des propriétés particulières. C'est grâce à toutes leurs qualités qu'elles sont devenues irremplaçables et omniprésentes dans les objets de notre vie quotidienne.

I.1. Historique :

L'emploi des matières plastiques est relativement récent si l'on considère que la terre cuite et le bois étaient utilisés par les plus anciennes civilisations, le bronze puis le fer depuis plusieurs millénaires, la fonte et le verre depuis plus de trois siècles et le ciment depuis environ cent ans.

Et pourtant, voici plus d'un siècle maintenant que la première matière plastique, le cellulöid, fut mise au point par HYATT, imprimeur à New York. C'est à partir du camphre et du nitrate de cellulose (mis au point en 1840) que vint ainsi au monde, en 1868 la première de ces substances qui devait bouleverser nos habitudes et notre vie. On découvrit plus tard, l'intérêt de ce composé pour la photographie et le cinéma.

C'est ainsi qu'en 1909, BACKELAND inventa la bakélite par condensation du formol et de dérivés de phénoliques. L'intérêt de cette nouvelle famille de matériaux devint alors évident. En 1922, le chimiste allemand STAUDINGER introduisait la notion de macromolécule (ayant la particularité de se modeler facilement), composant essentiel des matières plastiques. Cette hypothèse posait les bases du développement d'une nouvelle génération de matières plastiques. [1]

I.2. Définition :

Les matières plastiques sont des matériaux organiques constitués de macromolécules obtenues par polymérisation de monomères. Elles sont produites par transformation de substances naturelles, ou par synthèse directe, à partir de substances extraites du pétrole, du gaz naturel, du charbon ou d'autres matières minérales. Elles possèdent la propriété de se ramollir, généralement sous l'influence d'une élévation de température, et pouvant ainsi prendre différentes formes. [1]

I.3. Origines des matières plastiques :

À l'origine la plupart des matières plastiques provenaient de résines dérivées de matières végétales, comme la cellulose (extraites du coton), le furfural (extrait de céréales), les huiles (obtenues à partir de graines) les dérivés d'amidon ou le charbon. La caséine (issue du lait) était l'une des seules matières non végétales utilisées [1].

Aujourd'hui, la plupart des plastiques sont fabriquées à partir de pétrole brut ou de gaz naturel. C'est surtout le naphta, issu de l'industrie pétrochimique qui est utilisé, il s'agit d'un liquide obtenu après de nombreuses opérations de raffinage du pétrole brut.

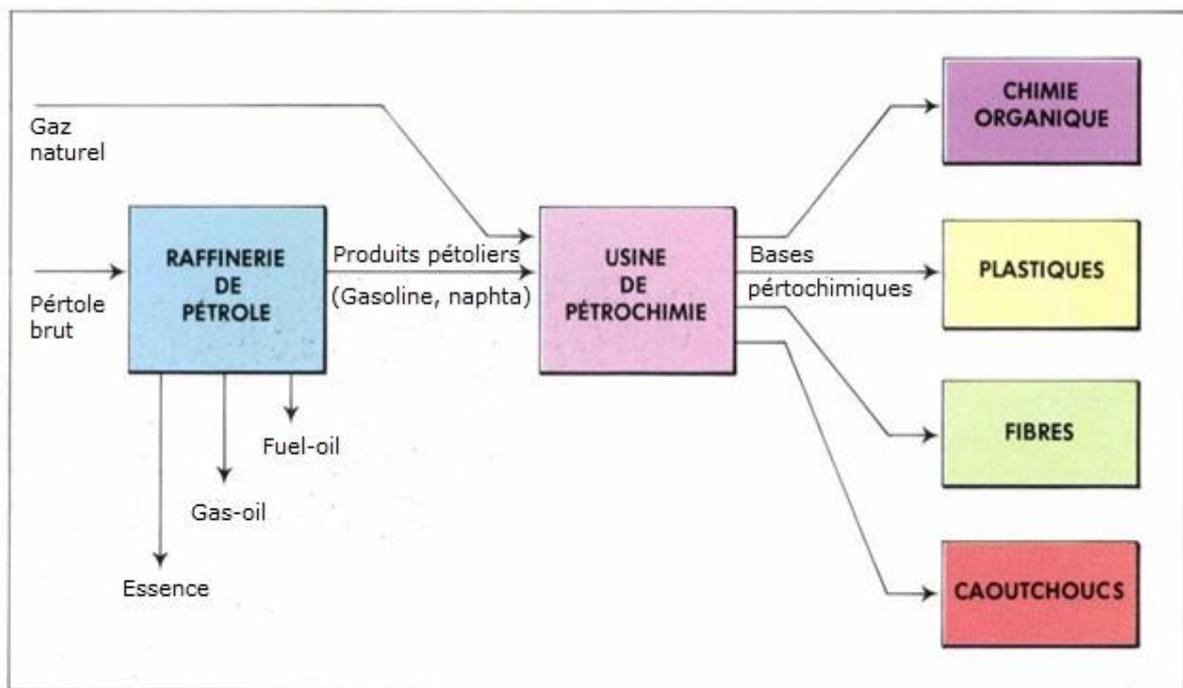


Figure I.1 : Transformation du Pétrole en Matières plastiques.

I.3.1. Origine animale :



Figure I.2 : Origine animale des plastiques [1].

I.3.2. Origine végétale :

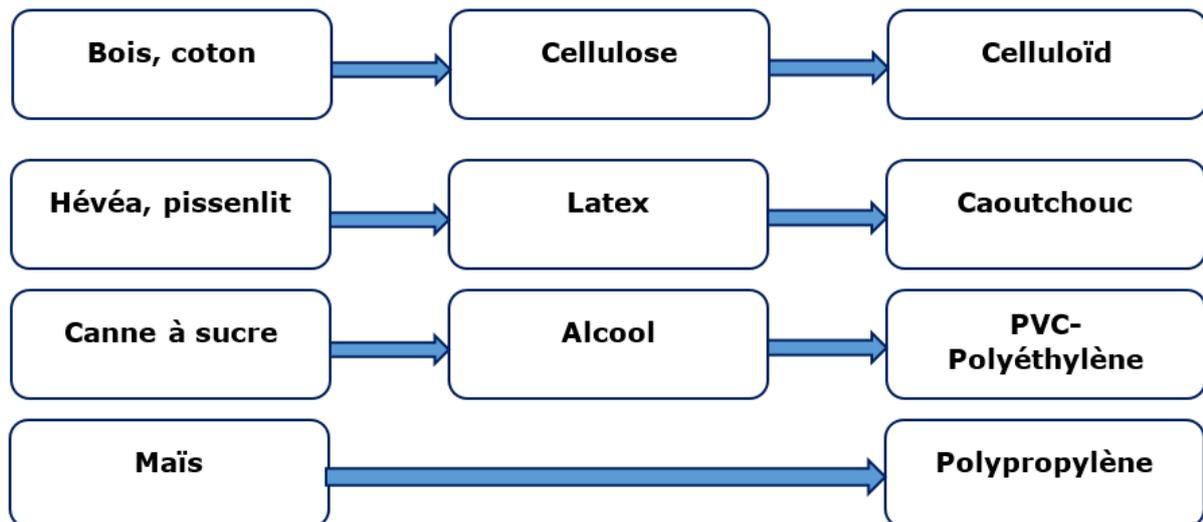


Figure I.3 : Origine végétale des plastiques [1].

I.3.3. Origine naturel :

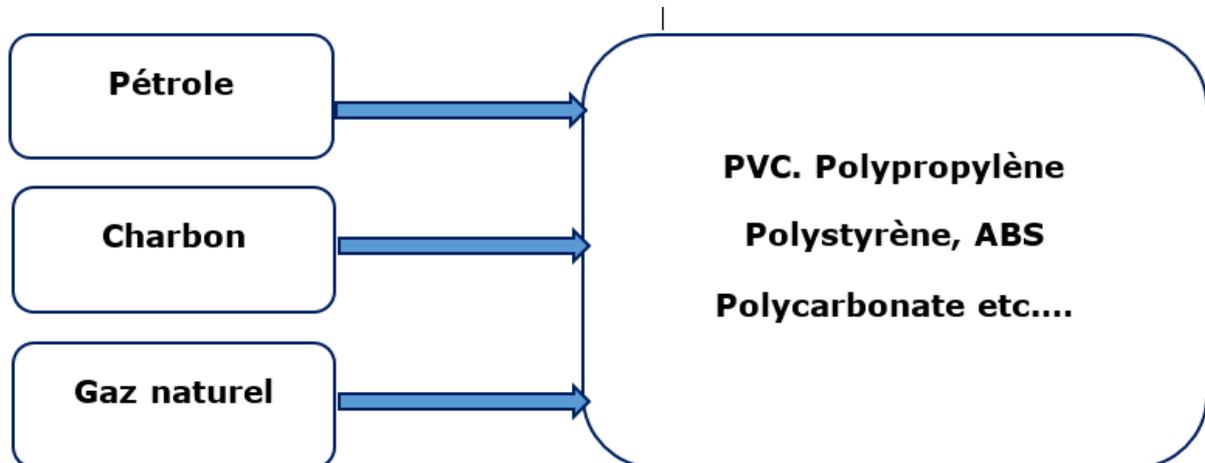


Figure I.4 : Origine naturelle des plastiques [1].

I.4. Formation du plastique :

Pour obtenir des produits finis en matières plastique, il faut faire subir aux matières premières une succession de transformations chimiques et physiques. Les principales étapes de fabrication sont indiquées ci-dessous :

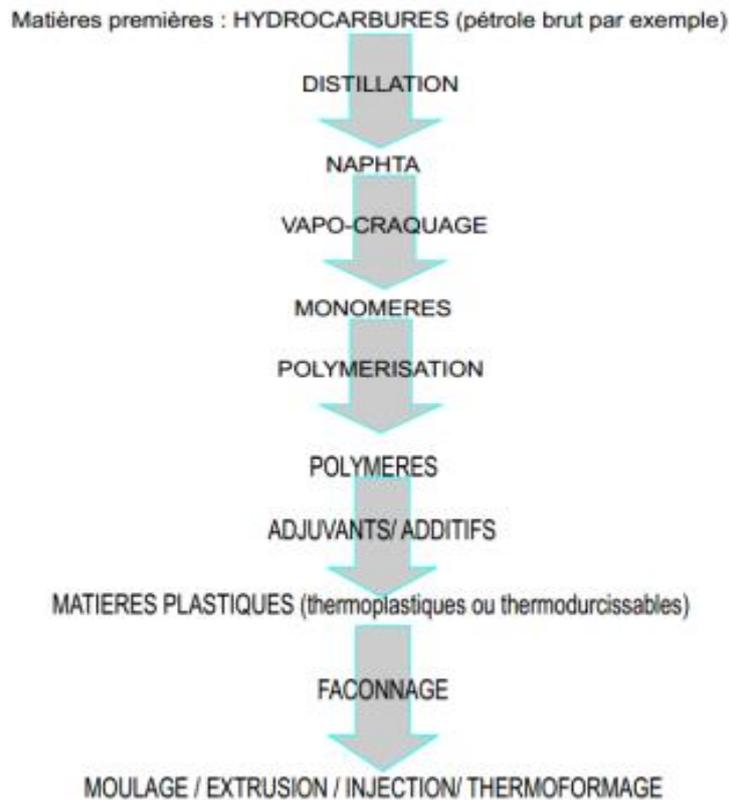


Figure I.5 : Etapes de formation du plastique [2].

I.5. Différents types des matières plastiques :

On classe les matières plastiques en trois catégories : les thermoplastiques, les thermodurcissables et les élastomères. [3]

I.5.1. Thermoplastiques :

Les thermoplastiques se ramollissent sous l'effet de la chaleur. Ils deviennent souples, malléables et durcissent à nouveau quand on les refroidit . Il est donc possible de leur donner une nouvelle forme, et ce, à répétition, sans affecter leurs propriétés mécaniques initiales.

Cette particularité permet un recyclage plus facile de cette catégorie de plastique, en comparaison avec celui des deux autres types. Leurs polymères de base sont constitués par des macromolécules linéaires, reliées par des liaisons faibles qui peuvent être rompues sous l'effet de la chaleur ou de fortes contraintes.

Les macromolécules peuvent alors glisser les unes par rapport aux autres pour prendre une forme différente et quand la matière refroidit, les liaisons se reforment et les thermoplastiques gardent leur nouvelle forme.

Avant transformation, ils sont sous forme de granulés ou de poudres dans un état chimique stable et définitif car il n'y a pas de modification chimique lors de la mise en forme.

Les granulés sont chauffés puis moulés par injection et le matériau broyé est réutilisable.

I.5.2. Thermodurcissables :

Contrairement aux thermoplastiques qui se ramollissent sous l'effet de la chaleur, les thermodurcissables ont perdu cette propriété lors de leur fabrication. Ainsi, un thermodurcissable conserve la même rigidité sous l'action de la chaleur jusqu'à l'atteinte de sa température de décomposition. Aussi, une fois produit, on ne peut plus modifier la forme d'un thermodurcissable.

Les molécules de ces polymères sont organisées en de longues chaînes dans lesquelles un grand nombre de liaisons chimiques solides et tridimensionnelles ne peuvent pas être rompues et se renforcent quand le plastique est chauffé. Sous de trop fortes températures, ils se dégradent et brûlent (carbonisation).

Au départ, les thermodurcissables se présentent sous forme de poudres ou de résines qui subissent une transformation chimique au cours de leur chauffage, de leur refroidissement ou par l'action de durcisseurs [3].

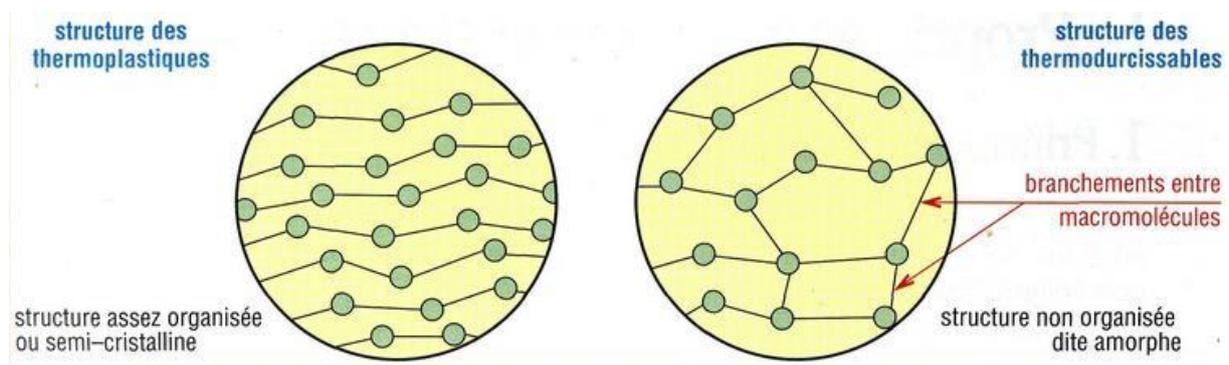


Figure I.6 : Structure des thermodurcissables et des thermoplastiques [3].

I.5.3. Élastomères :

On distingue généralement les élastomères naturels des élastomères synthétiques. Les premiers proviennent du latex sécrété par certains végétaux, par exemple par l'hévéa. Ils sont toutefois beaucoup moins utilisés que les élastomères synthétiques qui sont, quant à eux, produits en laboratoire grâce au procédé de vulcanisation.

Le procédé de vulcanisation consiste à ajouter du soufre au caoutchouc, permettant ainsi d'en réduire l'élasticité, mais d'en améliorer la résistance.

Un élastomère au repos est constitué de longues chaînes moléculaires repliées sur elles-mêmes. Sous l'action d'une contrainte, les molécules peuvent glisser les unes par rapport aux autres et se déformer.

Malgré leurs propriétés mécaniques avantageuses, les élastomères ont l'inconvénient d'être des matières plastiques difficiles à recycler.



Figure I.7 : Produits et ensemble en élastomère.

I.6. Caractéristiques des matières plastiques : [4]**I.6.1. Masse volumique :**

Les plastiques ont une faible masse volumique, qui varie de 0,9 g/cm^3 pour le polypropylène, jusqu'à 2,3 pour le polytétrafluoroéthylène, la majorité étant comprise entre 0,9 et 1,5.

Des techniques et des additifs permettent d'obtenir, des thermoplastiques expansés de densité variant de 0,4 à 0,9.

I.6.2. Caractéristiques optiques :

Certains plastiques peuvent être transparents ou translucides.

Parmi les transparents on peut citer le Poly (méthyl méthacrylate), le polystyrène, le styrène-acrylonitrile, le méthacrylate-butadiène-styrène, le polycarbonate, le compound vinylique souple ou rigide cristal, le polyéthylène téréphtalate [4].

I.6.3. Coloration :

La coloration dans la masse, à partir de résines de types cristal ou naturelles, ajoute une note attrayante à la présentation du profilé plastique, qui peut aussi être rendu parfaitement opaque.

I.6.4. Caractéristiques mécaniques :

Les caractéristiques mécaniques présentent une grande variété de valeurs, suivant la nature de la matière. C'est ainsi que le module d'élasticité peut atteindre 4 200 MPa pour certains thermoplastiques non chargés. Bien entendu, les thermoplastiques peuvent également être chargés, leur module d'élasticité pouvant alors atteindre 17 000 MPa. Toutefois, les autres caractéristiques peuvent évoluer simultanément dans des sens divers suivant la composition de la matière.

Il faut retenir également les faibles coefficients de frottement de certains plastiques (polytétrafluoroéthylène, polyéthylène, POM, polyamides...) [4].

I.6.5. Caractéristiques électriques :

Les matières plastiques, généralement isolantes et ont d'excellentes propriétés diélectriques. Elles sont très largement utilisées dans la construction du matériel électrique et la câblerie.

I.6.6. Caractéristiques chimiques :

Les plastiques sont diversement résistants aux actions chimiques, la gamme des matières actuelles permettant de résoudre la plupart des problèmes posés.

I.6.7. Caractéristiques thermiques :

La conductivité thermique des plastiques est relativement faible (même très faible dans le cas des plastiques allégés), ce qui présente un intérêt particulier dans les problèmes d'isolation, dans le bâtiment, les appareils ménagers, etc.

En général, la température courante de déformation des thermoplastiques est de l'ordre de 80°C. Pour certains d'entre-deux, elle peut s'élever jusqu'à 150°C et même plus : les fluorés et certains polymères techniques permettent d'atteindre en service continu des températures de 250 à 300°C.

La valeur du coefficient de dilatation thermique linéaire est en fonction des matières et de leurs compositions.

I.6.8. Stabilité dimensionnelle :

La stabilité dimensionnelle dépend des matières utilisées, des contraintes d'environnement (hygrométrie, la température, les contraintes mécaniques).

I.6.9. Comportement au feu :

Le comportement au feu des profilés peut varier en fonction de la matière utilisée, de la géométrie du profilé, des additifs, du secteur visé et des conditions d'emploi.

Les différents classements sont fonction d'une réglementation européenne de révision constante.

Certaines matières sont naturellement auto extinguible [4].

I.6.10. Comportement aux agents climatiques :

Certains thermoplastiques présentent une bonne résistance aux agents climatiques (UV, infrarouges, Brouillard salin, etc.).

I.6.11. Compatibilités alimentaires et médicales :

Certaines matières plastiques ont des applications alimentaires et médicales.

I.7. Généralités sur les polymères :

I.7.1. Définition :

Les polymères sont des macromolécules constituées par l'enchaînement d'un grand nombre de molécules de taille beaucoup plus petite.

Les petites molécules qui se combinent les unes aux autres pour former les molécules de polymère sont appelées monomères et les réactions par lesquelles elles se combinent sont appelées polymérisation. Dans une seule molécule de polymère on peut trouver des centaines, des dizaines de milliers ou un plus grand nombre encore de molécules de monomères reliées entre elles. [14]

I.7.2. Obtention des polymères :

On les obtient de deux façons différentes :

- Polyaddition : on additionne les monomères : il n'y a pas de pertes d'atomes.
- Polycondensation : les monomères réagissent entre eux pour former le polymère et (le plus souvent) une petite molécule.

I.7.3. Polyaddition :

Cette réaction concerne les polymères découlant des monomères possédant des fonctions alcène (C=C) (Exemple : PE, PS, PVC).

Exemple :

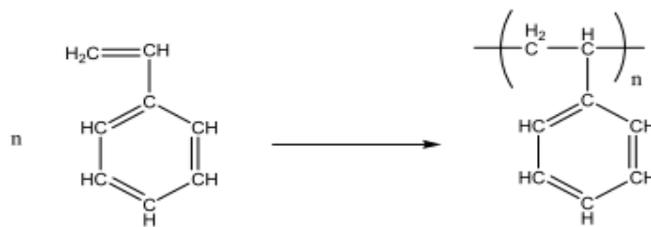


Figure I.8 : Polyaddition. [5]

I.7.4. Polycondensation :

Cette réaction concerne les autres polymères : les polyesters et les polyamides.

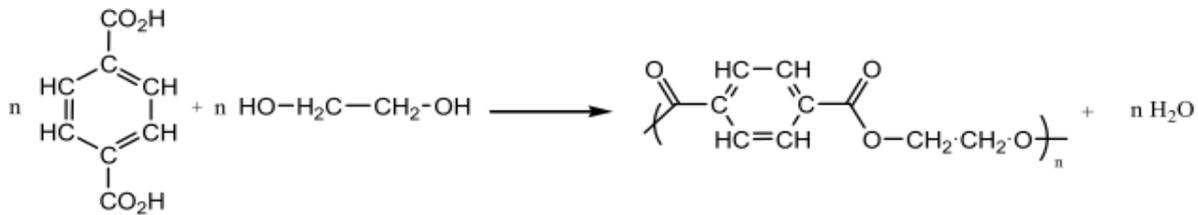
Exemple :

Figure I.9 : Polycondensation. [5]

I.7.5. Propriété mécanique :

De nombreuses propriétés des polymères, tels que la résistance au solvant et aux agents chimiques sont très importantes pour l'utilisation potentielle d'un polymère dans une application spécifique. Cependant la première considération à prendre en compte lorsqu'on veut déterminer l'utilité d'un polymère concerne son comportement mécanique, c'est à dire sa déformation et son fluage sous contrainte. Le comportement mécanique d'un polymère est caractérisé par ses propriétés de contrainte – déformation. Pour cela on observe le comportement d'un polymère lorsqu'on lui applique une tension (contrainte) afin de le déformer jusqu'au moment où il se rompt.

Le comportement mécanique des polymères varie de manière considérable avec le degré de cristallinité, le degré de réticulation les valeurs de Tg et Tm. [14]

I.8. Domaines d'application de la matière plastique :

Le plastique a envahi notre quotidien. Actuellement, il existe plus de 700 types de plastiques, ces nouvelles matières connaissent des applications très nombreuses et très diverses tel que le secteur automobile, la construction navale et aéronautique, l'électroménager, électricité-électronique, sport et loisir, santé, textile, agriculture, emballage...[7]

Le tableau ci-dessous résume les différents domaines d'application des polymères :

Tableau I. 1 : Domaine d'application des polymères [7]

Domaines	Polymères	Applications
Automobile	PP PEHD PVC	- Coussin, volant, pare-chocs - Filtre, batterie, climatiseur - Réservoir d'essence - Garniture interne
Electricité et Electronique	PES EP ABS, PP, PS	- Isolants d'appareillages - Circuits imprimés - Cratères d'appareils
Emballage et conditionnement	PEHD ABS PVC	- Sac cabas, sac poubelle, articles injectés - Couvercles, boîtages - bouteilles, feuilles, films
Santé	PVC PEHD ABS	- Poche à gang, gang d'examen, masque pour oxygénothérapie - Piston de seringue jetable, éléments de prothèse orthopédique - Paroi de rein artificiel
Bâtiments et travaux publics	PVC rigide PS PEHD	- Canalisation d'eau, raccord pour tubes Décoration lumière - Tuyaux et profils, tubes électriques
Agriculture	PVC PE	- Serre, paillage, ensilage, bâchage - Poterie florale et cagette - Drainage, arrosage

I.9. Recyclage des matières plastiques :

De nombreuses matières plastiques peuvent aujourd'hui être recyclées. La collecte et le tri sélectif sont deux points qu'il faut résoudre pour arriver à une bonne gestion des déchets (actuellement, on pratique le triage densimétrique par rapport à la densité) à l'aide de liquides de densités différentes pour séparer les différents plastiques. Et le système des sept codes qui a été créé par l'industrie des plastiques en voyant en dessous des produits (Ex : en dessous des bouteilles).[3]



PETE

PETE ou PET : polyéthylène téréphtalate : utilisé habituellement pour les bouteilles d'eau minérale et de jus de fruits, les emballages, les blisters, le rembourrage Potentiellement Dangereux pour l'usage alimentaire.



HDPE

HDPE ou PEHD : polyéthylène haute densité : certaines bouteilles, flacons, et d'une façon plus générale emballages semi-rigides. Considérés comme sans danger pour l'usage alimentaire.



V

V ou PVC : polychlorure de vinyle : utilisé pour les canalisations, tubes, meubles de jardin, revêtements de sol, profilés pour fenêtre, volets, bouteilles de détergents, toiles cirées. Potentiellement dangereux pour l'usage alimentaire.



LDPE

LDPE ou PEBD : polyéthylène basse densité : bâches, sacs poubelle, sachets, films, récipients souples. Considéré comme sans danger pour l'usage alimentaire.



PP

PP : polypropylène : utilisé dans l'industrie automobile (équipements, parechocs), jouets, et dans l'industrie alimentaire (emballages). Considéré comme sans danger pour l'usage alimentaire.



PS PS : polystyrène : plaques d'isolation thermique pour le bâtiment, barquettes alimentaires (polystyrène expansé), couverts et gobelets jetables, boîtiers de CD, emballages (mousses et films), jouets, ustensiles de cuisine, stylos, etc.



OTHER OTHER ou O : tout plastique autre que ceux appelés de 1 à 6. Inclut par exemple les plastiques à base de polycarbonate ; potentiellement toxique.



Figure I.10 : Le recyclage des matières plastiques.

Conclusion :

Les matières plastiques sont des matériaux très utilisés dans divers domaines, et cela à cause de leurs propriétés (physiques, chimiques et mécaniques) qui répondent aux différentes exigences, telles que leurs poids très légers, leurs états de surface et leurs coûts de revient.

De plus, il nous a permis de distinguer les différents types de matières plastiques, leurs procédés d'obtention.

Chapitre II :

Mise en œuvre des matières plastiques

Introduction :

Il existe plusieurs procédés de mise en œuvre des matières plastiques et ces procédés dépendent de la nature des polymères et de la destination des produits finis. Les principaux procédés de fabrication industrielle sont : l’injection, l’injection soufflage, l’extrusion, le thermoformage, le calandrage, moulage par rotation. En plus de ces techniques développées spécialement pour les matières plastiques, pratiquement toutes les techniques classiques : usinage, moulage, étirage, soudage sont utilisables. L’injection, par exemple, permet de réaliser en une opération, à des cadences élevées, des pièces complexes très précises et parfaitement finies.

II.1. Mise en œuvre des thermoplastiques :

Pour les thermoplastiques : (Polyéthylène Haute Densité (HDPE), Polyéthylène Basse Densité (LDPE), Polypropylène (PP), Polystyrène (PS), Polyéthylène Téréphtalate (PET), Polychlorure de Vinyle (PVC)), On part de poudre, de granulés ou de produits semi-finis, produit sous forme de feuille ou de film. En chauffant le matériau on le fait passer d'un état solide à un état plastique. Il peut ensuite être façonné dans un moule ou par d'autres procédés.

La rénovation a pour objet de : dans des conditions techniques, économiques et écologiques satisfaisantes :

- Donner au polymère la forme et l'aspect souhaités pour obtenir la pièce ou le produit semi-fini à fabriquer ;
- Maintenir la forme et l'aspect avant le débogage (et après) [8].

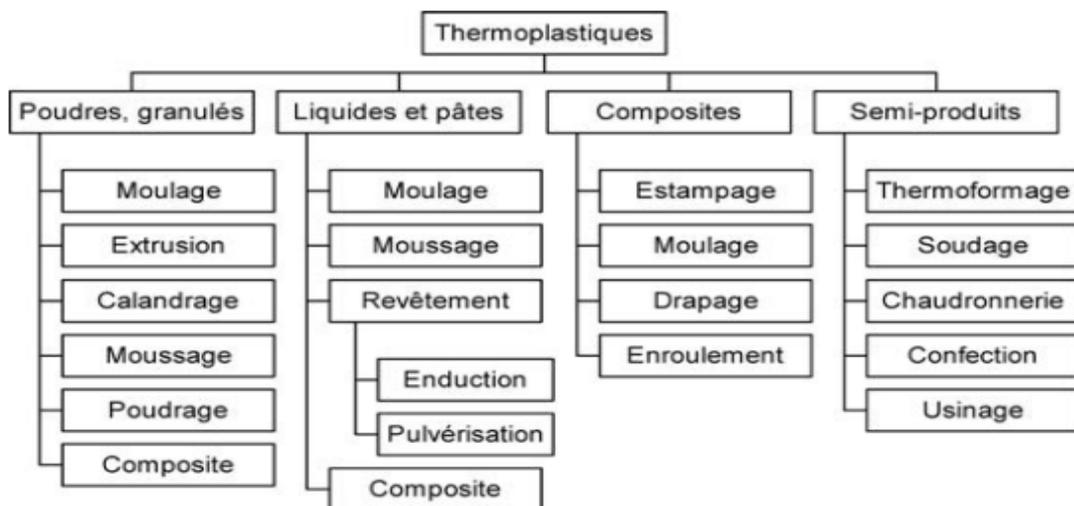


Figure II.1 : Schéma de mise en œuvre des thermoplastiques [9].

II.1.1. Injection :

Le moulage par injection, aussi appelé injection plastique, est un procédé de mise en œuvre des thermoplastiques. La plupart des pièces en thermoplastique sont fabriquées avec des presses d'injection plastique : la matière plastique est ramollie puis injectée dans un moule, et ensuite refroidie. L'injection est destinée aux grandes séries (grande cadence de production) pour des produits d'une finition très précise. [10]

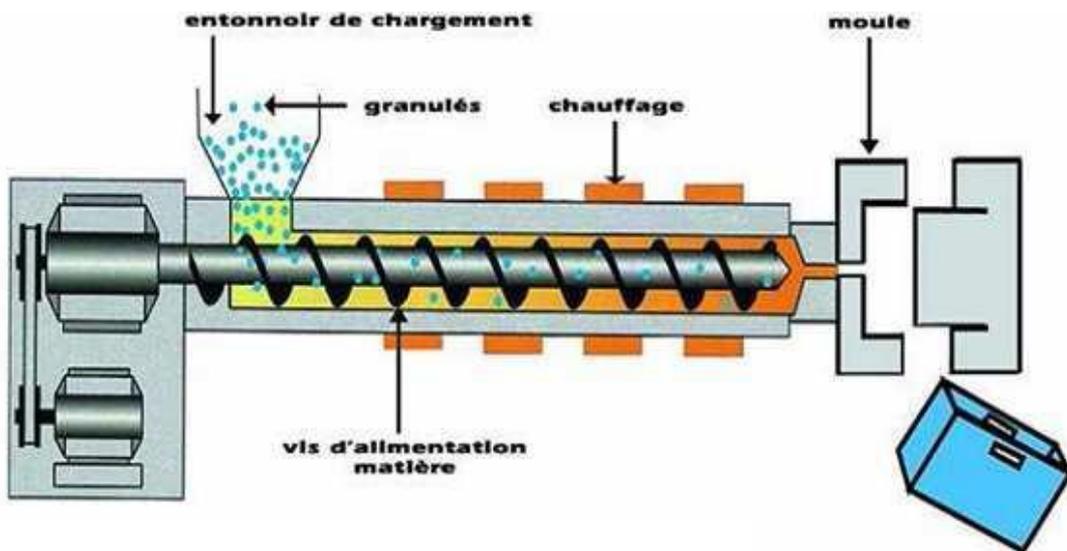


Figure II.2 : Principe d'une vis d'injection.

a. Avantage :

- Grande capacité de production,
- Procédé totalement automatisable,
- Pièces utilisables à la sortie des presses,
- Belle finition des pièces et variétés de couleur impressionnantes,
- Précision intéressante selon le choix de la matière,
- Productivité très intéressante.

b. Inconvénients :

- Prix élevé des outillages.
- Les conditions d'une bonne injection
- Une grande vitesse de remplissage du moule,
- Les caractéristiques de la presse d'injection,

- La puissance de verrouillage,
- La pression d'injection,
- Le temps d'avance.

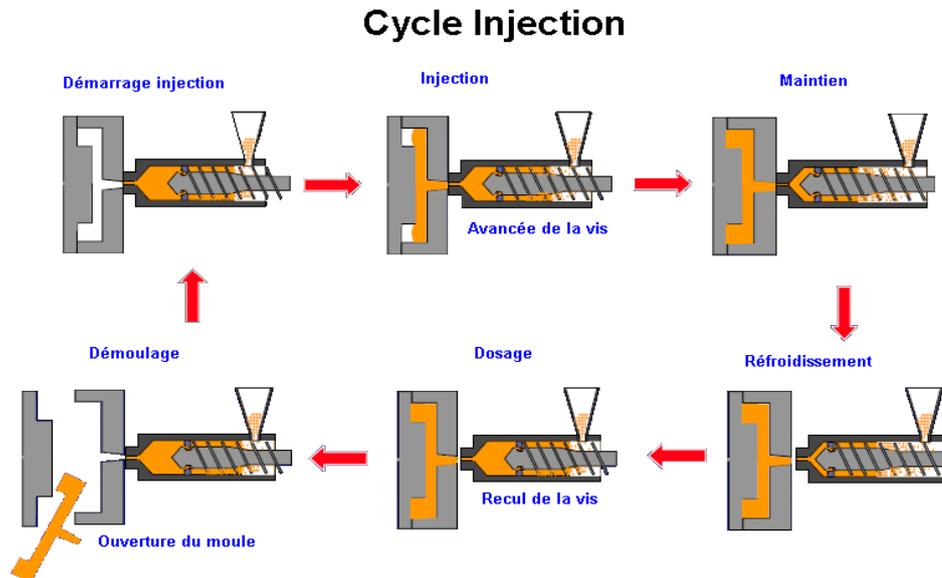


Figure II.3 : Les différentes phases de cycle d'injection [11].

II.1.2. Injection soufflage :

L'injection-soufflage permet de réaliser des corps creux qui présentent de bonnes propriétés mécaniques. Cette technique est essentiellement réservée aux thermoplastiques ; Elle permet de fabriquer des bouteilles pourvues de bouchons et résistantes à la pression : eau et boissons gazeuses, produits d'entretien, etc.

Le cycle de fabrication se compose de quatre étapes :

1. Réalisation par injection d'une préforme.
2. Transfert de cette préforme dans une station de réchauffage pour que le matériau soit réchauffé dans un domaine d'état caoutchoutique.
3. Transfert de la paraison chaude dans un moule et soufflage pour que le polymère vienne en contact avec les parois du moule.
4. Refroidissement et éjection de la pièce

Elle permet de fabriquer des bouteilles pourvues de bouchons et résistant à la pression : eau et boissons gazeuses, produits d'entretien, etc.

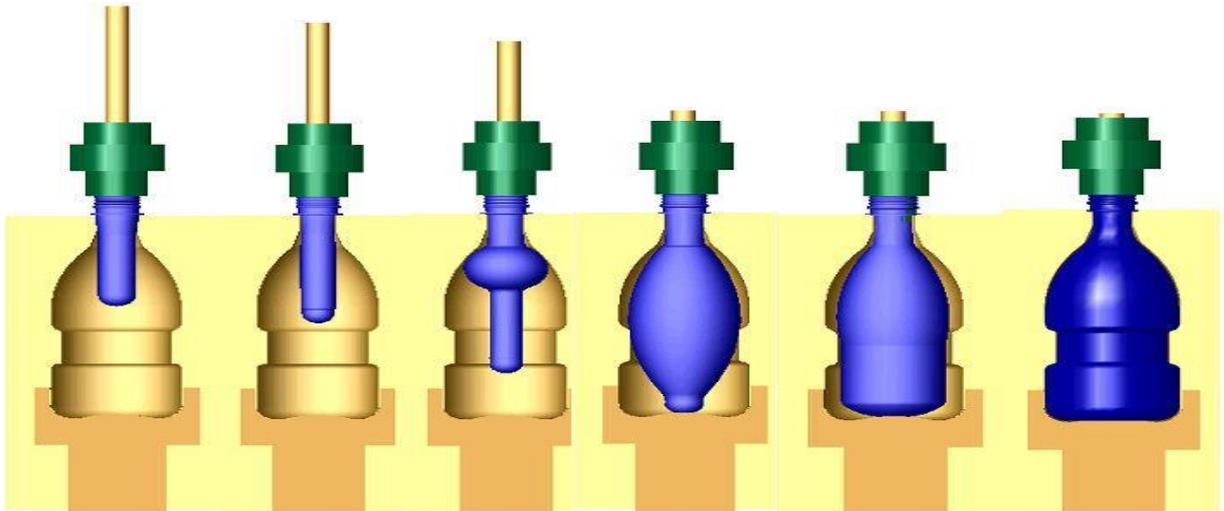


Figure II.4 : l'Injection soufflage. [3]

II.1.3. Extrusion :

L'extrusion des matières plastiques est couramment utilisée dans de nombreuses industries.

Le procédé d'extrusion plastique commence avec ce qu'on appelle des résines thermoplastiques. Les résines thermoplastiques sont un type de plastique qui peut être fondu, traité, puis refondu afin d'être réutilisé.

Ces résines sont généralement livrées sous forme de granulés ou de billes pour être utilisées dans des machines d'extrusion de plastique.

L'équipement de base de ce procédé est l'extrudeuse qui transforme la matière pour pouvoir ensuite la mettre en forme. La production suit plusieurs étapes :

1. La matière est insérée dans l'extrudeuse (granulé ou poudre),
2. Le cylindre chauffant permet de ramollir la matière,
3. La vis sans fin tourne et permet de fondre et homogénéiser la matière, celle-ci monte en pression en bout de vis,
4. La matière passe au travers la filière, qui va donner la forme finale du produit,
5. La matière est refroidie et conformée généralement sous vide (pour conserver les dimensions),
6. Les profilés sont tirés en bout de ligne puis coupés à longueur et palettisés. [20]

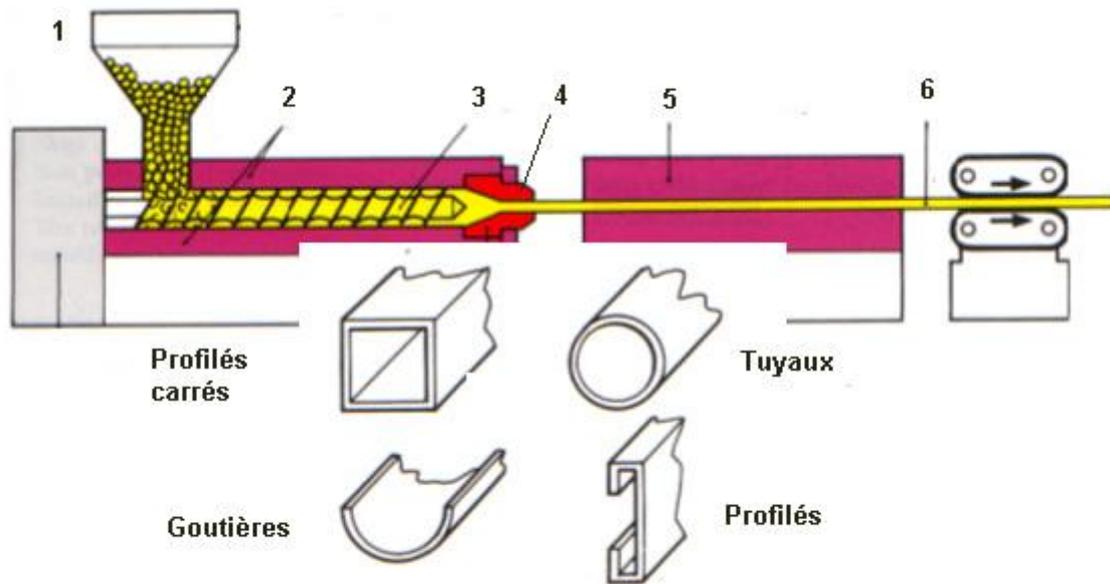


Figure II.5 : Extrusion. [20]

En fonction des outillages choisis, le type de produit fabriqué peut varier grandement. On parlera ainsi d'extrusion de profilés, d'extrusion-soufflage, d'extrusion-gonflage, d'extrusion-calandrage... et chacune de ces techniques à ses spécificités. Voici les principales :

II.1.4. Extrusion soufflage :

Permet de fabriquer des corps creux de contenance variable. Après avoir été poussée par la vis sans fin, la matière est transformée en un tube appelé « paraison ». La paraison est placée dans un moule de soufflage et de l'air est utilisée pour plaquer la matière contre l'empreinte du moule. Un fois refroidi, l'objet est figé dans sa forme finale et le moule s'ouvre pour éjecter la pièce.

II.1.5. Extrusion-gonflage :

Permet de fabriquer des films plastiques. La matière transformée en tube aux parois très fines est gonflée avec de l'air et étirée pour constituer une bulle cylindrique qui est ensuite refroidie et enroulée en bobine. Ce film, appelé « gaine » peut ensuite être décoré, découpé, thermoformé, etc.

II.1.6. Thermoformage :

Le thermoformage est une technique de fabrication qui consiste à prendre un matériau plastique sous forme de plaque ou de bobine, à le chauffer pour le ramollir puis à profiter de sa capacité de déformation pour le mettre en forme grâce à un moule. Le matériau durcit lorsqu'il refroidit et garde la forme du moule.

Le procédé de thermoformage consiste à :

1. Chauffage de la matière plastique afin de la rendre malléable,
2. Le moule monte pour venir mettre en forme la matière contre ce dernier,
3. Un mécanisme d'aspiration colle le plastique au moule et évacue toutes les bulles d'air,
4. Refroidissement,
5. Démoulage de la pièce.

- Les avantages du thermoformage :

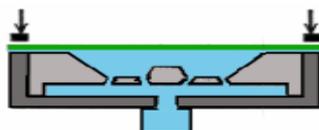
Un des avantages du thermoformage repose sur le faible coût des outillages puis lorsqu'il y a des chutes, le plastique est broyé afin d'être réutilisé pour les pièces suivantes. L'utilisation de la matière est donc optimale.

Ensuite, le thermoformage permet le lancement d'une production de manière rapide et donc l'obtention de pièces dans des délais relativement courts.

- Le thermoformage a néanmoins un inconvénient :

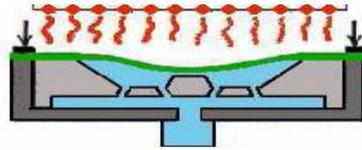
Il est parfois difficile de prévoir l'étalement de la matière plastique sur le moule. Une contrainte qui doit donc être anticipée en amont de la production.

La plaque est bloquée sur le moule



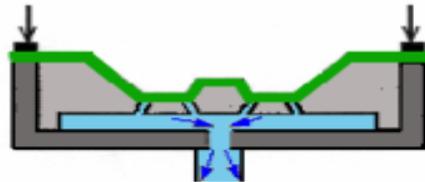
La plaque est chauffée

Quand elle arrive à l'état plastique



L'air situé entre la plaque et le moule est aspiré.

La plaque épouse la forme du moule.



On laisse refroidir la plaque et on la retire du moule.

Les flancs de la pièce sont découpés (Partie inutile pour la pièce).

Le formage de la pièce est terminé.



Figure II.6 : Présentation des phases de thermoformage. [20]

II.1.7. Calandrage :

Le procédé de calandrage est basé sur un écoulement à température élevée d'une matière thermoplastique viscoélastique entre au moins deux cylindres entraînés.

Ce procédé de transformation en continu aboutit à des feuilles ou des films. Il permet aussi de doubler ces feuilles ou ces films d'un support textile ou papier.

Il consiste à faire passer la matière à l'état pâteux entre deux cylindres chauffants écartés de l'épaisseur désirée. À la sortie de la calandre, le produit passe dans un refroidisseur puis éventuellement enroulé en bobines. [24]

Le calandrage est surtout appliqué au PVC et permet d'obtenir des feuilles et films d'un très bel aspect de surface et d'une très grande régularité d'épaisseur, utilisés comme revêtements de sol ou mur, dans la fabrication d'emballages thermoformés, de nappes de nappes, d'articles de maroquinerie ou d'objets gonflables.

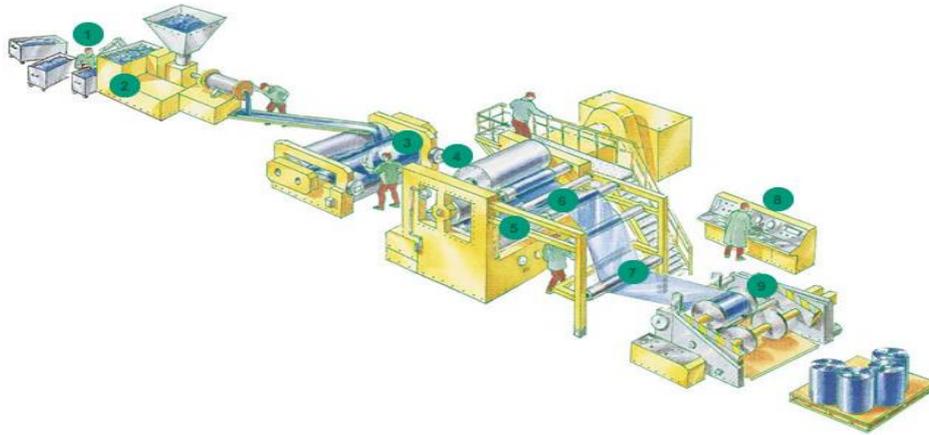


Figure II.7 : Vue générale d'une ligne de calandrage.

1. **Formulation** : Mélange de plastiques, additifs, stabilisants, charge diverse (suivant l'application finale du produit),
2. **Mélangeur pour homogénéiser la matière** : la matière est chauffée puis malaxée dans une vis sans fin spéciale (différente de l'injection et l'extrusion) pour donner une pâte épaisse,
3. **Gélification de la matière entre 2 calendres chauffés** : la matière passe plusieurs fois entre les rouleaux pour être bien homogénéisée,
4. **Réglages des paramètres de gélification** (température calendres, pressions, vitesse rotation...),
5. **Calandrage** : calibrage et grainage de la feuille. La matière passe entre des calendres chauffés à différentes températures. L'écartement, la pression, le type de rouleaux vont donner les dimensions et les aspects des films,
6. **Refroidissement et stabilisation** : le passage dans le chemin de rouleaux permet le refroidissement du film ou de la feuille,
7. **Tirage**,
8. **Réglages et paramètres de la ligne** (vitesse avance, espacement rouleaux...),
9. **Mise en bobine ou empilage** des feuilles suivant les dimensions et épaisseurs.

II.1.8. Roto moulage :

Le moulage par rotation est une méthode de transformation des polymères permettant la production d'articles creux avec des contenances très diversifiées (de quelques dixièmes du litre à des milliers de litres).

La matière fluide se répartit sur toute la surface et couvre la totalité de l'empreinte. Par refroidissement du moule, la matière gélifiée se fixe et donne après démoulage le corps creux fermé. Les pièces ainsi préparées ne présentent pas de soudure et elles ont de bonnes propriétés mécaniques.

Le roto moulage est utilisé généralement pour la fabrication de bacs, cuves, citernes, jouets.



Figure II.8_ : Procédé de moulage par roto moulage. [12]

II.1.9. Enduction :

Cette technique consiste à imprégner superficiellement un support avec une matière plastique sous forme de pâte. On dépose le polymère sur le support à l'aide d'un rouleau inducteur puis on égalise l'épaisseur en faisant défiler le support enduit sous une lame métallique. [6]

On peut procéder à plusieurs enductions successives pour obtenir des effets variés : couche protectrice puis couche d'aspect, par exemple : Les applications type de ce procédé sont les tissus enduits pour sièges auto, les vêtements, les chaussures, l'ameublement, la toile cirée...

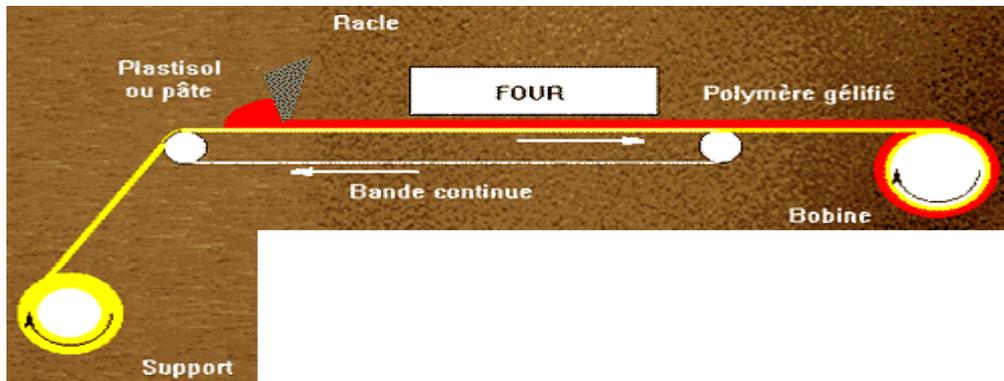


Figure II.9 : Procédé de la technique d'enduction.

II.2. Procédé de mise en œuvre des thermodurcissables :

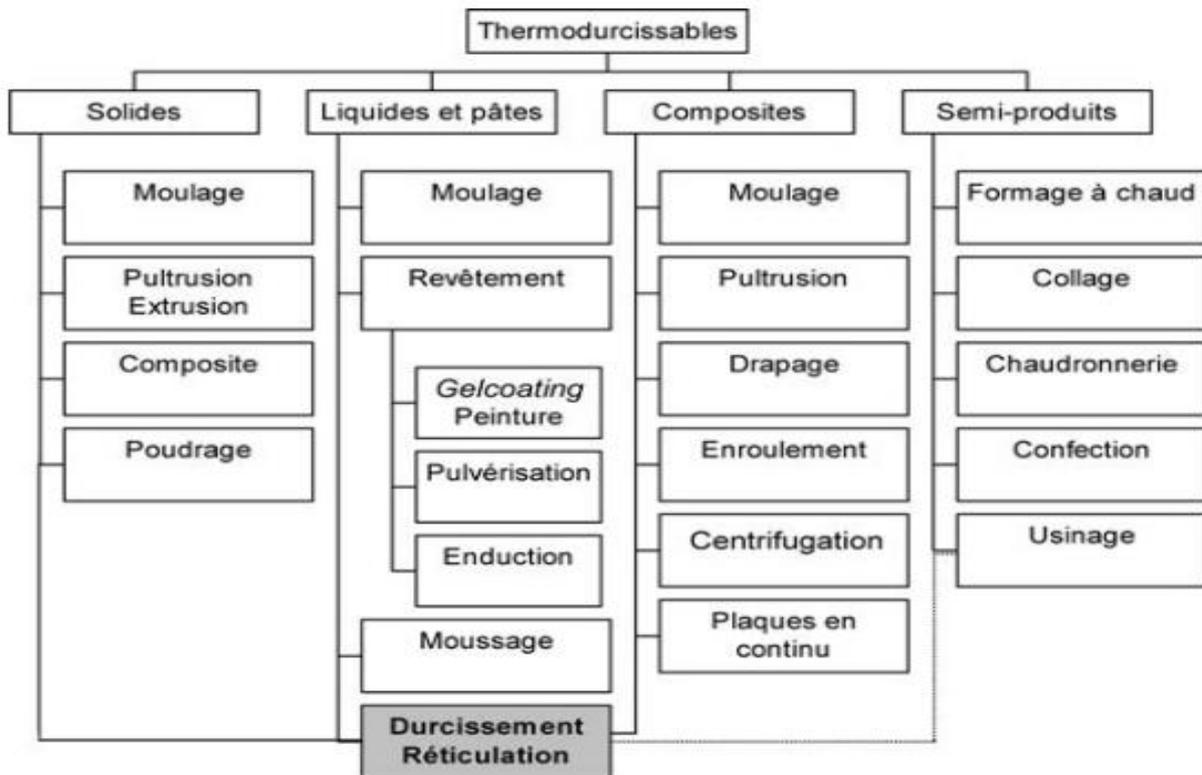


Figure II.10 : Principe de la mise en œuvre. [13]

La mise en œuvre de ces matières est particulière, puisque les pièces en plastiques thermodurcissables deviendront au cours de leur transformation des objets finis insolubles et infusible. Pour ce faire, les industriels emploient principalement des méthodes de moulage par coulée (liquide versé dans un moule chauffé) ou par injection. [25]

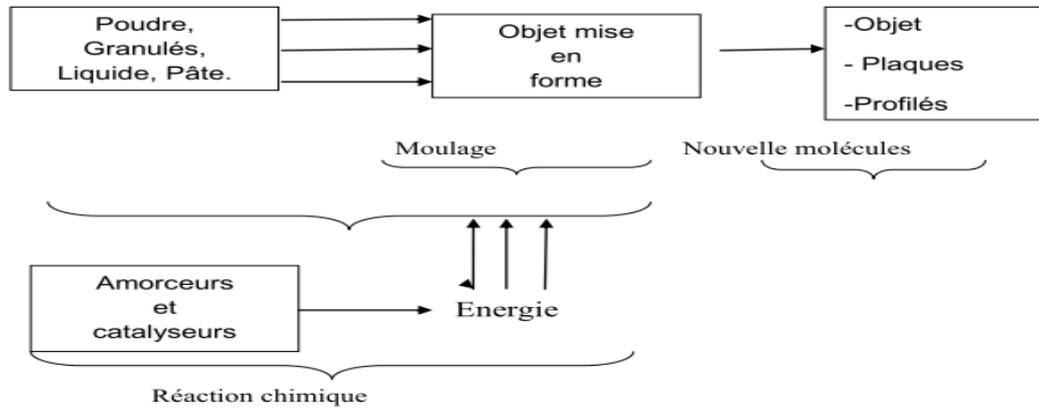


Figure II.11 : Principe de mise en œuvre des thermodurcissables. [25]

II.2.1. Coulée :

Plusieurs résines sont suffisamment fluides avant polymérisation pour être coulées, c'est-à-dire versées dans un moule de forme sans appliquer de pression.

La plupart des thermodurcissables peuvent être coulés.

L'utilisation de sirops de polymère avec du monomère fabriqué en interrompant la polymérisation permet de contrôler la température et le retrait. [6]

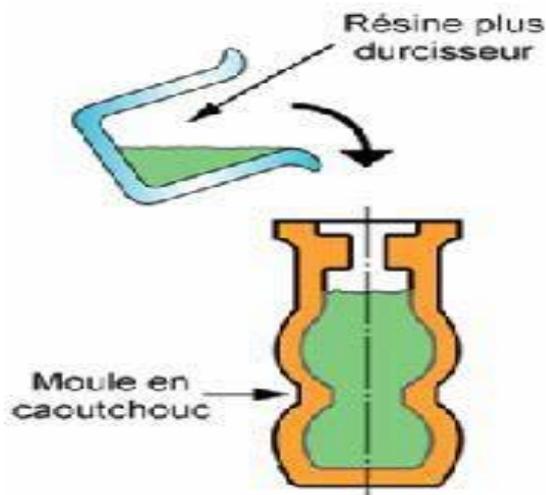


Figure II.12 : Technique de la coulée.

II.3. Généralités sur le polypropylène :

II.3.1. Présentation :

Les polypropylènes sont des matériaux polymères thermoplastiques semi-cristallins obtenu par polymérisation du propylène. Les polypropylènes sont obtenus par polymérisation du propylène (conduisant aux homopolymères) ou par copolymérisation du propylène avec de l'éthylène (conduisant aux copolymères), à l'aide de catalyseurs stéréospécifiques de type Ziegler-natta, à une pression modérée de 1 à 5 MPa et une température de 50 à 110 C.

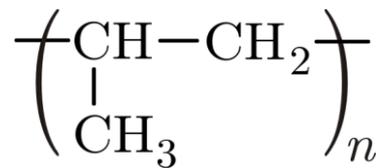


Figure II.13 : Unité répétitive en polypropylène. [11]

II.3.2. Différents types de polypropylènes :

Les catalyseurs et les procédés actuels permettent la fabrication de trois types de polypropylènes : - Les homopolymères ; Les copolymères ; Les compounds. [13]

a. Homopolymère :

Est obtenu par polymérisation Ziegler Natta d'un seul monomère, en l'occurrence le propylène. Son isotacticité est maximale (92 à 99%), Il est caractérisé par un module de Young et une température de fusion élevés, mais une résistance au choc faible, Ce dernier est gazeux à température ambiante, très soluble dans l'acide acétique et insoluble dans l'eau.

b. Copolymère :

C'est un assemblage aléatoire ou ordonné d'au moins deux monomères, Dans le cas du polypropylène, il est obtenu par copolymérisation de propylène et d'éthylène. La structure de ces copolymères est semblable à celle des homopolymères avec une distribution statistique des motifs éthyléniques (copolymères statistiques). On estime que 20% de la production de matériaux étiquetés PP sont en fait des copolymères.

Les produits commerciaux contiennent 1,5 à 7% en masse d'éthylène Polymérisé ; ils sont plus transparents, plus facilement thermoscellables, ils sont plus souples, ont de bonnes propriétés optiques en film et plus résistant aux chocs que les homopolymères. Cependant leur module de Young, leur température de fusion et leurs densités sont plus faibles. [9]

c. Compounds :

Sont des mélanges de PP et d'additifs minéraux ou des mélanges PP/élastomère. Parmi les charges minérales entrant dans la composition de compounds à base PP, citons par exemple : les fibres de mica et des composés comme le talc ou le carbonate de calcium, la teneur de ces composés incorporés au PP n'excède pas 40%. Leur incorporation au PP améliore les propriétés thermiques et/ou mécaniques de ce dernier (tenue thermique - rigidité - résistance au choc...).

II.3.3. Propriétés des polypropylènes :**a. Propriété mécanique :**

La densité du PP est comprise entre 0,895 et 0,92 g / cm³. Par conséquent, le PP est le plastique de base avec la densité la plus faible. Avec une densité plus faible, des pièces moulées avec un poids plus faible et plus de pièces d'une certaine masse de plastique peuvent être produites.

Le module de Young du PP est compris entre 1300 et 1800 N / mm².

Le polypropylène est normalement résistant et flexible, en particulier lorsqu'il est copolymérisé avec de l'éthylène. Cela permet au polypropylène d'être utilisé comme plastique technique. Le polypropylène est raisonnablement économique.

Le polypropylène a une bonne résistance à la fatigue. [12]

b. Propriétés thermique :

Le point de fusion du polypropylène se situe dans une plage, de sorte que le point de fusion est déterminé en trouvant la température la plus élevée d'un diagramme de calorimétrie à balayage différentiel.

Le PP parfaitement isotactique a un point de fusion de 171 ° C (340 ° F). Le PP isotactique commercial a un point de fusion qui varie de 160 à 166 ° C en fonction du matériau atactique et de la cristallinité. Le PP syndiotactique avec une cristallinité de 30% à un point de fusion de 130 ° C (266 ° F). En dessous de 0 ° C, le PP devient cassant.

La dilatation thermique du PP est très importante, mais légèrement inférieure à celle du polyéthylène. [13]

c. Propriétés chimique :

Le polypropylène à température ambiante résiste aux graisses et à presque tous les solvants organiques, à l'exception des oxydants puissants. Les acides et bases non oxydants peuvent être stockés dans des conteneurs en PP. À température élevée, le PP peut être dissous dans des solvants non polaires tels que le xylène, la tétraline et la décaline. En raison de l'atome de carbone tertiaire, le PP est chimiquement moins résistant que le PE.

La plupart du polypropylène commercial est isotactique et à un niveau de cristallinité intermédiaire entre celui du polyéthylène basse densité (LDPE) et du polyéthylène haute densité (HDPE). Le polypropylène (isotactique et atactique) est soluble dans le p -xylène à 140 ° C. L'isotactique précipite lorsque la solution est refroidie à 25 ° C et la partie atactique reste soluble dans le p -xylène.

L'indice de fluidité à chaud (MFR) ou l'indice de fluidité à chaud (MFI) est une mesure du poids moléculaire du polypropylène. La mesure permet de déterminer la facilité avec laquelle la matière première fondue s'écoulera pendant le traitement. Le polypropylène avec un MFR plus élevé remplira le moule en plastique plus facilement pendant le processus de production par injection ou par soufflage. Cependant, à mesure que la fluidité à chaud augmente, certaines propriétés physiques, comme la résistance aux chocs, diminuent. [5]

Conclusion :

Les procédés de mise en œuvre permettent d'obtenir des pièces en plastique, parfois même en alliages d'aluminium, de formes complexes et généralement en une seule opération. L'injection plastique est le procédé le plus utilisé dans ce domaine.

Dans un environnement concurrentiel, l'actualisation permanente des designs est nécessaire. Pour cela, il suffit de changer le moule.

Le polypropylène est un des polymères des plus privilégiés de l'industrie pour une très large gamme d'utilisation. Par conséquent il est retrouvé en très grande quantités.

Chapitre III :

Conception d'un moule à injection
plastique

Introduction :

L'injection plastique est l'un des procédés le mieux adapté à la production en série de pièces mécaniques. L'importance prise par ce procédé dans la production des pièces nous conduit vers l'étude des pièces injectées, la conception des outillages d'injection ainsi que leur mise en œuvre.

La conception du moule influe de manière décisive sur la qualité et l'économie de la pièce injectée. L'aspect de la pièce, sa résistance mécanique, sa ténacité, ses cotes, sa forme et son coût dépendent de la qualité du moule.

III.1. Définition d'un moule :

Le moule est un ensemble mécanique de très grande précision qui permet de fabriquer des milliers de pièces en injectant de la matière plastique en fusion dans les empreintes prévues à cet effet. Il est utilisé sur une machine appelée presse à injection.

Le moule est composé de deux parties principales, une partie fixe pour l'injection de la matière et une partie mobile pour la fermeture du moule.

Quand le moule est fermé, la surface de contact entre ces deux parties est appelée plan de joint. C'est au niveau de ce plan de joint que la pièce devra se démouler. La difficulté est de définir physiquement sa position. Il n'est pas toujours plat et il peut avoir des formes complexes.

Pour ne pas laisser de traces sur les pièces moulées, les deux parties doivent s'emboîter parfaitement pour établir l'étanchéité lorsque le moule est fermé et sous pression [6].

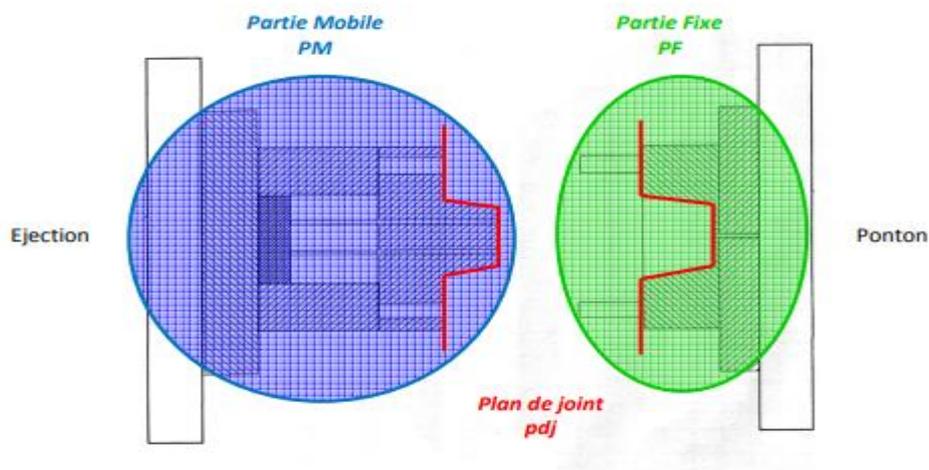


Figure III.1 : Différentes parties d'un moule d'injection.

III.2. Architecture du moule :

III.2.1. Terminologie :

Le moule est l'outil utilisé en injection des matières plastiques, qui remplit plusieurs fonctions et il a pour but de donner à la matière une forme finale nommée pièce ou article. Un moule est constitué principalement de composants illustres par les figures suivantes : [16]

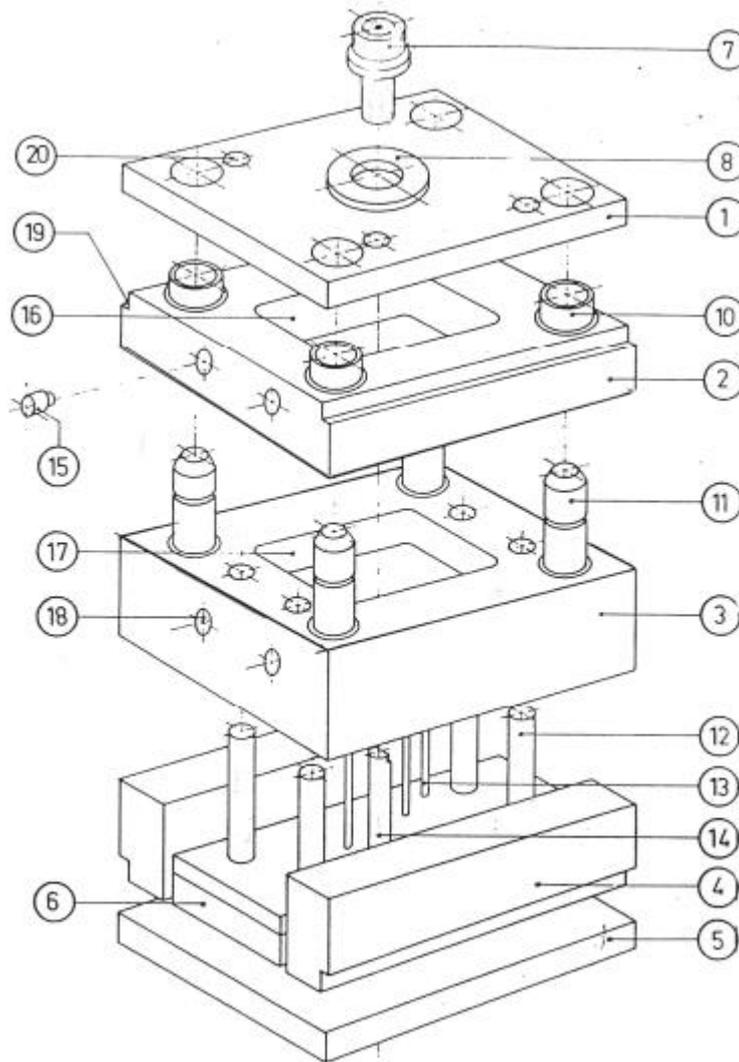


Figure III.2.a : Vue éclatée d'un moule d'injection.

	19	Rainure de bridage
	18	Circuit de régulation thermique
	17	Logement empreinte côté éjection
	16	Logement empreinte côté injection
	15	Raccord rapide de circuit d'eau
→	14	Arrache-carotte
→	13	Ejecteur
→	12	Ejecteur de rappel
→	11	Colonne de guidage
→	10	Bague de guidage
→	9	Plaque porte éjecteurs
	8	Rondelle de centrage
	7	Buse moule
→	6	Contre plaque d'éjection
→	5	Plaque arrière côté éjection
	4	Tasseau
	3	Plaque porte empreinte côté éjection
	2	Plaque porte empreinte côté injection
	1	Plaque arrière côté injection
	Repère	Désignation

Batterie d'éjection

 Guidage moule

Figure III.2.b : Terminologie des éléments constituant l'outillage.

III.2.2. Elément standards :

- **La buse d'injection** : Permet le passage de la matière du fourreau vers l'empreinte (Voir figure III.20).
- **La bague 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. (Voir figure III.19).
- **Plaque arrière côté injection** : Permet de fixer la rondelle de centrage, la buse moule et les bagues de guidage, ainsi que le bridage. (Voir figure III.21).
- **Bague de guidage** : Permet le guidage des colonnes de guidages. (Voir figure III.26).
- **Plaque porte empreinte côté injection** : Permet la fixation de la bague de guidage, contient le circuit de régulation de température. (Voir figure III.22).

- **Colonnes de guidage** : Permet de guider la partie mobile (PM) sur la partie fixe (PF) pour aligner parfaitement l'empreinte. (Voir figure **III.23**).
- **Plaque porte empreinte côté éjection** : Permet la fixation des colonnes de guidage, contient le circuit de régulation. (Voir figure **III.34**).
- **Ejecteur de rappel** : Permet la remise à zéro de la batterie d'éjection, dans le cas d'une éjection non-attelé.
- **Ejecteurs** : Permet d'éjecter la pièce quand le moule est ouvert. (Voir figure **III.30**).
- **Extracteur de carotte (arrache-carotte)** : Permet l'extraction de la carotte, ainsi lors de l'ouverture, la moulée ne reste pas bloqué dans la (PF). (Voir figure **III.29**).
- **Tasseaux d'éjection** : Permet d'obtenir une course optimum de la batterie d'éjection. (Voir figure **III.31**).
- **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. (Voir figure **III.35**).
- **Batterie d'éjection** : Permet la translation des arraches carotte, remise à zéro et éjecteurs. Est composé de la plaque porte éjecteurs et de la contre plaque d'éjection.
- **Vis de fixations** : Permet de fixer la plaque arrière côté injection sur la plaque porte empreinte côté injection.
- **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 régulation thermique : permet de réguler le moule avec de l'eau.

III.3. Type de moules :

On trouve plusieurs architectures différentes des moules et cela selon la conception de la pièce et les difficultés d'usinage et de moulage ainsi que la presse utilisée. [9]

Parmi ces différentes architectures nous présentons quelques exemples :

III.3.1. Moule à deux plaques :

C'est le type de moule le plus couramment utilisé à cause de sa simplicité de mise au point et de fabrication. [9]

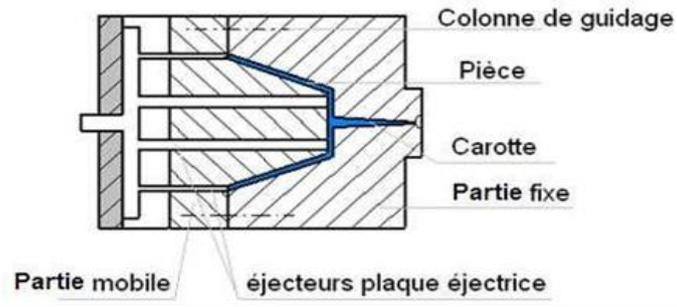


Figure III.3 : Exemple de moule simple à deux plaques.

III.3.2. Moule à trois plaques :

Ce moule permet le dérapage automatique des pièces injectées et des déchets (canaux, carotte) lors de l'ouverture du moule.

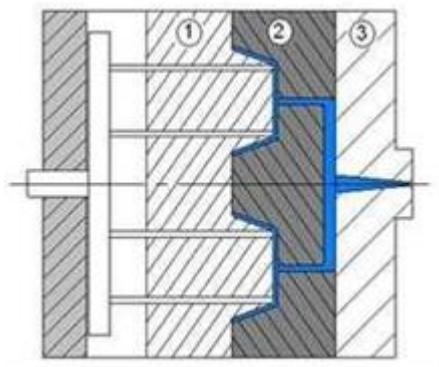


Figure III.4 : Exemple de moule à trois plaques.

III.3.3. Moule à coquille :

Ce moule permet de réaliser les contre dépouilles extérieures, mais il est toujours demandé de prendre soins de la fermeture du moule et surveiller la fermeture de la machine

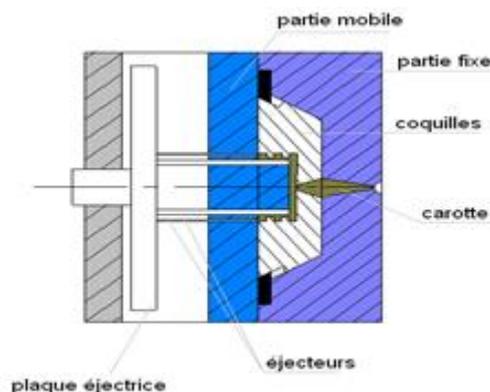


Figure III.5 : Exemple de moule à coquilles.

III.3.4. Moule à tiroir :

Permet le démoulage de pièces possédant des surfaces en contre-dépouille.

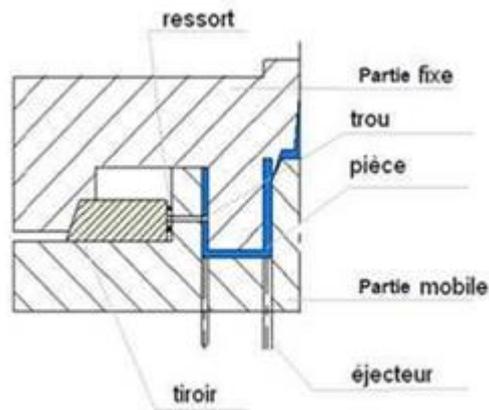


Figure III.6 : Exemple de moule à tiroir.

III.3.5. Moule à canaux chauffants :

Ces moules sont plus chers (du type à 3 plaques), mais rentables par les gains de matière et de temps de cycle car la carotte n'a pas à se solidifier.

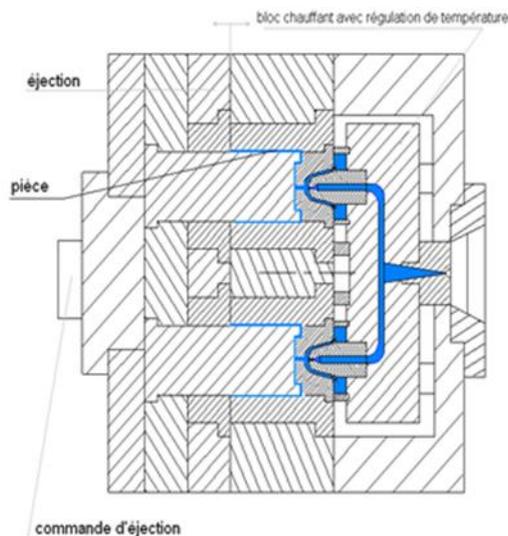


Figure III.7 : Exemple de moule à canaux chauffant.

III.4. Fonctions d'un moule d'injection plastique :

Il existe quatre fonctions qui sont les plus importantes et des fonctions techniques internes qui sont nécessaire pour le fonctionnement du moule. La fonction principale qui est la mise en forme et trois fonctions contraintes qui sont l'éjection, le refroidissement et l'alimentation.

III.4.1. Fonction mise en forme (Fonction principale) :

La fonction mise en forme : appelée aussi fonction **empreinte** elle permet de donner la forme à la matière injecter pour obtenir une pièce conforme au cahier des charges mais surtout une pièce qui soit démoulable sans problème. C'est la fonction principale du moule. [3]

L'empreinte est généralement composée par un **noyau** (empreinte mâle située dans la partie mobile) et par une **cavité** (empreinte femelle située dans la partie fixe). Située de part et d'autre du plan de joint, les deux parties de l'empreinte lors de l'ouverture permettent l'extraction de la pièce lors du démoulage. Certaines parties de l'empreinte peuvent servir pour la fonction éjection. Comme exemple de ces parties on cite :

- Tiroirs
- Cale montante
- Éjecteur e forme ...

1. Règles de dessin :**a. Retrait :**

La pièce moulée est plus petite que l'empreinte du moule. [3]

b. Notion de dépouilles et contre dépouilles :

• **Forme non dépouillée** : le démoulage est difficile, voire impossible car il y a un frottement important entre les formes moulantes de l'empreinte (poinçon) et la matière solidifiée. Ces frottements sont dus essentiellement au retrait de la matière lors de son refroidissement dans l'empreinte.

• **Forme dépouillée** : Mettre des angles de dépouilles facilite le démoulage de l'empreinte. En général les angles de dépouille intérieure sont plus importants que les angles de dépouilles extérieures (retrait).

• **Formes-en contre dépouille** : C'est la surface formante empêchant un démoulage dans une direction perpendiculaire au plan de joint. Lors de la conception d'une pièce on évitera au maximum les surfaces en contre-dépouille car elles entraînent un moule.

III.4.2. Fonction alimentation :

Le plastique fondu entre dans le moule par le système d'alimentation. Il se compose généralement de trois sections principales : la carotte (le canal principal), les *canaux* d'alimentation (les canaux secondaires) et les points d'injection (les seuils).

Différents types de seuils conviennent à différentes applications. Le système d'alimentation est détaché de la pièce après l'éjection. C'est le seul déchet de matière en injection plastique, dont 15 à 30 % peuvent être recyclés et réutilisés.

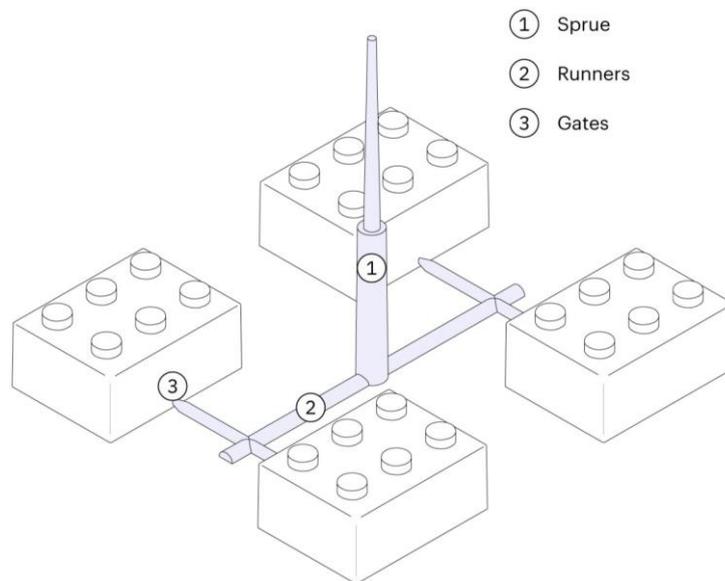


Figure III.8 : Système d'alimentation d'un moule [17].

Différents types de seuil d'injection conviennent à différentes applications. Il existe 4 types de seuils utilisés dans le moulage par injection :

III.4.3. Seuils d'injection :

Le seuil d'injection est le point où la matière pénètre dans l'empreinte du moule [18].

a. Seuil en masse ou direct :

Utilisé pour les matières visqueuses.

A : Très bon remplissage,

Bonne stabilité dimensionnelle de la pièce.

I : Opération de reprise pour enlever la carotte,

Trace non esthétique sur la pièce.

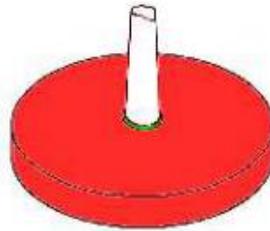


Figure III.9 : Seuil en masse ou direct.

b. Seuil annulaire :

Utilisé pour la réalisation de pièces cylindriques ayant des noyaux.

A : Remplissage uniforme de l’empreinte.

I : Opération de reprise pour enlever la carotte,

Déchets importants.

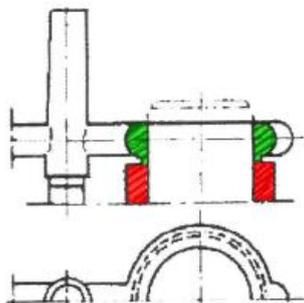


Figure III.10 : Seuil annulaire.

c. Seuil conique ou en éventail :

Utilisé pour les pièces de révolution symétrique avec noyau

A : Permet un écoulement équilibré de la matière autour du noyau, Peut permettre un dérapage automatique.

I : Déchets,

Opération de reprise.

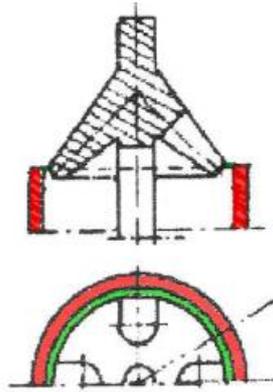


Figure III.11 : Seuil conique ou éventail.

d. Seuil capillaire :

Utilisé avec un moule canaux chauds (sans carotte) ou un moule 3 plaques

A : Démoulage automatique et faible trace sur la pièce.

I : Uniquement pour les matières fluides,

Coût du moule élevé.

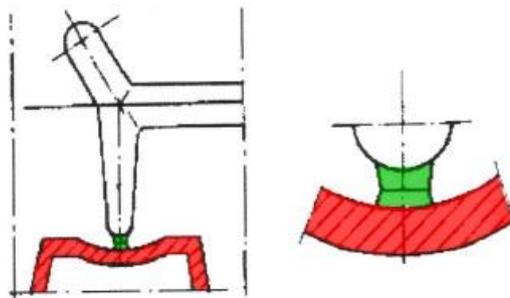


Figure III. 12 : Seuil capillaire.

e. Seuil en nappe :

Utilisé pour des pièces plates de grande dimension devant présenter un faible voilage

A : Bonne qualité dimensionnelle.

I : Opération de reprise,

Esthétisme.

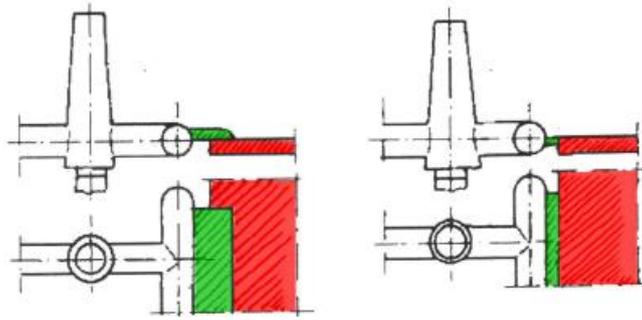


Figure III.13 : Seuil en nappe.

f. Seuil sous-marin :

Utilisé pour les petites pièces et dans un but de dérapage automatique

A : Dérapage automatique.

I : Uniquement pour les pièces simples, car grosse perte de pression.

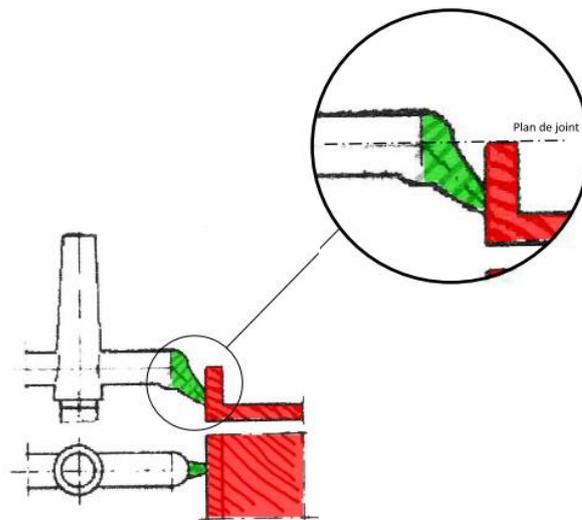


Figure III.14 : Seuil sous-marin.

g. Seuil à tunnel courbé :

Utilisé pour les pièces minces d'aspect.

A : Dérapage automatique.

I : Usinage coûteux,

Ne conviens pas à toutes les matières.

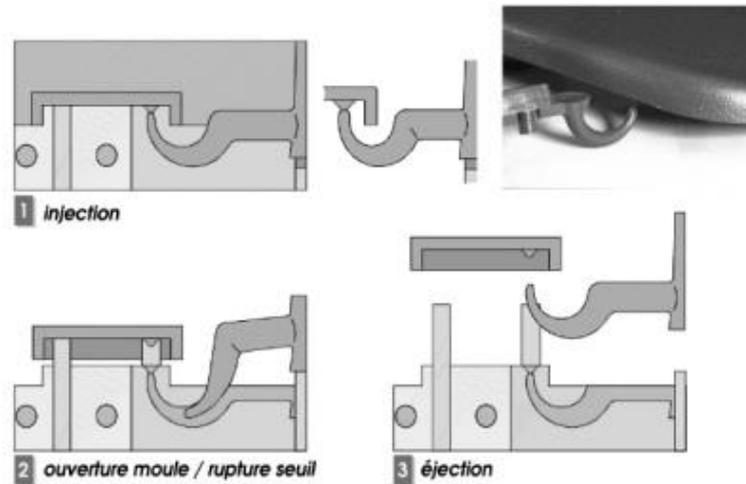


Figure III.15 : Seuil à tunnel courbé.

III.4.4. Fonction régulation ou refroidissement :

Un moule doit permettre un refroidissement et une solidification uniforme de la matière injectée dans l'empreinte et dans les canaux. La nécessité de cette fonction s'explique pour l'obtention d'une certaine structure plus ou moins cristalline de la matière et pour la recherche de cadences de production élevées. Elle sera réalisée par la circulation d'un fluide calorifique (réfrigérant) à côté des éléments de l'empreinte. Le fluide circule dans des canaux de refroidissement qui entourent la cavité (empreinte femelle) et dans les noyaux (empreinte mâle). [20]

1. Conception des circuits de refroidissement :

a) Temps de cycle :

Un cycle complet peut se décomposer de la manière suivante :

- Cycle à vide de la machine (mouvement de la presse) donné par les constructeurs ou relevé dans l'atelier.
- Temps de remplissage obtenu théoriquement si on connaît le débit de la presse et le poids de la pièce.
- Temps de refroidissement établi par calcul.
- Pourcentage de temps rajouté ou non en fonction de l'expérience ou des difficultés particulières de démoulage (bossages, nervures, mouvement de coquilles, etc.).

b) Temps de refroidissement :

C'est le temps mis par la matière injectée pour atteindre sa température maximale autorisant le démoulage. L'échange de chaleur entre la matière plastique et le fluide de refroidissement se fait grâce à la conduction thermique.

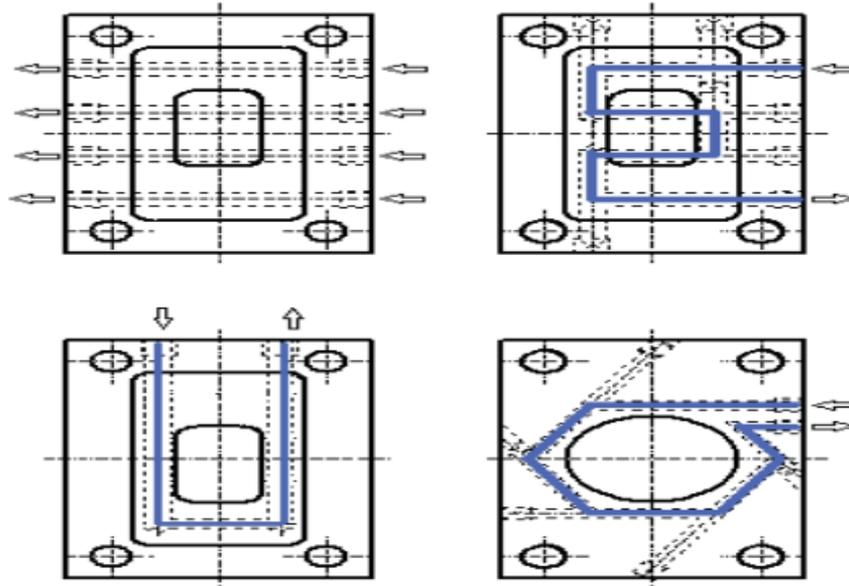


Figure III.16 : Circuit de refroidissement des plaques de moules.

III.4.5. Fonction éjection :

Elle permet d'extraire la ou les pièces de l'empreinte, ainsi que les éléments qui assurent l'alimentation des pièces (carottes, canaux...). C'est la fonction la plus complexe dans le moule. Elle comporte plusieurs pièces mécaniques qui travaillent ensemble pour assurer l'extraction de la pièce du moule sans la détériorer. C'est le mécanisme qui comporte le plus de pièces dans le moule.

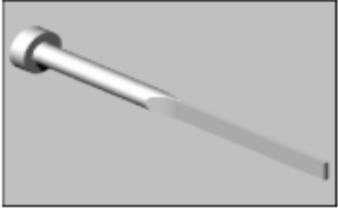
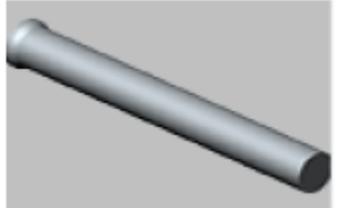
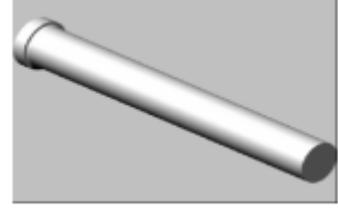
Généralement les moules sont identifiés par leurs types du système d'éjection. On dit par exemple :

- Un moule est à tiroir,
- Un moule à plaque dévêtisse use,
- Un moule à éjecteurs à soupapes,
- Un moule à deux plans de joint (ou parfois on l'appelé moule à trois plaques),
- Moule à éjecteurs simples ...

Les éjecteurs sont des barres métalliques cylindriques pleines (parfois creuses) qui, lors de l'ouverture du moule, viennent pousser la pièce plastique pour l'extraire du moule. Il s'agit de la technique d'éjection la plus utilisée car elle peut s'appliquer à quasiment toutes les pièces plastiques. Les traces des éjecteurs sont souvent visibles sur la pièce et sont considérées comme "inesthétiques". Les concepteurs de pièces injectées s'arrangent alors pour que ces traces d'éjecteurs se situent sur la partie cachée de la pièce plastique lors de son utilisation.

Il existe plusieurs types d'éjecteurs dans le marché, on cite quelques-uns :

Tableau III.1 : Types d'éjecteurs [19].

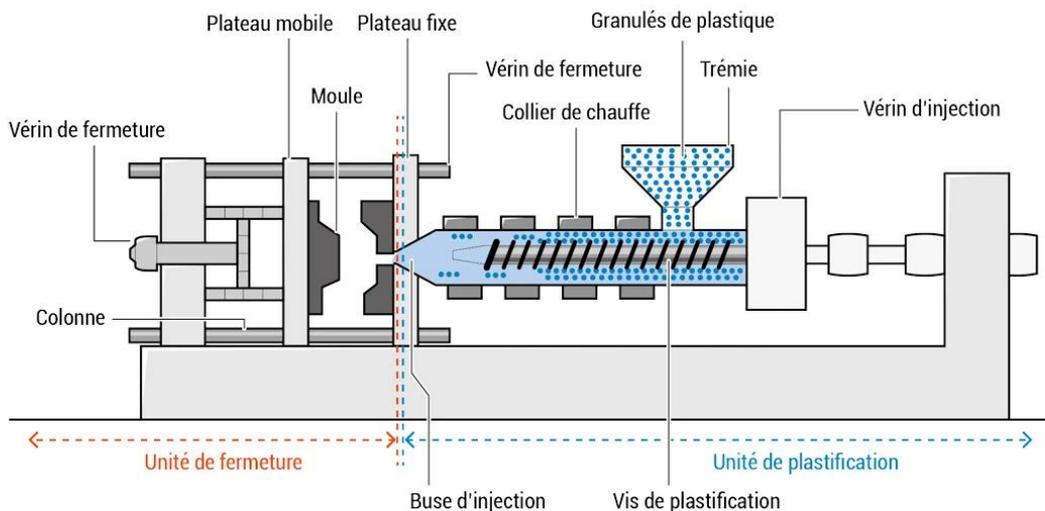
Solutions	Figure
<p>S1 : Éjecteurs à lames : Les lames usinées ou rapportées permettent d'éjecter des pièces peu épaisses.</p> <p>Les éjecteurs à lame doivent être guidés pour éviter les risques de flexion ou de flambage.</p>	
<p>S2 : Éjecteurs à tête conique : sa forme le rend fonctionnelles pour l'éjection des pièces de différentes formes.</p> <p>Risque de flambage moderne et cout élevé.</p>	
<p>S3 : Éjecteurs à tête cylindrique : sa forme le rend fonctionnelles pour l'éjection des pièces de différentes formes.</p> <p>Risque de flambage moderne et cout élevé.</p>	
<p>S4 : Éjecteurs épaulés : utiliser pour éjecter les articles de faible dimension.</p> <p>Risque de flambage et cout très élevé.</p>	

III.5. Presse d'injection :

La presse d'injection est une machine qui permet d'obtenir des pièces en plastique injecté sous pression dans un moule (monté sur la presse).

Il existe plusieurs presses d'injection plastique : presse à piston, à vis sans fin, à plateau tournant. Elles sont nommées couramment dans l'industrie « presses à injection » ou « presses à injecter ». Le nom de presse est dû au fait que le moule est fortement fermé et compressé dans une presse hydraulique ou électrique spéciale. Les presses à injection sont classées par tonnage pouvant varier de 5 tonnes à 9 000 tonnes. [20]

III.5.1. Structure de la presse d'injection :



. **Figure III.17** : Différentes unités d'une presse à injection.

III.6. Choix des matériaux :

III.6.1. Généralités :

La carcasse d'un moule sera réalisée à partir d'éléments standards en acier prétraité ou traité. Le fabricant de l'outillage n'intervient que pour réaliser les blocs ou pavés liés à la réalisation de l'empreinte, la mise en place du système d'éjection et l'obtention des formes en dépouille [15].

Ces éléments standards pour l'outillage sont proposés par plusieurs entreprises :

DME, HASCO, RABOURDIN.... Pour les dimensions, se reporter aux catalogues correspondants. Ils permettent de réaliser des études de fabrication qui présentent un certain nombre d'avantages :

- Diminution du prix de revient de l'outillage,
- Diminution des délais d'approvisionnement,
- Diminution du temps de pré-étude et d'établissement des devis,
- Diminution du temps de l'étude définitive,
- Réutilisation de certains éléments.

III.7. Maintenance et manutention :

- Les taraudages servent pour la manutention des composantes du moule,
- Tous les composants du moule ont des taraudages qui servent pour la maintenance du moule,
- L'utilisation des éléments standards pour éviter toutes les pertes de temps pendant la maintenance (goupilles, vis, éjecteurs, colonnes...). [20]

III.8. Sécurité :

1) Le moule est équipé d'une plaque de verrouillage pour la liaison de la partie fixe à la partie mobile, pendant le montage et le démontage ainsi que lors de la manutention du moule.

2) Butés de course d'éjection ; elles servent à laisser un jeu entre la semelle mobile et les deux plaques éjectrices pour faciliter le dégagement des dépôts de graisses, des huiles, de poussières sur la semelle mobile et la rectification des butées au lieu de la rectification de tous les éjecteurs [6].

a) Les colonnes de sécurité :

- Pour éviter les fléchissements des éjecteurs,
- En cas de fatigue des ressorts, évite un incident des éjecteurs sur l'empreinte fixe et pour éviter la flexion des portes empreintes mobiles et portes empreintes,
- Les tasseaux principaux et auxiliaires sont des renforts,
- Les pieds du moule pour éviter l'écrasement des tétines.

III.9. Environnement :

- Toutes les composantes du moule sont visées et goupillées, c'est ce qui va permettre de démonter et de trier toutes les pièces usées du moule,
- La fixation par vis pour éviter le bridage (vis, bride, cales),
- Le centrage du moule est assuré par une couronne de centrage. [20]

III.10. CAO (conception assistée par ordinateur) :**III.10.1. Définition de la CAO :**

La conception assistée par ordinateur (CAO) comprend l'ensemble des logiciels et des techniques de modélisation géométrique permettant de concevoir, et de tester virtuellement des produits. Lorsqu'un système est affecté d'un nombre trop grand de paramètres, il devient difficile de tout contrôler. La CAO permet de concevoir des systèmes dont la complexité dépasse la capacité de l'être humain, et d'apprécier globalement le comportement de l'objet créé avant même que celui-ci n'existe. En CAO, on ne dessine pas, on construit virtuellement un objet capable de réagir dans son espace réel selon des lois régies par le logiciel. Le résultat, appelé maquette numérique qui constitue alors un véritable prototype évolutif. Durant notre conception nous avons utilisé le logiciel de conception appelé « SolidWorks » [3].

III.10.2. Avantages de la CAO :

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

Gain de temps et productivité pour les équipes de conception avec l'utilisation de la modélisation solide.

Amélioration considérable de la qualité des produits du fait que la CAO permet de contrôler leurs qualités avant même leurs productions.

Diversification de la production, par la possibilité de conception des formes complexes. Importance des échanges entre concepteurs et réalisateurs, du fait d'une définition beaucoup plus complète en CAO. [3]

III.10.3. Travail demandé :

Le travail consiste en l'étude de la conception d'un moule par injection plastique d'un joint d'une poignée de porte en polypropylène.

Notre travail se répartit en 2 étapes :

1. Conception des moules sur logiciel SolidWorks

Consiste à concevoir les empreintes de la pièce et toute la pièce du moule avec l'outil informatique sur logiciel Solid Works et exécutez une simulation sur SolidWorks plastics.

2. Calcul et vérification dimensionnelle.

Ce sont des calculs et des vérifications qui nous permettent de choisir la machine adéquate et de faire un moulage sans problème.

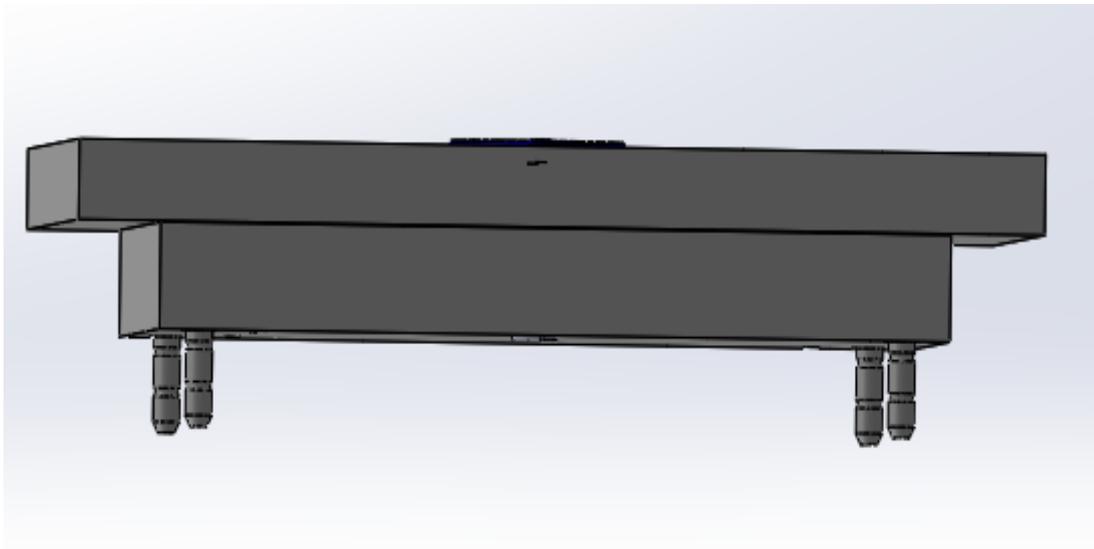
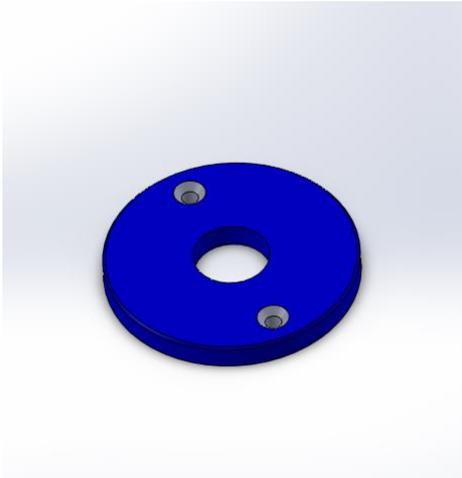
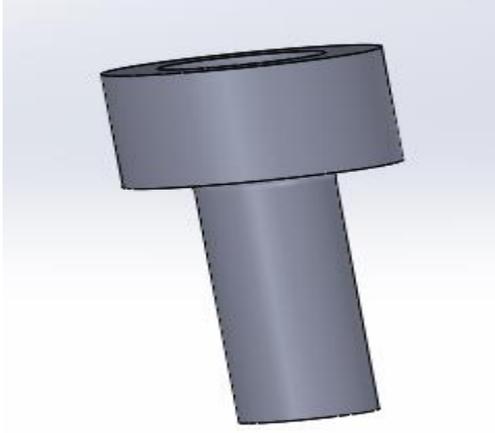
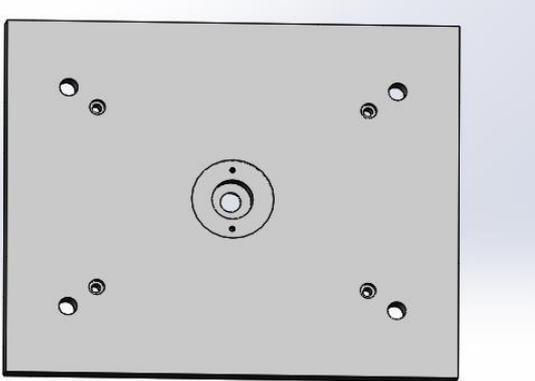
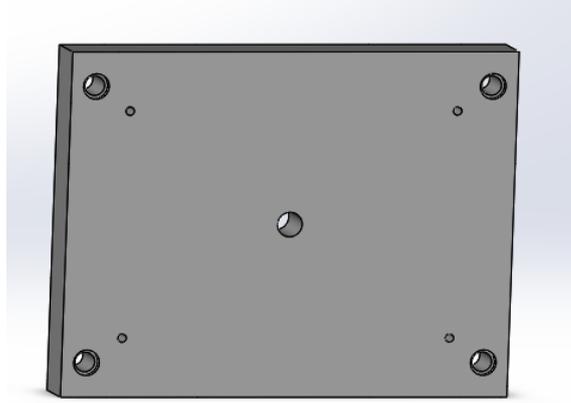
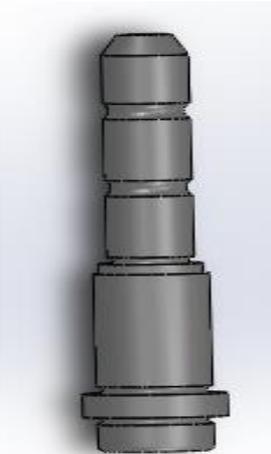
III.11. Dessins de conception :**III.11.1. Partie fixe :**

Figure III.18 : Partie fixe du moule.

	
<p>Figure III .19 : Bague de centrage</p>	<p>Figure III.20 : Buse d'injection</p>
	
<p>Figure III. 21 : Semelle fixe</p>	<p>Figure III. 22 : Porte empreinte</p>
	
<p>Figure III.23 : Colonne de guidage</p>	

III.11.2. Partie mobile :

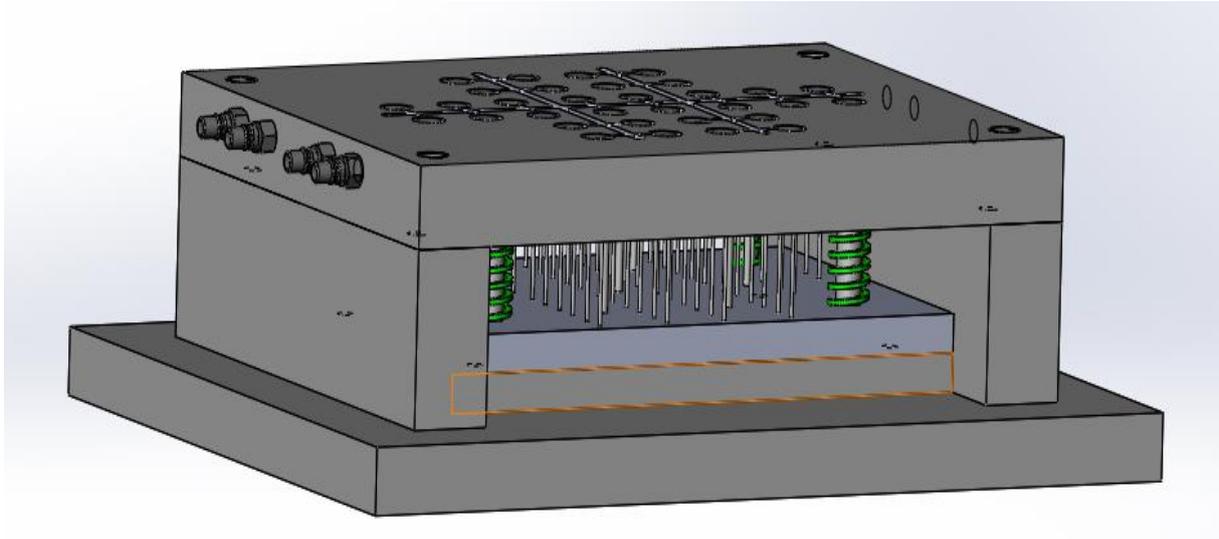
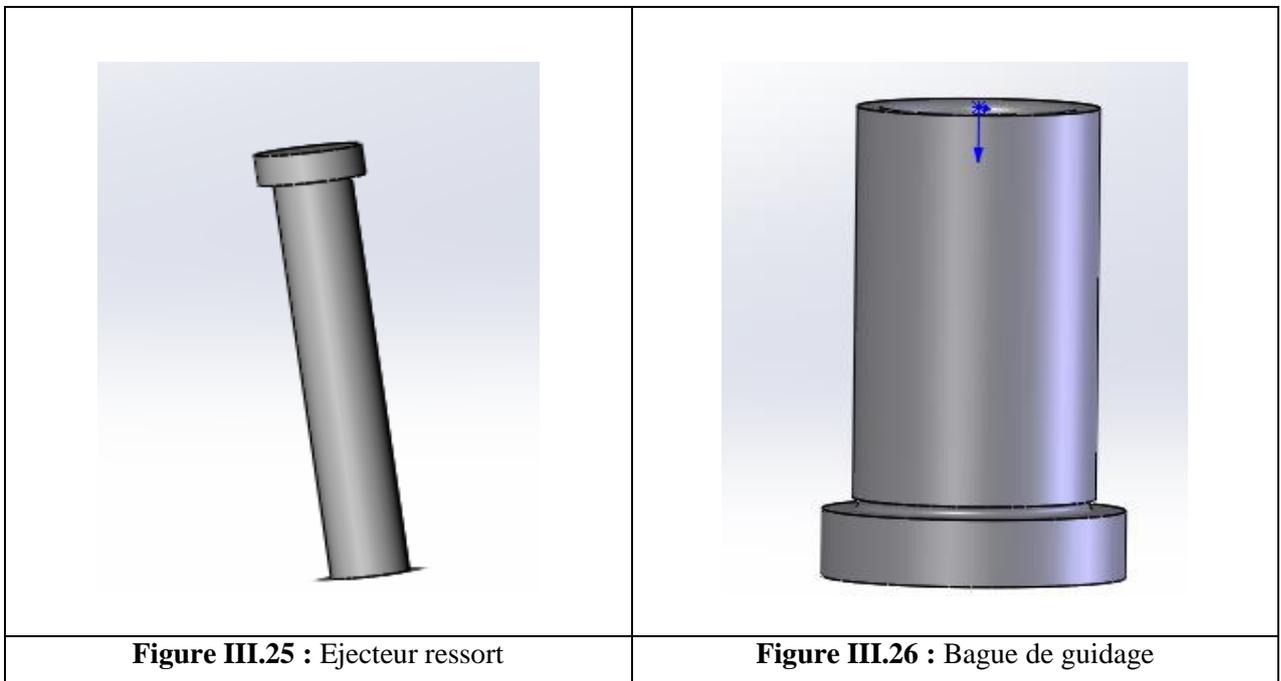
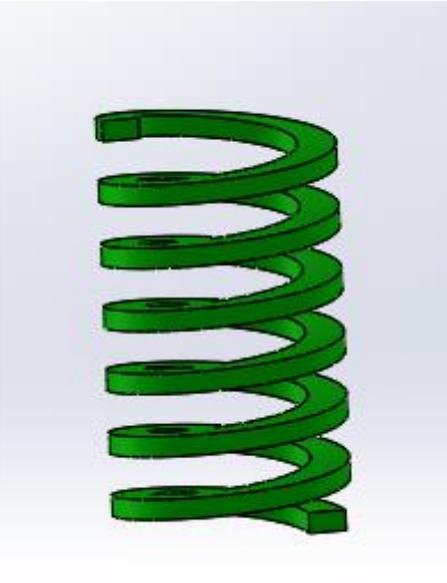
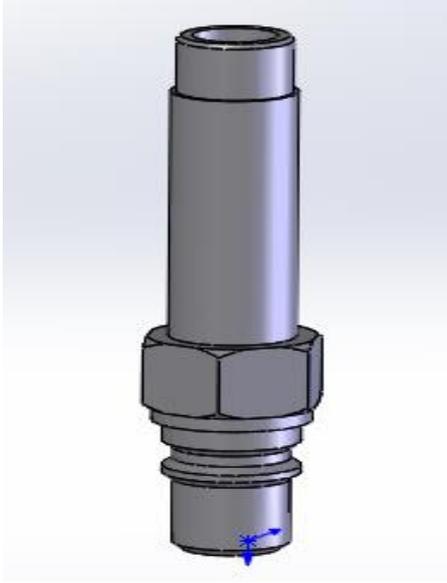
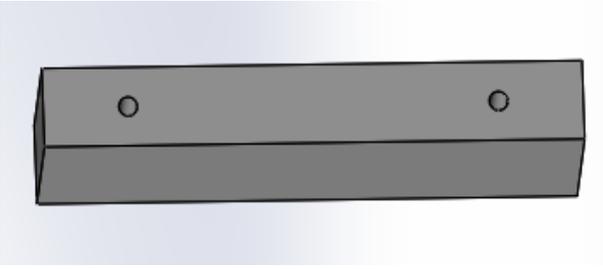
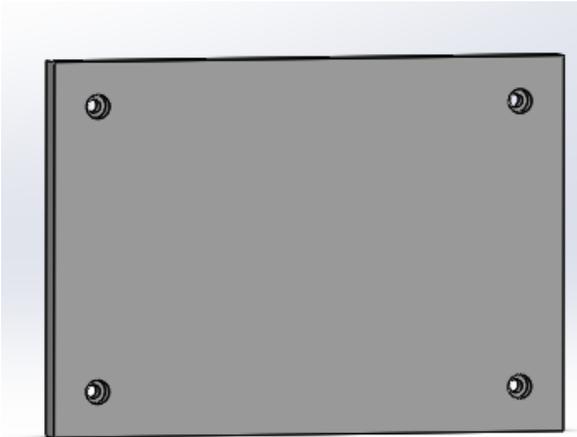
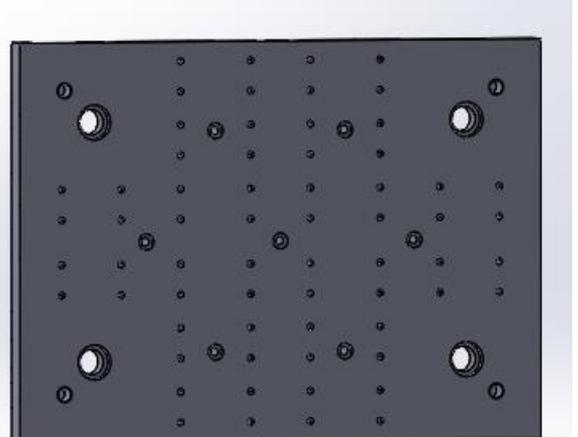
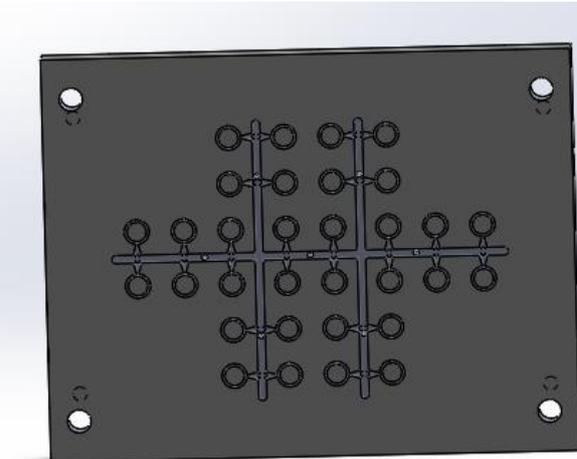
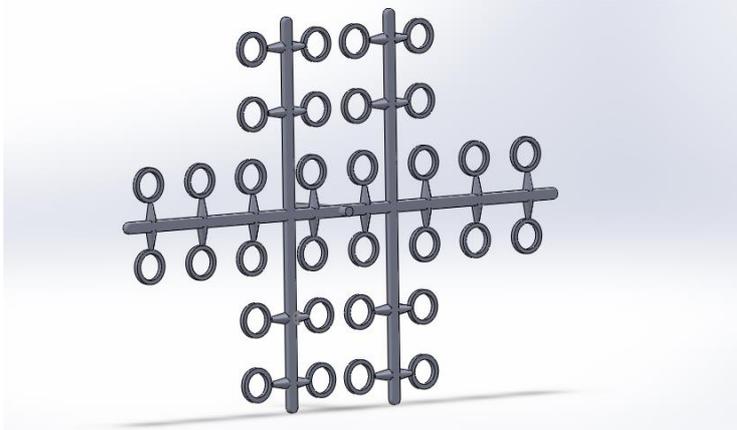


Figure III.24 : Partie mobile du moule.



	
<p>Figure III.27 : Ressort</p>	<p>Figure III.28 : Tétine</p>
	
<p>Figure III.29 : Ejecteur carotte</p>	<p>Figure III .30 : Ejecteur pièce</p>
	
<p>Figure III .31 : Tasseau</p>	

	
<p>Figure III.32 : Contre plaque ejectrice</p>	<p>Figure III.33 : Plaque ejectrice</p>
	
<p>Figure III.34 : Empreinte mobile</p>	<p>Figure III.35 : Semelle mobile</p>
	
<p>Figure III.36 : Disposition des empreintes</p>	

III.11.3. Moule complet :

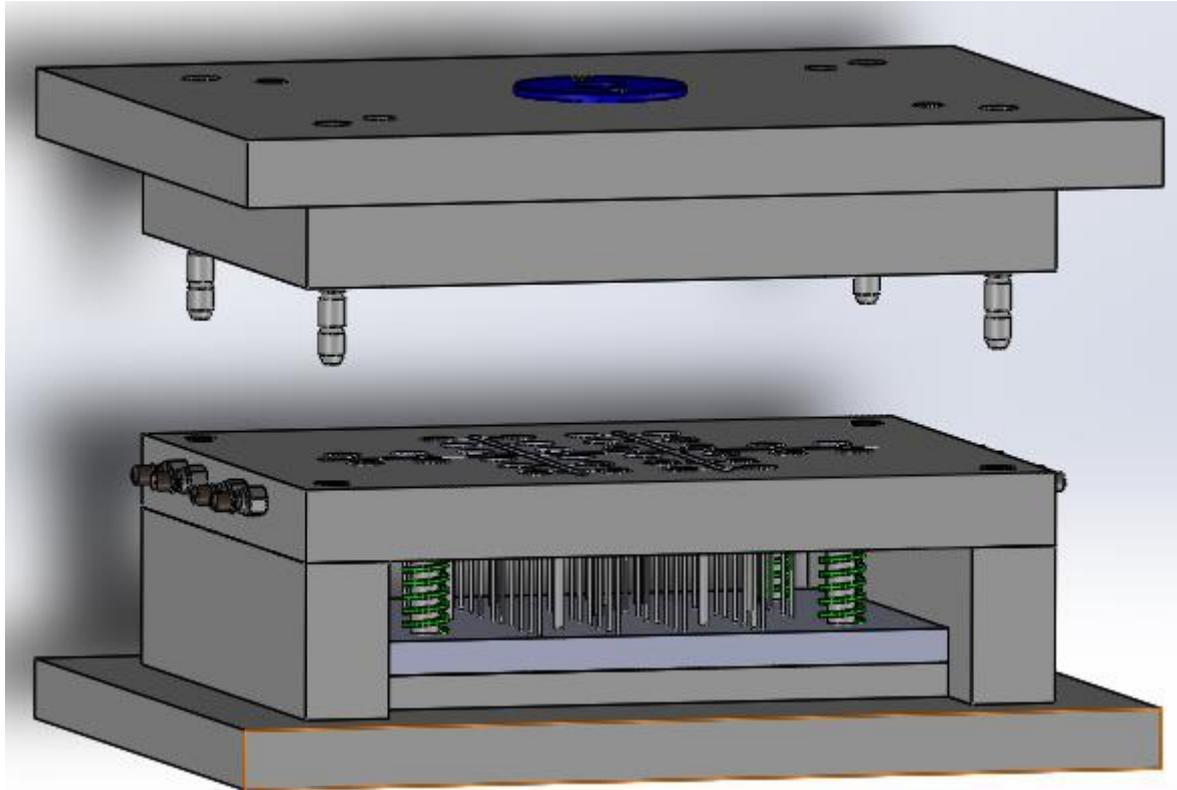


Figure III.37 : Moule complet.

III.12. Simulation de l'injection plastique avec SolidWorks plastics :

Une simulation est réalisée avec des applications poussées qui permettent à l'utilisateur d'étudier et d'analyser les structures et le comportement réel d'un produit ou d'un organisme.

Les applications de simulation permettent de raccourcir le processus d'évaluation et améliorent : les performances ; la sécurité et la fiabilité des produits avant la réalisation de prototype physique aussi coûteux.

III.12.1. Solid Works plastics :

Solid Works plastics regroupe toutes les fonctionnalités nécessaires pour la conception des pièces plastiques et des moules par injection plastiques.

Dès les premières étapes du processus de conception le logiciel permet d'optimiser la fabricabilité ; habilité des pièces des moules tout en anticipant la conception du système d'alimentation afin d'éviter les modifications coûteuses des moules. [23]

Avec ses fonctionnalités de simulation avancée SolidWorks plastics permet également aux utilisateurs d'analyser la représentation schématique de la ligne de refroidissement du moule et de prévoir le gauchissement des pièces moulées.

III.12.2. Avantages de Solid Works plastics :

- Éviter les modifications coûteuses des moules en créant et analysant des représentations des lignes de refroidissement ;
- Améliorer la qualité des pièces plastiques et des moules ;
- Réduire les délais de mise sur le marché.[23]

III.12.3. Exécution de la simulation :

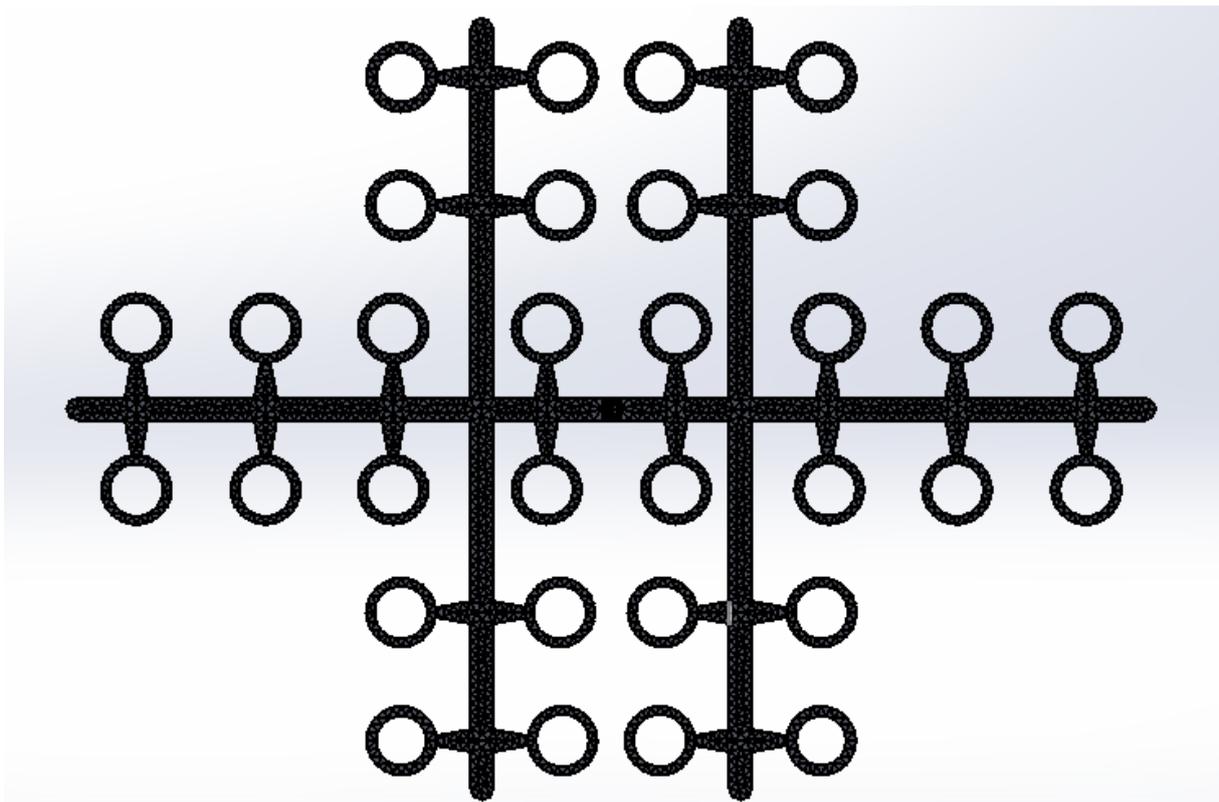


Figure III.38 : Maillage de l'empreinte.

III.12.4. Résultats de la simulation :

L'exécution de la simulation nous donne un rapport d'analyse surfacique du modèle solide.

Le tableau le ci-dessous nous présente un rapport d'analyse surfacique du modèle solide résumé dans une liste des caractéristiques des empreintes ; des canaux d'alimentation ; de la matière plastique ainsi que les conditions du processus d'injection qui sont créés par SolidWorks plastics.

Caractéristique des empreintes et canaux d'alimentation	
Volume totale	52.12
Volume des canaux d'alimentations	23.75
Volume des empreintes	28.37
Poids des empreintes	8
Caractéristique des matières plastiques utilisées	
Nom du groupe	PP
Nom de la matière	(pp) Genetic material / genetic material of PP
Température d'éjection	100 C°

Tableau III.2.a : Résultats de la simulation

Conditions du processus d'injection	
Temps de remplissage	1.61 sec
Températures d'injection matière principale	240 C°
Températures des parois du moule	40 C°
Temps de refroidissement moyen	19 sec
Temps de maintien de pression	2 sec

Tableau III.2.b : Résultats de la simulation.

III.12.5. Temps de remplissage :

Dans les résultats on trouve le temps de remplissage qui montre le profil du plastique fondu lorsqu'il s'écoule dans la cavité de la pièce pendant la phase de remplissage du processus de moulage par injection.

Le temps de remplissage est le temps nécessaire au remplissage de l'empreinte par la matière plastique fondu .La figure ci-dessous montre les zones en bleu vert et rouge : les zones bleues indiquent le début ou la fin du Front d'écoulement. Les régions rouges indiquent la position du Front d'écoulement à un intervalle de temps donné pendant une animation de la phase de remplissage ; ainsi la fin du remplissage lorsque le débit s'est arrêté. On peut également noter que le remplissage des empreintes se termine en même temps parce que les canaux d'alimentation sont équilibrés.

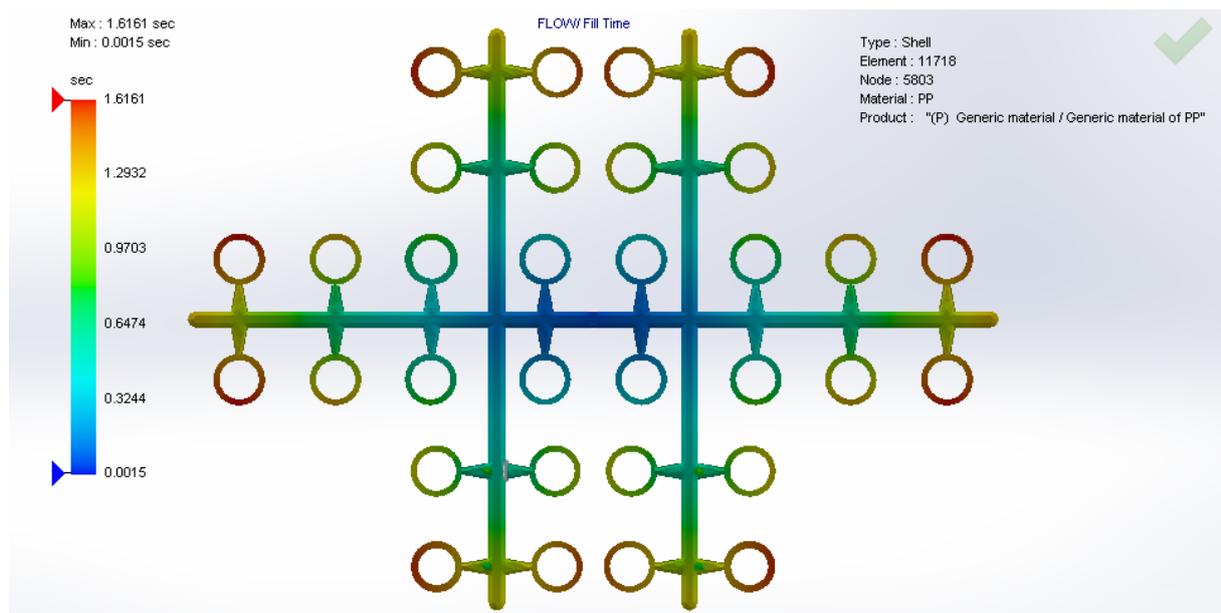


Figure III.39 : Temps de remplissage.

III.12.6. Pression d'injection en fin de remplissage :

La pression en fin de remplissage et la pression nécessaire pour remplir la cavité à la vitesse d'injection de la vis sans fin. Aussi la pression à la fin du remplissage est une très bonne indication de la régularité avec laquelle la cavité s'est remplie.

La figure suivante montre que la pression maximale se produit au point d'injection et la pression minimale se trouve au niveau de la fin des deux empreintes de la partie inférieure du modèle.

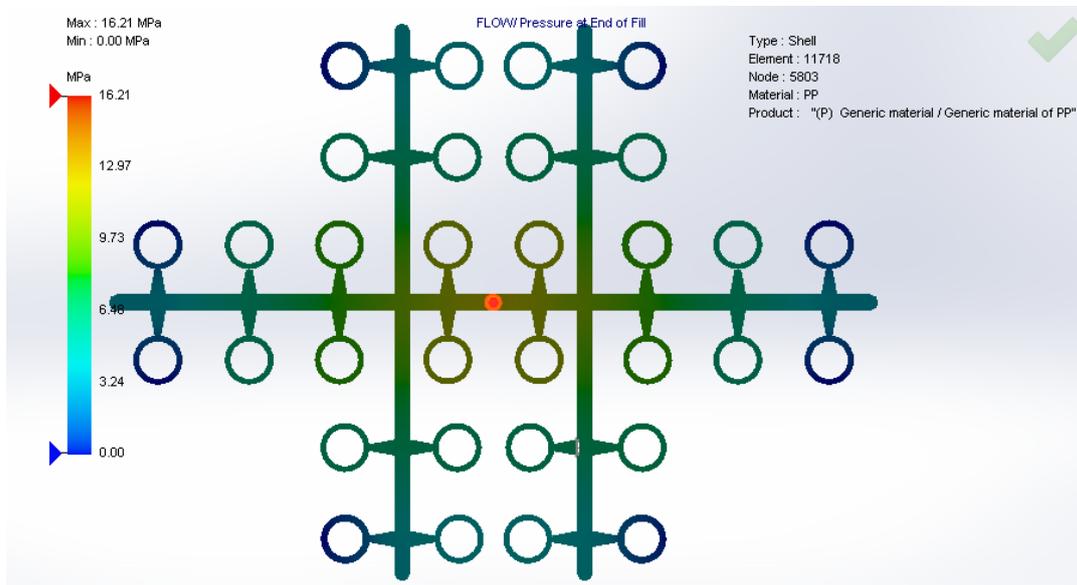


Figure III.40 : La pression d'injection du plastique à la fin du remplissage.

III.12.7. Retrait volumique en fin de remplissage :

Le retrait volumique indique des zones potentiellement préoccupantes en pourcentage du volume original. Les taux de retrait élevé se produisent dans les sections épaisses d'une pièce en plastique qui ne subissent pas une étape de remplissage suffisante pendant le processus de moulage.

Le coefficient de retrait de la matière plastique utilisée PP est 1.015%.

La figure III.41 montre que le retrait maximal en fin de remplissage est de 18.18% sur les deux empreintes de la partie inférieure du modèle. Cependant le retrait volumique sur les deux autres empreintes est d'environ 15.97%.

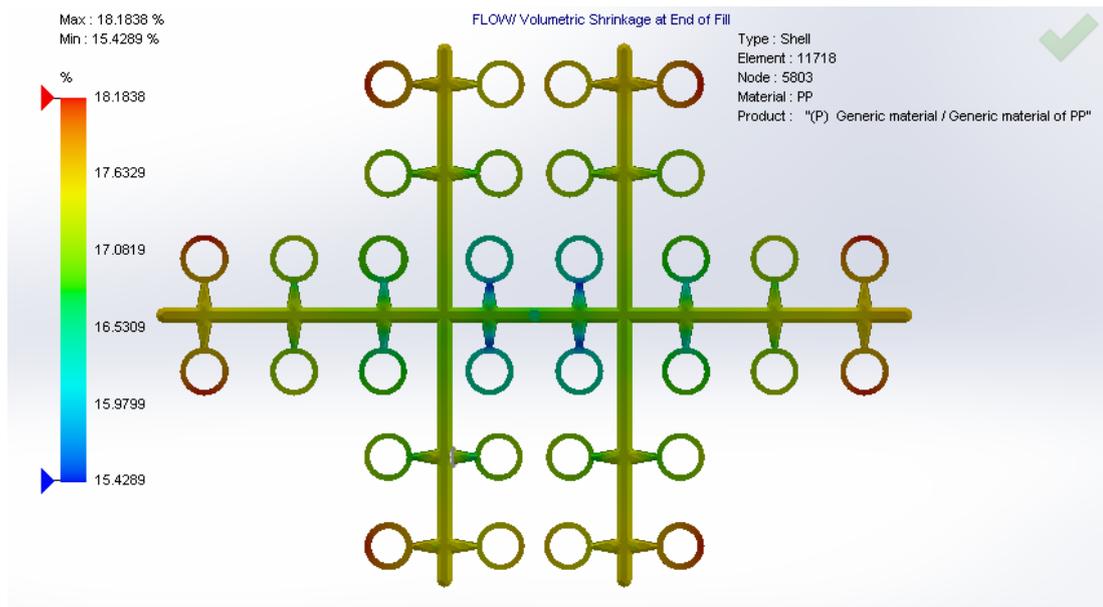


Figure III.41 : Retrait volumique en fin de remplissage.

III.12.8. Retassures :

Retassures s'agissent d'un affaissement local des surfaces des zones épaisses du modèle. On les retrouve souvent derrière les nervures et bossage. La figure ci-dessous nous montre les concentrations des retassures sur les trente-deux pièces. On peut également noter que leurs concentration sont presque négligeables note la valeur maximale de ces rotations ne dépassent pas 0.0129.

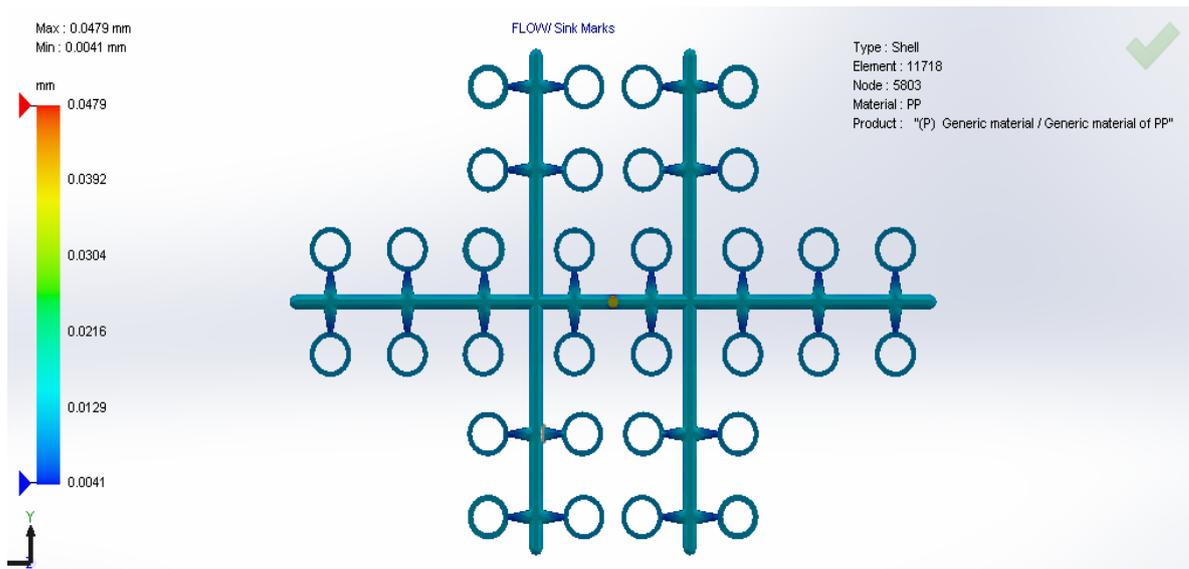


Figure III.42 : Concentrations des retassures.

III.12.9. Facilité de remplissage :

La figure III.43 montre les résultats de facilité de remplissage des trente-deux empreintes on peut également remarquer que toutes les empreintes sont vertes ce qui nous témoignent qu'elles sont remplies complètement et sans difficulté et avec succès.

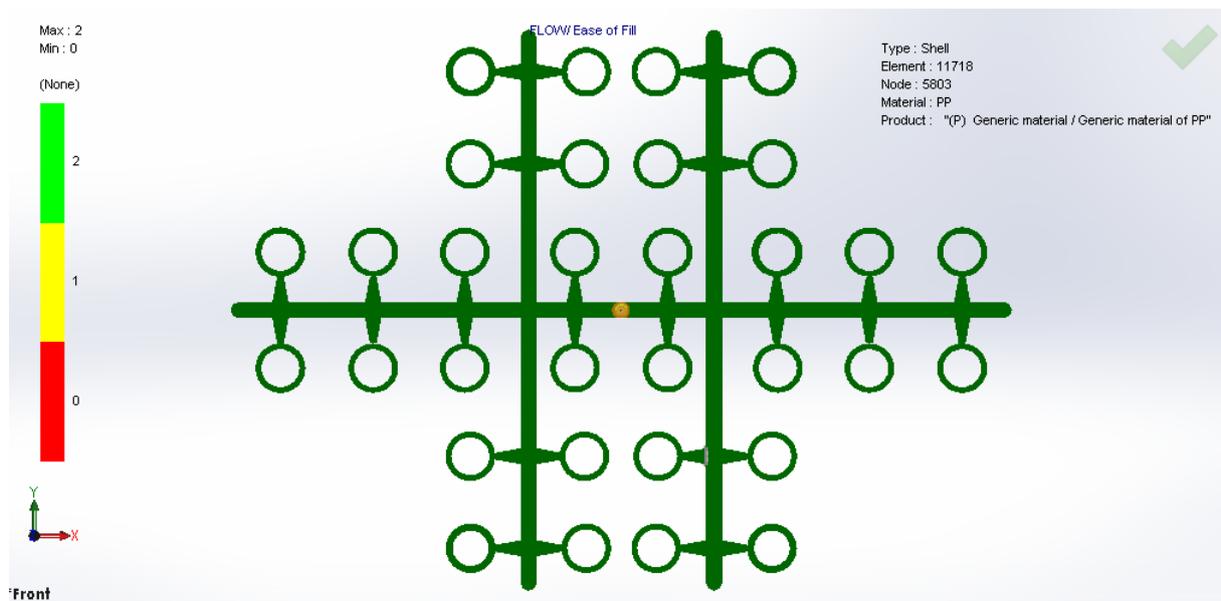


Figure III.43 : La facilité de remplissage.

Conclusion :

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

Chapitre IV :

Calculs et vérifications

Introduction :

Lors de la conception d'un moule, il convient de passer par des opérations de calcul, pour déterminer les pressions à manipuler, ainsi que les efforts, la quantité de matière plastique injectable dans le but de choisir la presse. On détermine aussi le nombre d'empreintes et on choisit les autres paramètres pour bien concevoir le moule.

IV.1. Choix de la machine :

Le choix de la presse est déterminé à partir de plusieurs facteurs tels que :

- Capacité d'injection,
- Force de fermeture,
- Puissance de plastification,
- Distance entre colonnes,
- Épaisseur minimale du moule [12].

IV.1.1.La capacité d'injection :

La capacité d'injection dépend du poids de la pièce multiplié par le nombre d'empreintes. Les différentes machines et leur capacité d'injection sont représentées dans le tableau IV.1.

Tableau IV.1. : Capacité d'injection.

Presse à injecter	Capacité d'injection (g)	
	Pour PS	Pour PE et PP
25 T	45	36
75 T	100	83
150 T	230	180
220 T	450	350
350 T	850	680
550 T	1360	1080
650 T	2590	2290

a. Masse de la pièce :

On a déterminé la masse de notre pièce à partir du logiciel de conception Solid Works.

On la trouvé :

$$m = 0.25 \text{ g}$$

b. La masse de la carotte :

La masse de la carotte est de 23.75 g

c. La masse de la moulée (M) :

Puisque la pièce est petite, et à fin d'augmenter la cadence nous avons opté pour un moule à 32 empreintes. Donc, notre moule produit dans chaque cycle trente- deux empreintes et une carotte, la machine utilisée doit donc pouvoir injecter une quantité suffisante "M".

$$M = (0.25 \times 32) + (23.75) = 31.75\text{g}$$

On constate alors que les machines qui peuvent injecter cette quantité de matière selon le tableau sont : 150T, 220T, 350T, 550T, 650T et 850T.

IV.1.2.Calcul de la force de fermeture :

L'injection de matière à l'intérieur du moule provoque de grandes pressions engendrant des forces qui ont tendance à ouvrir le moule, et pour faire face à ces efforts la presse doit appliquer une force de fermeture supérieure. [3]

La force de fermeture est donnée par la relation suivante :

$$F = K \times P \times S$$

Avec :

F : Force de fermeture du moule (Tonnes).

K : Coefficient de sécurité [1.5 à 2].

P : Pression d'injection (Tonnes/Cm²).

S : Surface projetée de la pièce.

$S = 122.86 \text{ Cm}^2$ (Valeur donnée par le logiciel SolidWorks).

$P = 0,4 \text{ Tonne/Cm}^2$ (Voir le tableau IV-2).

Tableau IV.2 : La pression d'injection (Tonnes/Cm²) [3].

Matières	La pression intérieure moyenne (dans la normalité)	Grand parcours de fluctuation (forme compliquée)
PE, PP	0.3 à 0.4	0.4 à 0.5
HIS, A6	0.35 à 0.45	0.45 à 0.55
PS, AS, ABS	0.4 à 0.5	0.5 à 0.6

AN :

$$F = 1.7 \times 0.4 \times 122.86 = 83.54 \text{ tonnes}$$

$$F = 83.54 \text{ Tonnes}$$

D'après les résultats obtenus de la capacité d'injection et la force de fermeture, notre choix se portera sur la machine de 150 T, en raison de la disponibilité de la machine.

IV.1.3. La puissance de plastification (C) :

Même si la machine 150T peut injecter 31.75g, on doit vérifier sa capacité de plastification (la quantité de matière plastifiée par heure) qui est en fonction du poids de la grappe et du temps de cycle.

Le temps de cycle est égal à 18s (voir page 79).

$$C = \frac{\text{La masse de la grappe}}{\text{Le temps de cycle}}$$

AN :

$$C = \frac{31,75 \times 3600}{18} = 6350 \text{ g/h}$$

$$C = 6.350 \text{ kg/h}$$

IV.1.4. La distance entre colonnes :

La presse possède quatre colonnes de guidages des plateaux sur lesquels le moule sera fixé. Pour ce faire, l'une des dimensions transversales du moule doit être inférieure à la distance entre colonnes. Comme illustré sur la figure IV.1.

Les dimensions de notre moule sont :

- Largeur 500 mm.
- Hauteur 450 mm.

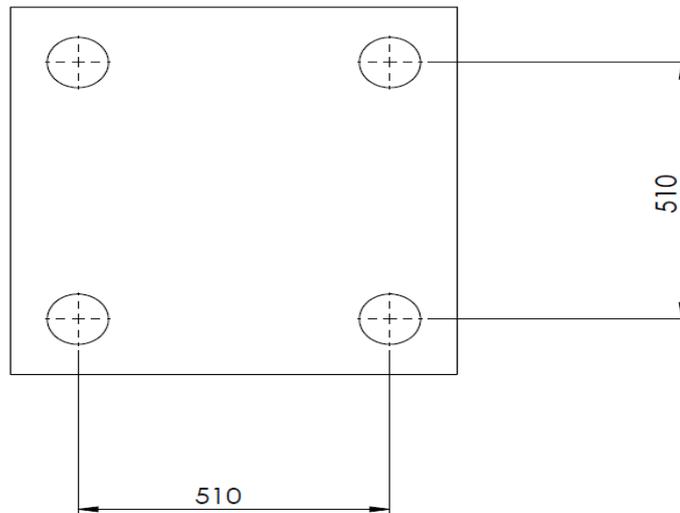


Figure IV.1 : Schéma d'un plateau d'une presse 150T.

IV.1.5. Épaisseur minimale du moule :

Les caractéristiques dimensionnelles de la presse 150T sont :

- La distance entre plateaux 1600 mm.
- La course maximale du piston 1300 mm.

A partir de là, on voit que l'épaisseur minimale du moule doit être supérieure à 190mm (notre moule a une épaisseur de 263 mm).

IV.2. Caractéristiques techniques de la presse 150T :

Tableau IV.3 : Caractéristiques techniques de la presse 150T .

Presse 150 T [i1]	
Symbole d'injection	i1
Symbole du cylindre	A
Pression d'injection	1850 Kg _f /Cm ²
Taux d'injection	140 Cm ³ /sec
Quantité d'injection	PS 150 g
	PE 120 g
Diamètre de la vis	36 mm
Puissance de plastification [P.S)	70 Kg/h
Force d'ouverture	9.4 Tonne
Vitesse maxi de rotation de la vis	350 tr/min
Intervalle des tirants	150 × 510mm
Dimension de la plaque matrice	730 × 730mm
Course de serrage	660 mm
Épaisseur mini du moule	190 mm
Ouverture	850 mm
Force de foulage [hydraulique]	4.5 Tonnes
Course de foulage	80 mm
Quantité d'huile d'usage	670 Litres
Moteur destiné à la pompe	22 Kw
Capacité du réchauffeur	6.1 Kw
Dimension de la machine (L×l×H)	5.4 × 1.4 × 2.2 m
Poids de la machine	7 Tonnes
Puissance de serrage	150Tonnes

IV.3. Étude thermique du moule :

Le principe de cette étude est d'établir un bilan thermique de l'ensemble du moule ; puis déduire les caractéristiques qui nous intéressent en l'occurrence la longueur du circuit de refroidissement en passant par le calcul de certaines caractéristiques physiques ou dynamiques.

La chaleur se transmet du produit, initialement portée à une température élevée par conduction à travers le matériau du moule et par convection libre dans l'air ambiant qui entoure le moule. [16]

IV.3.1. Principe de refroidissement :

Les réfrigérants tels que l'eau, l'huile et l'air circulent dans des circuits de refroidissements. Le refroidissement par air est assez lent, c'est pour cette raison qu'on utilise l'eau.

Et puisque la température du moule est toujours en fonction de la matière plastique moulée, voici le tableau qui illustre ces différentes températures.

Tableau IV.4 : Les températures réglées.

Matières	Températures du moule [°C]
• Polystyrène normal	50 à 80
• Polypropylène	40 à 100
• Styrène	60 à 90
• Polyéthylène	50 à 80
• Polychlorure de vinyle	70
• Polyamides rilsan	40

IV.3.2. Temps de refroidissement :

Le temps de cycle est donné par la relation suivante :

$$t_r = \frac{e^2}{\pi^2 \times D} \text{Ln} \left[\frac{8}{\pi^2} \left(\frac{T_i - T_m}{T_e - T_m} \right) \right]$$

Avec :

e : Épaisseur de la pièce ; $e = 2,9 \text{ mm}$.

Te : Température d'éjection ; $T_e = 100 \text{ C}^\circ$.

Tm : Température du moule ; $T_m = 40 \text{ C}^\circ$.

Ti : Température d'injection ; $T_i = 240 \text{ C}^\circ$.

D : Diffusivité du polymère de PP ($D = \lambda / \rho * c$)

Dont :

λ : La conductivité thermique du matériau, ($\lambda = 0,147 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

ρ : Est la masse volumique du matériau, ($\rho = 890 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

c : Est la chaleur spécifique du matériau, ($c = 1881 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

$$D = \frac{0.147}{1881 \times 890}$$

$$D = 8.7 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$$

AN:

$$t_r = \frac{(2,9 \times 10^{-3})^2}{\pi^2 \times 8,7 \times 10^{-8}} \text{Ln} \left[\frac{8}{\pi^2} \left(\frac{240 - 40}{100 - 40} \right) \right]$$

$$t_r = 9.12 \text{ s} \approx 9 \text{ s}$$

IV.3.3. Temps du cycle :

Le temps de cycle est la somme de tous les temps du procédé de l'injection plastique.

Temps de fermeture, injection, maintien, refroidissement, ouverture et en fin éjection.

On peut écrire :

$$t_c = t_i + t_p + t_e + t_r + t_v$$

Avec :

t_i: Temps d'injection ; t_i = 1.62 s

t_p: Temps de maintien en pression ; t_p = 2 s

t_e: Temps d'éjection ; t_e = 2s

t_v: Temps d'ouverture et de fermeture du moule t_v = 2 s

t_r: Temps de refroidissement ; t_r = 9 s

AN :

$$t_c = 1.62 + 3 + 2 + 2 + 9 = 17.62 \text{ s}$$

$$t_c = 18 \text{ s}$$

IV.3.4. Calcul de la quantité de chaleur à extraite de la pièce

Donner par la relation suivante :

$$Q = \frac{(M \times \Delta H)}{t_c}$$

Avec :

M : masse de la matière plastique ; M= 31.75 g

N : nombre de cycle de refroidissement horaire ; N = 3600 / t_c

ΔH : enthalpie de moulage et de démoulage (ΔH = H_i – H_e)

t_c : Temps de cycle en seconde t_c = 18sec.

T_i = 240°c.....H 1 = 125 (Kcal/Kg).

T_e = 100°c.....H 2 = 60(Kcal/Kg).

AN :

$$Q = \frac{(31.75 \times 10^{-3} \times (125 - 60))}{18} \times 3600$$

$$Q = 412.75 \text{ KCal/Kg}$$

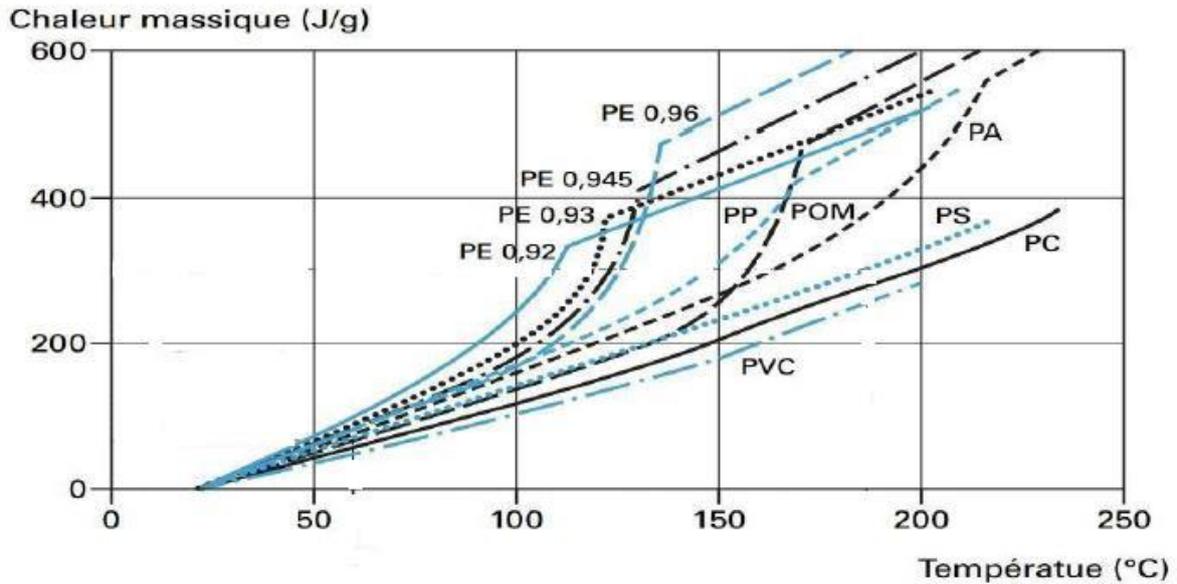


Figure IV.2 : Graphe des enthalpies en fonction de la température.

IV.3.5.La consommation de liquide :

Est donné par la relation suivante :

$$G_H = \frac{Q_H}{C_F(T_s - T_{ee})}$$

Avec :

G_H: Consommation horaire de liquide en Kg/h.

C_F : Quantité de chaleur à évacuer en Kcal/h.

Q_H : Capacité calorifique du fluide de refroidissement (1Kcal/Kg).

T_{ee} : Température d'entrée d'eau ; T_e=25°C

T_s : Température de sortie d'eau ; T_s = 30°C

T_s – T_{ee} : l'échauffement admissible du fluide de refroidissement en °C ; généralement cet écart doit être inférieur ou égale à 5°C.

AN :

$$G_H = \frac{412.75}{1(30 - 25)}$$

$$G_H = 82.55 \text{ Kg/h}$$

IV.4. Résistances des matériaux :

L'objet de cette partie concerne l'étude de la résistance des pièces sollicitées mécaniquement.

IV.4.1. Les poids des pièces constituant le moule :

Le poids est déterminé par la relation suivante :

$$P = \rho * V$$

Avec :

ρ : Masse volumique.

V : Volume[dm³].

Tableau IV.5 : Poids des pièces constituant le moule.

Les pièces	Les nuances	Volume (dm ³)	ρ (daN/dm ³)	Les poids(daN)
Plaque ejectrice	C45	1.71	7.80	13.38
Contre plaque ejectrice	C45	1.73	7.80	13.49
Semelle fixe	S275	9.71	7.85	76.27
Semelle mobile	S275	8.63	7.85	67.7
Porte empreinte	36NiCrMo16	8.23	7.70	63.37
Empreinte mobile	36NiCrMo16	6.46	7.70	49.47
Tasseaux	Xc38	1.57	7.85	12.32

IV.4.2. Résistance des éléments constituant le moule au matage dû à la force de fermeture du moule :

La force de fermeture d'une presse 150 tonnes égale :

$$150\ 000\text{Kg} = 1\ 500\ 000\ \text{N}$$

Condition de résistance au matage :

$$\sigma = \frac{F}{S} \leq R_{pe}$$

$$R_{pe} = R_e/s$$

Avec :

R_e : Limite élastique ($R_e = 275 \text{ N/mm}^2$ Pour les aciers).

$s = 2,2$ (Coefficient de sécurité pour les pièces en aciers).

S : surface soumise au matage.

$\Rightarrow S = L \times E$ avec L et E sont respectivement la longueur et l'épaisseur d'élément soumis décrivant la surface matée.

Donc :

$$R_{pe} = \frac{275}{2,2} = 125 \text{ N/mm}^2$$

$$\mathbf{R_{pe} = 125 \text{ N/mm}^2}$$

Le coefficient de sécurité est choisi d'une façon à ce qu'en cours de fonctionnement normale, les contraintes normales maximales ne dépassent pas la limite élastique R_e du matériau.

Tableau IV.6 : Valeurs indicatives du coefficient de sécurité.

Valeurs indicatives				
S	Charges exercées sur la structure	Contraintes dans la structure	Comportement du matériau	Observations
$1 < s \leq 2$	Régulières et connues	Connues	Testés et connues	Fonctionnement constant sans à-coups
$2 < s \leq 3$	Régulières et assez bien connues	Assez bien connues	Testés et connues moyennement	Fonctionnement usuel avec légers chocs et surcharges modérées
$3 < s \leq 4$	Moyennement connues	Moyennement connues	Non testé	
	Mal connues ou incertaines	Mal connues ou incertaines	connu	

IV.4.3.Partie fixe :

a. Semelle fixe :

$$\sigma = \frac{F}{S} \leq R_{pe}$$

$$F = 1\,500\,000 \text{ N}$$

$$\Rightarrow S = e \times L = 40 \times 550 = 22000 \text{ mm}^2$$

Avec :

e : épaisseur de l'élément.

L : longueur de l'élément.

S : surface de l'élément.

AN:

$$\sigma = \frac{1\,500\,000}{22000} = 68.18 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = 68.18 \text{ N/mm}^2 < R_{pe}$$

⇒ La semelle fixe résiste au matage.

b. Porte empreinte fixe :

$$e = 53$$

$$L = 450 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow S = e \times L = 53 \times 450 = 23850 \text{ mm}^2$$

AN:

$$\sigma = \frac{F}{S} \leq R_{pe}$$

$$\sigma = \frac{1\,500\,000}{23850} = 62.89 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = 62.89 \text{ N/mm}^2 < R_{pe}$$

⇒ Porte empreinte fixe résiste au matage.

IV.4.4.Partie mobile :**a. Semelle mobile :**

$$e = 35$$

$$L = 550 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow S = e \times L = 35 \times 550 = 19250 \text{ mm}^2$$

AN:

$$\sigma = \frac{F}{S} \leq R_{pe}$$

$$\sigma = \frac{1\,500\,000}{19250} = 77.92 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = 77.92 \text{ N/mm}^2 < R_{pe}$$

\Rightarrow Semelle mobile résiste au matage.

b. Empreinte mobile :

$$e = 43$$

$$L = 450 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow S = e \times L = 43 \times 450 = 19350 \text{ mm}^2$$

AN:

$$\sigma = \frac{F}{S} \leq R_{pe}$$

$$\sigma = \frac{1\,500\,000}{19350} = 77.51 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = 77.51 \text{ N/mm}^2 < R_{pe}$$

\Rightarrow Empreinte mobile résiste au matage.

c. Les tasseaux :

$$e = 50$$

$$L = 350 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow S = e \times L = 50 \times 350 = 17500 \text{ mm}^2$$

AN :

$$\sigma = \frac{F}{S} \leq Rpe$$

$$\sigma = \frac{1\,500\,000}{17500} = 85.71 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = 85.71 \text{ N/mm}^2 < Rpe$$

\Rightarrow Les tasseaux résistent au matage.

Les calculs précédents nous montrent que les éléments constituant le moule résistent au matage due à la force de fermeture du moule.

IV.5. Résistance des colonnes de guidage au cisaillement :

Les colonnes de guidages subissent un cisaillement dû au poids P de la batterie d'éjection.

La condition de résistance :

$$\tau = \frac{F}{n * S} \leq [\tau]_{cis}$$

$$[\tau]_{cis} = \frac{\sigma_e}{S} * 0,8$$

AN:

$$[\tau]_{cis} = \frac{300}{2} * 0,8 = 120 \text{ N/mm}^2$$

$$[\tau]_{cis} = 120 \text{ N/mm}^2$$

Avec :

σ_e : Contrainte de la limite élastique des matériaux ; $\sigma_e = 300 \text{ N/mm}^2$

s : Coefficient de sécurité ; on prend $s = 2$

F : Effort normal (poids du porte empreinte), ($P = \rho * V$),

$F = 49,74 \text{ daN} = 497,4 \text{ N}$

S : Section de la colonne (mm^2) ; $S = \frac{\pi \times d^2}{4}$

n : Nombre de sections cisillées

AN:

$$S = \frac{3.14 \times 20^2}{4}$$

$$S = 314.15 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{497,4}{4 * 314,15} = 0.39 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = 0,39 \text{ N/mm}^2 < [\tau] \text{ cis}$$

⇒ La condition est vérifiée.

IV.6. Vérification des vis de fixation de la semelle fixe et porte empreinte fixe au cisaillement :

La condition de résistance :

$$\tau = \frac{F}{n * s} \leq [\tau] \text{ cis}$$

$$[\tau] \text{ cis} = \frac{\sigma_e}{s} * 0,8$$

AN:

$$[\tau] \text{ cis} = \frac{335}{2} * 0,8 = 134 \text{ N/mm}^2$$

$$[\tau] \text{ cis} = 134 \text{ N/mm}^2$$

Avec :

σ_e : Contrainte de la limite élastique des aciers non alliée ; $\sigma_e = 335 \text{ N/mm}^2$

s = Coefficient de sécurité ; on prend $s = 2$

F : Poids de semelle fixe et porte empreinte F=1396,4N

Porte empreinte = 63,37daN = 633,7 N

Semelle fixe = 76,24 daN = 762,7 N

S : Section de la colonne (mm²) ; $S = \frac{\pi \times d^2}{4}$

n : Nombre de sections cisailées

AN:

$$S = \frac{3.14 \times 12^2}{4}$$

$$S = 113.09 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{1396,4}{4 * 113,09} = 3.08 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = 3,08 \text{ N/mm}^2 < [\tau] \text{ cis}$$

⇒La condition est vérifiée.

IV.7. Vérification des vis de fixation de la semelle mobile et empreinte mobile avec les tasseaux au cisaillement :

La condition de résistance :

$$\tau = \frac{F}{n * S} \leq [\tau] \text{ cis}$$

$$[\tau] \text{ cis} = \frac{\sigma_e}{s} * 0,8$$

AN:

$$[\tau] \text{ cis} = \frac{335}{2} * 0,8 = 134 \text{ N/mm}^2$$

$$[\tau] \text{ cis} = 134 \text{ N/mm}^2$$

Avec :

σ_e : Contrainte de la limite élastique des aciers non alliée ; $\sigma_e = 335 \text{ N/mm}^2$

s : Coefficient de sécurité ; on prend s =2

F : Poids des tasseaux et de l'empreinte mobile et semelle mobile, F=1298 N

S : Section de la colonne (mm²) ; $S = \frac{\pi \times d^2}{4}$

n : Nombre de sections cisailées

AN:

$$S = \frac{3.14 \times 14^2}{4}$$

$$S = 153.93 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{1298}{4 * 153.93} = 2.10 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = 2,10 \text{ N/mm}^2 < [\tau] \text{ cis}$$

⇒ La condition est vérifiée.

IV.8. Vérification des vis de fixation de la plaque et contre plaque ejectrice :

La condition de résistance :

$$\tau = \frac{F}{n * s} \leq [\tau] \text{ cis}$$

$$[\tau] \text{ cis} = \frac{\sigma_e}{s} * 0,8$$

AN:

$$[\tau] \text{ cis} = \frac{335}{2} * 0,8 = 134 \text{ N/mm}^2$$

$$[\tau] \text{ cis} = 134 \text{ N/mm}^2$$

Avec :

σ_e : Contrainte de la limite élastique des matériaux ; $\sigma_e = 335 \text{ N/mm}^2$

s : Coefficient de sécurité ; on prend s=2

F : Poids de plaque et contre plaque ejectrice, F=268,7N

S : Section de la colonne (mm²) ; $S = \frac{\pi \times d^2}{4}$

n : Nombre de sections cisailées.

AN :

$$S = \frac{3.14 \times 12^2}{4}$$

$$S = 113.09 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{268,7}{4 * 113,09} = 0.59 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = 0,59 \text{ N/mm}^2 < [\tau] \text{ cis}$$

⇒ La condition est vérifiée.

IV.9. Choix des ressorts :

La presse 150T n'est pas équipée d'un système de retour de la batterie ejectrice (une tige filetée sur l'extrémité du piston d'éjection de la machine). Pour cela on a utilisé des ressorts qui ont pour but essentiel d'assurer le retour de cette batterie à sa position initiale afin d'éviter l'effort de fermeture du moule sur les colonnes de rappel [15].

Le choix des ressorts dépend essentiellement de :

- La course d'éjection qui assure le démoulage des pièces (80 mm),
- La charge à supporter (Poids de la batterie ejectrice $P = 497.4 \text{ N}$),
- L'encombrement ($d_1 = 16 \text{ mm}$, $d = 32 \text{ mm}$), voir la figure IV.3.

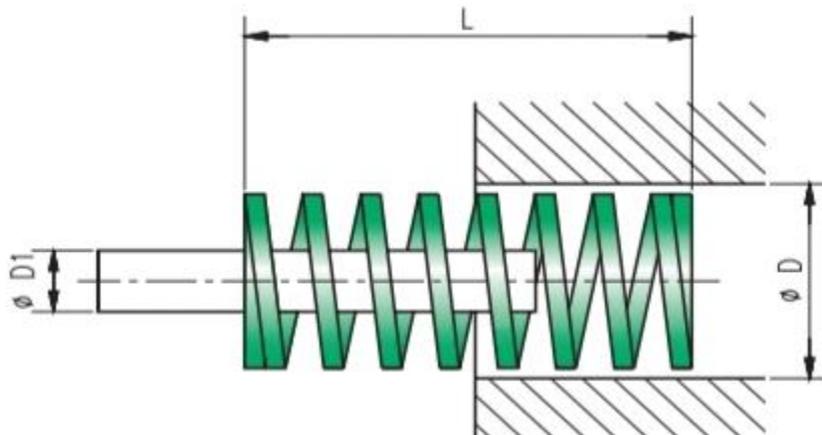


Figure IV.3 : Schéma de dimensionnement d'un Ressort [15].

L'utilisation d'un seul ressort peut provoquer l'arc-boutement de la batterie, pour cela on a prévu quatre ressorts disposés sur les colonnes de rappels afin d'avoir un bon guidage. Le poids de la batterie est donc réparti sur les quatre (4) ressorts.

L'effort de rappel (F) que doit exercer un ressort est égal au poids total de la batterie sur le nombre de ressorts utilisés, donc :

$$F = \frac{497.4}{4} = 124,35 \text{ N}$$

Pour le dimensionnement du ressort qui supportera l'effort (F), il est nécessaire de consulter des abaques. Ces abaques classent les ressorts par couleur qui signifie le type de charge comme le montre la figure suivante.



Figure IV.4 : Classification des ressorts par couleur.

Le ressort qui répond à nos exigences est un ressort de couleur vert Réf. 355, et qui a les caractéristiques suivantes :

- $D_1 = 8 \text{ mm}$,
- $D = 16 \text{ mm}$,
- $F = 124.35 \text{ N}$.
- $L = 38\text{mm}$.
- $A = 38 \times 30\% = 11,4 \text{ mm}$
- Section rectangulaire $S = 3,2 \times 2 = 6,4 \text{ mm}^2$.

Conclusion :

Cette partie nous a permis de choisir la machine adéquate parmi celles disponibles à l'entreprise, de vérifier la conception proposée du moule, ainsi que la vérification à la résistance des différents éléments agissant lors de l'ouverture et de fermeture du moule.

Chapitre V :

Fabrication assisté par ordinateur

Introduction :

La révolution industrielle a changé beaucoup de choses dans le monde. En effet, il est bien plus facile maintenant d'avoir accès à certains types de produits et dans une quantité suffisante. Les commandes et les tâches qui autrefois étaient réalisées manuellement sont automatisées, mais aussi programmées grâce à la fabrication assistée par ordinateur. Cette programmation se fait grâce à des logiciels conçus à cet effet et se réalise étape par étape. Pour cela, un logiciel de fabrication tel que CAMWorks sera indispensable dans le processus. [21]

V.1. Définition de la FAO :

La FAO (Fabrication Assistée par Ordinateur) est un ensemble d'outils informatiques (logiciels et matériels) permettant de coder le processus de fabrication. Elle est utilisée pour créer des instructions précises (G code) à destination des machines-outils à commandes numériques afin d'optimiser la fabrication de pièces. Le fichier créé va permettre à la machine à outil d'exécuter avec précision les contours de la pièce à fabriquer. Les systèmes de FAO aident également à la création, l'optimisation et la vérification des commandes numériques (CN) dans l'optique d'une productivité maximale de l'usinage.

Les logiciels FAO disponibles actuellement sont divers, et offrent de plus en plus d'option et de souplesse d'utilisation, et tout ça grâce à l'aide précieuse de l'informatique et l'évolution exponentielle des supports d'utilisation (micro-ordinateur), Parmi ces logiciels FAO on peut citer : CAMWORKS, CATIA, POWERMILL, SURFCAM, SMARTCAM et CADKEY. [21]

V.1.1. Avantages de la FAO : [

Parmi les avantages de l'utilisation de la FAO, on peut citer :

1. Une plus grande liberté de conception : Les changements qui sont nécessaires dans la conception dues aux contraintes de moyens de fabrication peuvent être incorporés à n'importe quelle étape de conception sans se soucier des retards, puisqu'ils sont dans un environnement intégré FAO.

2. Une plus grande flexibilité d'exploitation : La FAO augmente la flexibilité dans les méthodes de fabrication et de changement des produits.

3. Réduction du temps d'exécution : Les délais d'exécution à la fabrication seraient réduits.

4. Les processus de fabrication peuvent être répétés par l'intermédiaire du stockage des données.

5. Les systèmes de FAO peuvent optimiser l'utilisation de toute une série d'équipements de production, y compris les machines à haute vitesse, à 5 axes, multifonctions et de tournage.[21]

V.2. Présentation de CAMWorks :

CAMWorks est un logiciel de FAO basé sur des fonctionnalités qui aident à augmenter la productivité en utilisant les meilleures technologies et des outils de haute automatisation adaptés pour maximiser l'efficacité de l'usinage CNC. Entièrement intégré est conçu pour fonctionner dans SolidWorks il utilise la même géométrie que ce dernier ce qui le rend facile à apprendre et à utiliser. [22]

V.3. Les étapes de la FAO :

V.3.1. Définir le brut :

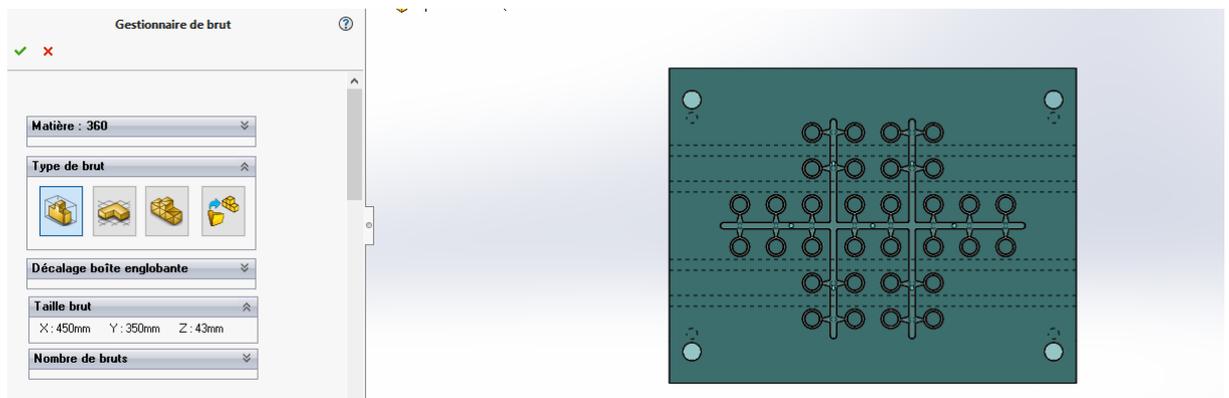


Figure V.1 : Définition du brut.

V.3.2. Définir la machine :

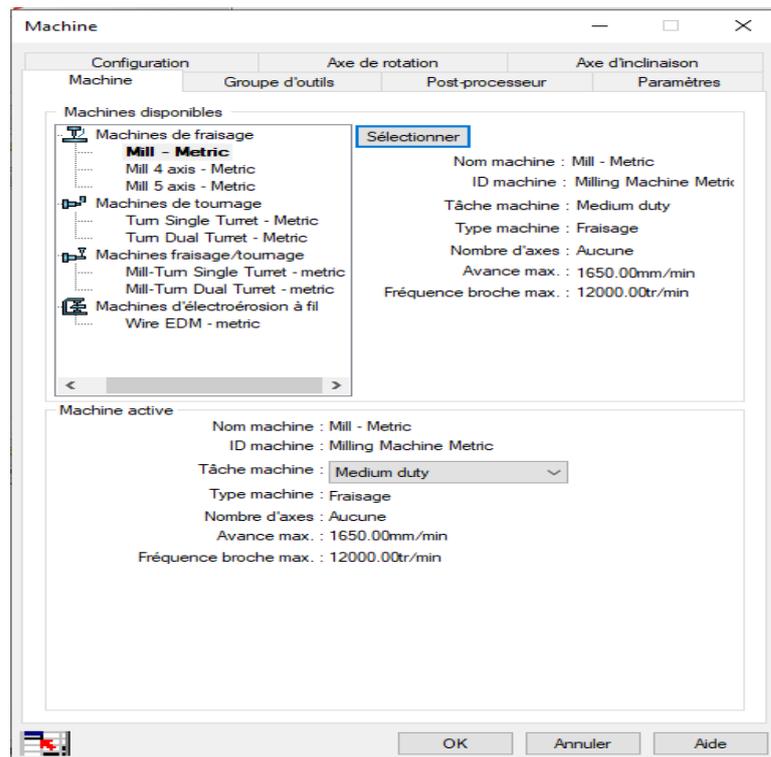


Figure V.2 : Définition de la machine.

V.3.3. Définir une configuration :

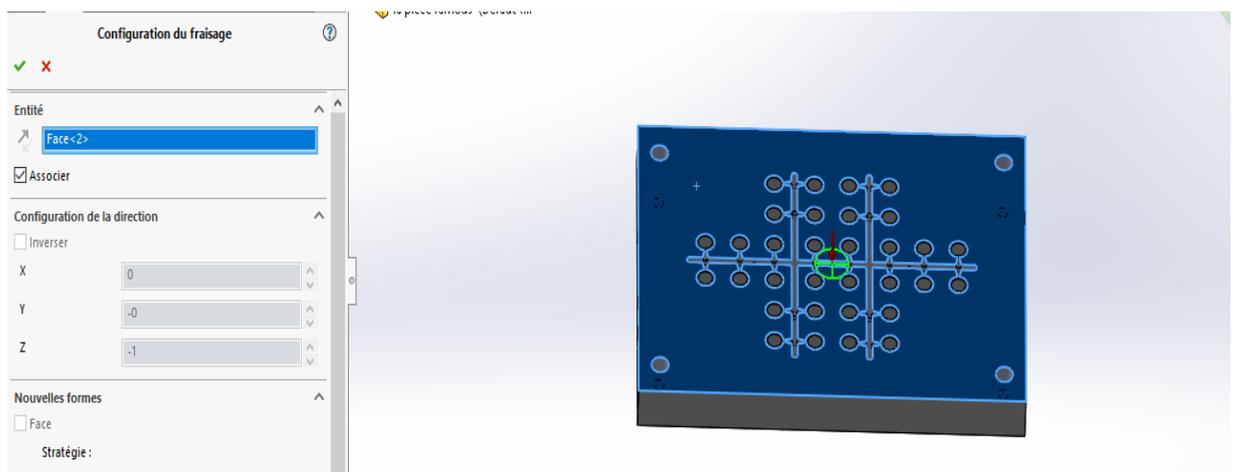


Figure V.3 : Définition de la configuration.

V.3.4. Extraire les formes usinables :

Extraire les formes usinables automatiquement et manuellement (formes multi surface) pour la carotte.

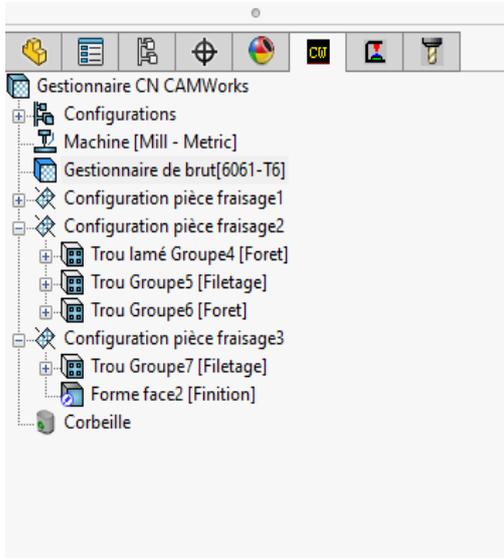


Figure V.4 : Extraction des formes usinables automatiquement.

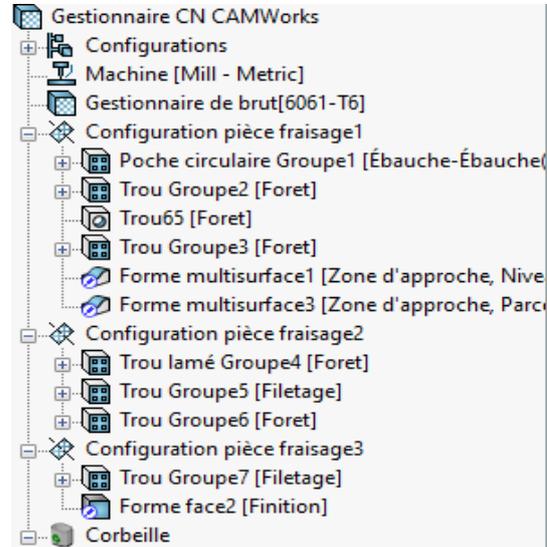


Figure V.5 : Extraction des formes usinables manuellement.

V.3.5. Générer le plan d'opérations :

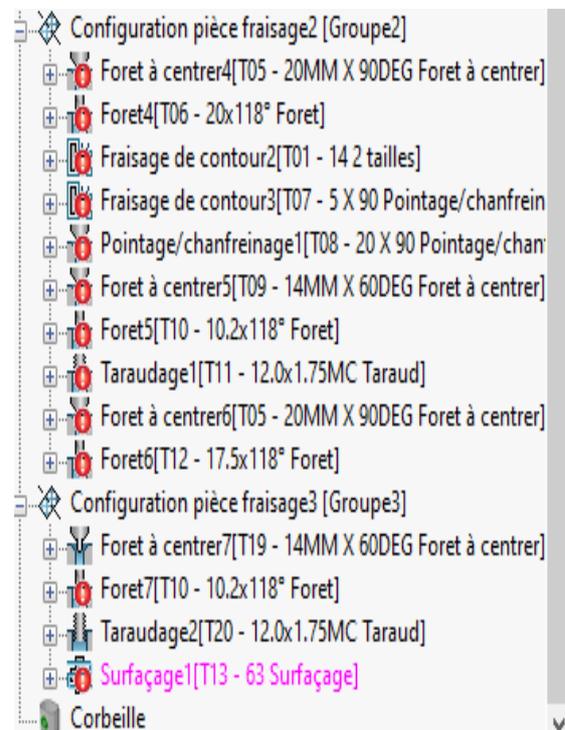
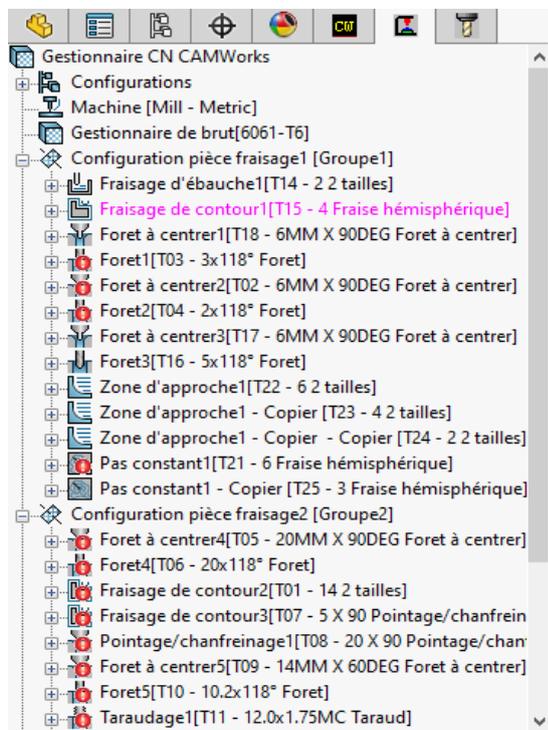


Figure V.6 : Le plan d'opération.

V.3.6. Réglage des opérations :

Les paramètres à modifier varient suivant le type d'opération à réaliser. Mais de manière générale il y aura à intervenir :

- Sur l'outil.
- Sur A/V (Avance et vitesse de coupe).
- Sur les paramètres perçage (paramètres de l'opération).
- Sur CN (Commande numérique et les conditions de travail).

V.3.7. Simuler le parcours d'outil :

On génère le parcours d'outil et on simule la pièce.

Ces figures suivantes montrent que à la fin de la simulation du parcours d'outil notre pièce a pris la couleur vert ce qui signifie que la simulation est réussite.

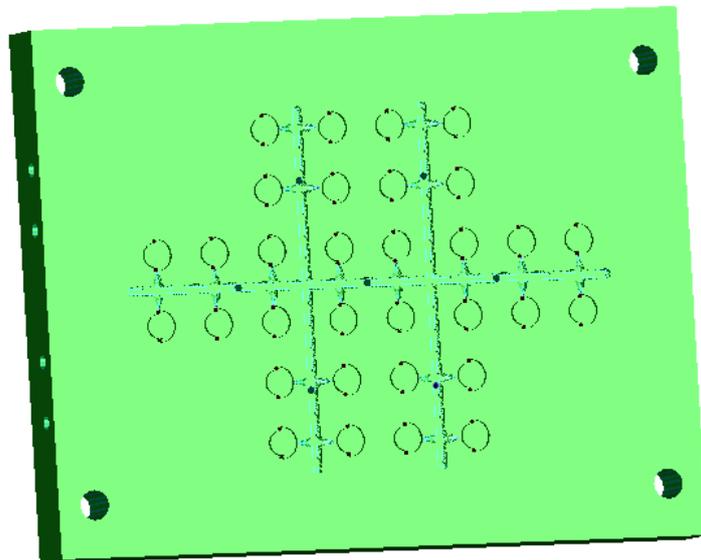


Figure V.7.a : Résultat de la simulation.

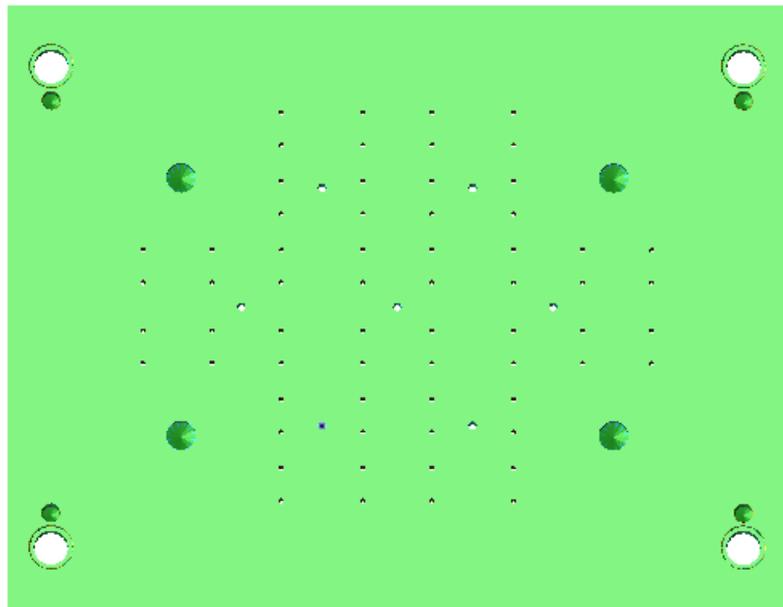


Figure V.7.b : Résultat de la simulation.

Conclusion :

Dans ce chapitre on a présenté les procédures de fabrication de l'empreinte mobile par l'utilisation de plusieurs stratégies d'usinage du système FAO avec le logiciel CAMWorks.

On a expliqué les différentes étapes de la FAO depuis la définition de la machine et du brut jusqu'à la simulation de notre pièce.

Conclusion Générale

Le travail que nous avons effectué au sein de l'entreprise SOFICLEF a été d'un apport certain il nous a permis de confronter nos connaissances théoriques à ce qui se passe réellement dans la pratique mais aussi d'avoir une idée précise sur le domaine de l'injection plastique.

L'élaboration de ce projet nous a permis de nous familiariser avec les logiciels de CFAO (SolidWorks)et (Camworks) ; de de faire les calculs dimensionnels du moule ; des circuits de refroidissement ainsi que les conduites d'alimentation et de vérifier la résistance des composants du moule pour assurer un bon fonctionnement.

Au terme de ce travail nous souhaitons que la réalisation du moule d'injection plastique d'un joint d'une poignée de porte sera à la hauteur des projets fixés par l'entreprise SOFICLEF et d'un apport positif surtout du côté économique et productif.

BIBLIOGRAPHIE :

- [1] : AUBRY Jacky : les matières plastiques/ technologie des matériaux.
- [2] : Les Plastiques en débat, collège le Monteil Monistrol sur Loire, 2012.
- [3] : DJENDER.M CHOUALIS : Étude, conception et réalisation d'un moule d'injection plastique d'un cache poignée / Université mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou promotion 2014.
- [4] : Syndicat national de d'extrusions plastiques profilées et compounds : guide de l'utilisateur de profilés plastiques/édition equamedia technologies avril 2000.
- [5] : WILLAY Caroline : Les polymères/ Physique-chimie STIDD-STL 12/2011.
- [6] : BERRABAH.S AISSIOUANE.M : Étude, conception et réalisation d'un moule d'injection plastique d'un cache poignée / Université mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou promotion 2012.
- [7] : P Weiss : La Chimie des Polymères, université médicale virtuelle francophone 2009-2010.
- [8] : [Chapitre-2-techniques-mise-en-forme-materiaux-plastiques.pdf](#)
- [9] : J-P. TROTIGNON, J. VERDU, A. DOBRACZYNSKY, M. PIPERAUD : Matières plastiques.
- [10] : GRIDAINE .D : Mise en Œuvre des polymères/2010.
- [11] : C. Duval. Polypropylène PP. Technique de l'ingénieur, Article, AM3320 (2004).
- [12] : Mémoire fin d'étude master 2 Melle ACHILI Nora et Melle BEN HAMLAT Nora
- [13]: Polypropylene. Stringfixer.com. Published 2019. Accessed March 21, 2022.
<https://stringfixer.com/fr/Polypropylene>.
- [14] George ODIAN : La polymérisation /principe et application.
- [15] : Catalogue Rabourdin Industrie, composants standard pour moules et outillages ; 1-52.
- [16] : LES MOULES D'INJECTION TP.
<http://schwendiplasturgie.free.fr/lycee/cours/Moules%20d%27injection.pdf>
- [17] : Injection plastique : le guide du moulage par injection. Hubs. Published 2022. Accessed April 3, 2022. <https://www.hubs.com/fr/guides/moulage-par-injection>.

[18] : Ecole supérieure Lazare Schwendi de plasturgie : les moules d'injection / septembre 2008.

[19] : GHOUL. S GLAIED .T : Etude et conception d'un moule d'injection pour cheville /Institut Supérieur des Sciences Appliquées et de Technologie de Sousse promotion 2012.

[20] : BENIDIR.I SLIMANI. A : Étude et conception et réalisation d'un moule d'injection plastique pour porte câble d'un réfrigérateur ENIEM/ Université mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou promotion 2014.

[21] : Plateforme d'enseignement à distance : Se connecter sur le site. Univ-boumerdes.dz. Published 2021.

https://elearning.univboumerdes.dz/pluginfile.php/38243/mod_resource/content/1/Chapitre_3-CFAO-MANSER_FAO.pdf

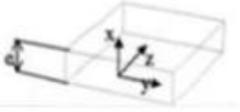
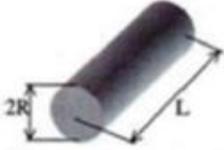
[22]: CAMWorks | HCL Technologies Ltd. SOLIDWORKS. Published November 10, 2020. Accessed April 26, 2022. <https://www.solidworks.com/partner-product/camworks>.

[23] : TABBAL. A : Étude et conception d'un moule à injection plastique d'une multiprise on acrylonitrile butadiène styrène (ABS) / Université m'Hamed Bougara - Boumerdes promotion 2020.

[24] : HOCINE. K CHALAL. S : Étude et conception d'un nouveau produit –Application l'injection plastique / Université mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou promotion 2013.

[25] : MOUAZ. K MEJDOUB.A : Étude, conception et réalisation d'un moule d'injection plastique d'une roue une ABS / Université mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou promotion 2014.

Annexe 1 :

Géométrie	Conditions limites	Equation
	Plaque $Q_z = 0$ $Q_y = 0$	$t_R = \frac{e^2}{D\pi^2} \ln \left[\frac{8}{\pi^2} \frac{T_i - T_M}{T e - T_M} \right]$
	Cylindre $Q_y = 0$ $Q_z = 0$ $L \gg R$	
	Cylindre $Q_y = 0$ $L \approx R$	
	Cube	
	Sphère	
	Cylindre creux $Q_y = 0$ $Q_z = 0$	

Equation pour le calcul des temps de refroidissement

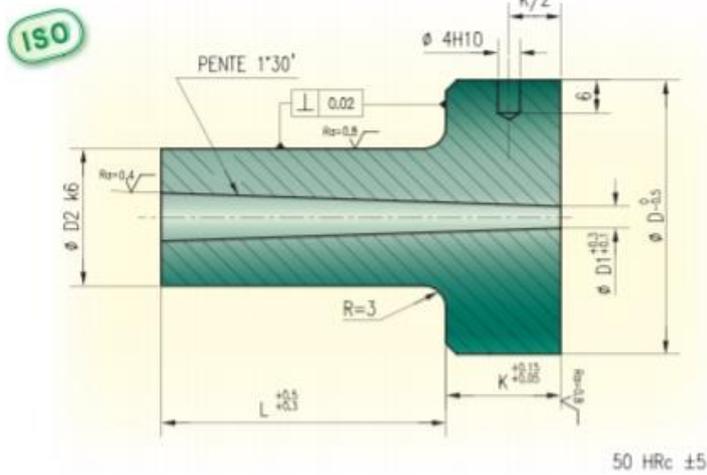
Annexe 2 :

649

BUSE D'INJECTION

SPRUE BUSHING
ANGIESSBUCHSE

NF ISO 10072



REF. 649 D2=20 D1=4 L=63 mm

649-20-4-63

Fabrications spéciales sur demande
Special manufacture on request
Spezialherstellung auf Anfrage

D	K	D1	L		25	32	40	50	63	80	100
			D2								
28	12	3	12								
32	16	4	16								
40	21	4	20								
50	28	5,5	25								

Annexe 3 :

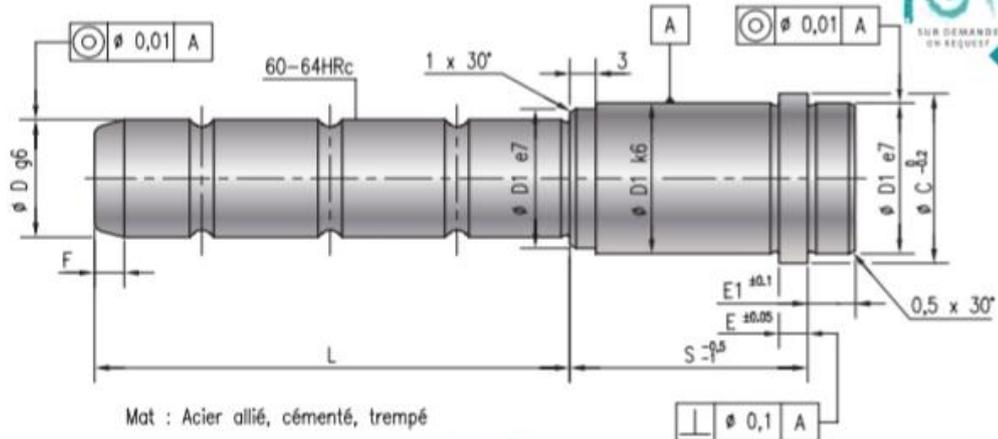
673

COLONNE AVEC PLOT DE CENTRAGE OXA®
STEPPED GUIDE PILLAR WITH CENTERING PLUG OXA®





REF. 673 D=14 S=17 L=75 → 673-14-17-75



D1	E	C	F	E1	D	S	L	REF. 673	D1	E	C	F	E1	D	S	L	REF. 673
					14	17	35							14	17	35	
					14	17	55							14	17	55	
					14	17	75							14	17	75	
					14	17	95							14	17	95	
					14	22	30							14	22	30	
					14	22	50							14	22	50	
					14	22	70							14	22	70	
					14	22	90							14	22	90	
					14	22	110		20	6	25	7	9	14/15	22	110	125
					14	22	125							14	22	125	
					14	22	150							14	22	150	
					14	27	30							14	27	30	
					14	27	45							14	27	45	
					14	27	65							14	27	65	
					14	27	85							14	27	85	
20	6	25	7	9	14/15	27	105							14/15	27	105	
					14	27	125							14	27	125	
					14	27	145							14	27	145	
					14	36	35							14	36	35	
					14	36	55							14	36	55	
					14	36	75							14	36	75	
					14	36	95							14	36	95	
					14	36	125		26	6	31	7	9	18/20	36	125	85
					14	36	155							14	36	155	
					14	46	35							14	46	35	
					14	46	45							14	46	45	
					14	46	65							14	46	65	
					14	46	85							14	46	85	
					14	46	105							14	46	105	
					14	46	125							14	46	125	
					14	46	145							14	46	145	
					14	46	165							14	46	165	

Annexe 5 :

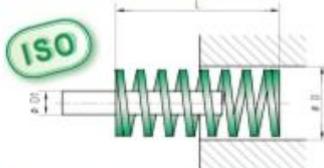
355



RESSORT CHARGE LEGERE COULEUR VERT

RECTANGULAR WIRE DIE SPRING GREEN COLOUR LIGHT LOAD SYSTEM-DRUCKFEDER, GRÜN

ISO 10243



REF. 355 D=40 L=127

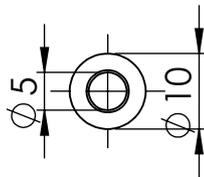
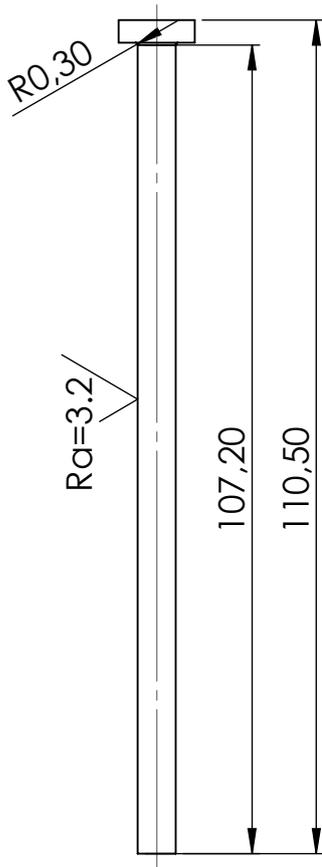
355-40-127

K	A 30 %		B 40 %		C Approximatif		D1	D	L	REF. 355		
	N/mm	N	mm	N	mm	N					mm	
94	1072	11,4	1429	15,2	1692	18	16	32	38			
79,5	1049	13,2	1399	17,6	1749	22			44			
67	1025	15,3	1367	20,4	1675	25			51			
53	1018	19,2	1357	25,6	1802	34			64			
44	1003	22,8	1338	30,4	1760	40			76			
37,2	993	26,7	1324	35,6	1786	48			89			
32	979	30,6	1306	40,8	1760	55			102			
29	1001	34,5	1334	46	1827	63			115			
25	953	38,1	1270	50,8	1725	69			127			
23	959	41,7	1279	55,6	1771	77			139			
21,5	980	45,6	1307	60,8	1742	81			152			
18,2	972	53,4	1296	71,2	1729	95			178			
15,8	962	60,9	1283	81,2	1770	112			203			
12,5	953	76,2	1270	101,6	1788	143			254			
10,3	942	91,5	1257	122	1803	175			305			
92	1408	15,3	1877	20,4	2300	25			20	40	51	
73	1402	19,2	1869	25,6	2409	33					64	
63	1436	22,8	1915	30,4	2457	39					76	
51	1362	26,7	1816	35,6	2397	47					89	
43	1316	30,6	1754	40,8	2322	54					102	
39,6	1366	34,5	1822	46	2416	61	115					
37	1410	38,1	1880	50,8	2442	66	127					
32	1334	41,7	1779	55,6	2432	76	139					
28	1277	45,6	1702	60,8	2268	81	152					
25,2	1346	53,4	1794	71,2	2344	93	178					
22,7	1382	60,9	1843	81,2	2497	110	203					
17	1295	76,2	1727	101,6	2312	136	254					
14,8	1354	91,5	1806	122	2412	163	305					
156	2995	19,2	3994	25,6	4836	31	25	50			64	
125	2850	22,8	3800	30,4	4500	36					76	
109	2910	26,7	3880	35,6	4796	44					89	
94	2876	30,6	3835	40,8	4606	49					102	
81	2795	34,5	3726	46	4860	60					115	
71	2705	38,1	3607	50,8	4544	64					127	
66,5	2773	41,7	3697	55,6	4655	70					139	
60	2736	45,6	3648	60,8	4620	77			152			
52	2777	53,4	3702	71,2	4888	94			178			
44	2680	60,9	3573	81,2	4620	105			203			
38,2	2624	68,7	3499	91,6	4813	126			229			
35	2667	76,2	3556	101,6	4795	137			254			
28,5	2608	91,5	3477	122	4788	168			305			
189	4309	22,8	5746	30,4	7182	38			38	63	76	
158	4219	26,7	5625	35,6	7110	45					89	
131	4009	30,6	5345	40,8	6812	52					102	
116	4002	34,5	5336	46	6960	60					115	
103	3924	38,1	5232	50,8	6489	63					127	
84,3	3844	45,6	5125	60,8	6575	78					152	
71,5	3818	53,4	5091	71,2	6364	89					178	
61,7	3758	60,9	5010	81,2	6664	108	203					
47	3581	76,2	4775	101,6	6439	137	254					
38,2	3495	91,5	4660	122	6227	163	305					

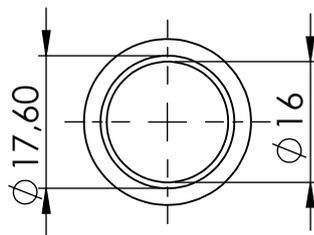
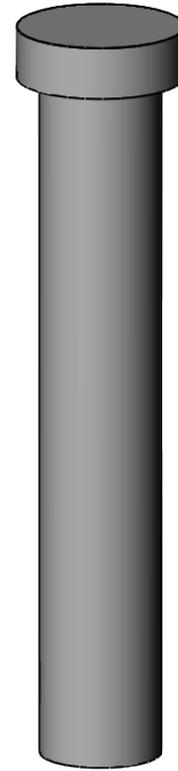
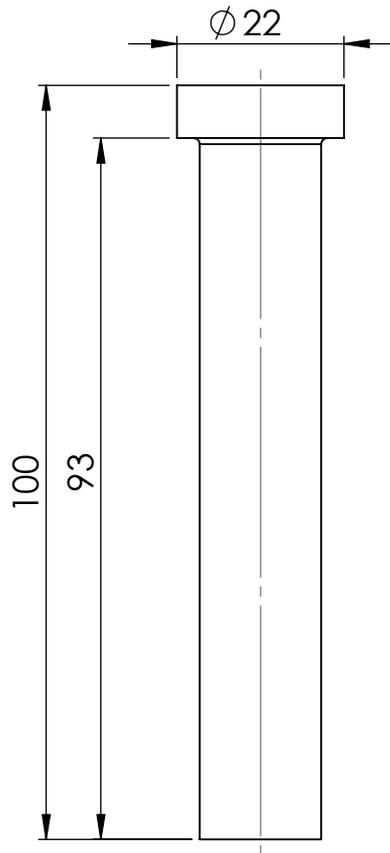
Annexe 6 :

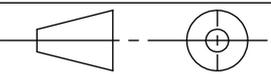
Tableau 4 – Paramètres d'injection de différents thermoplastiques T_m , T_i , T_s respectivement température du moule, température d'injection et solidification								
	Symbole (1)	T_m (°C)	T_i (°C)	T_s (°C)	$\Delta T = T_i - T_s$	Viscosité		
						bonne	moyenne	faible
POLYMÈRES AMORPHES	PPO	80	300	120	180			
	PEI	100	370	215	155			
	PMMA	70	245	100	145			
	ABS	75	250	110	140			
	ASA	75	245	105	140			
	SAN	80	255	115	140			
	PS	45	225	100	125			
	SB	70	225	100	125			
	PES	150	350	230	120			
	PSU	150	315	200	115			
	PVC	35	195	100	95			
	PC	90	300	150	150			
	CAB	55	215	140	75			
	TPU (2)	35	210	150	60			
POLYMÈRES CRISTALLINS	PE	25	250	140	110			
	PP	35	255	165	90			
	LCP (3)	175	400	330	70			
	PA 11	60	230	175	55			
	PA 12	60	230	175	55			
	FEP	150	340	290	50			
	PET	140	285	245	40			
	PBT	60	265	225	40			
	PPS	110	330	290	40			
	PEEK	160	370	334	36			
	PA 6-10	90	250	215	35			
	PA 6	90	250	220	30			
	PA 6-6	90	285	255	30			
	POM	100	200	181	19			
Température dans la zone du seuil pour ΔT (°C)						<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">Froide</div> <div style="text-align: center;">Chaude</div> <div style="text-align: center;">Très chaude</div> </div>		

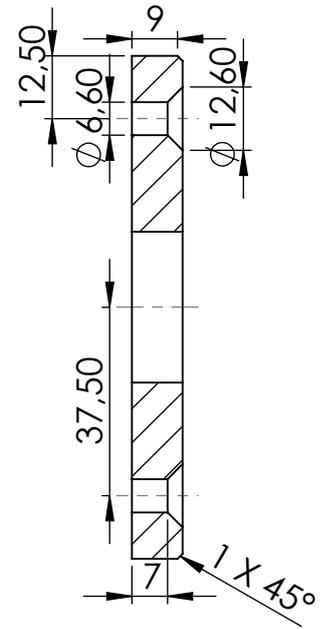
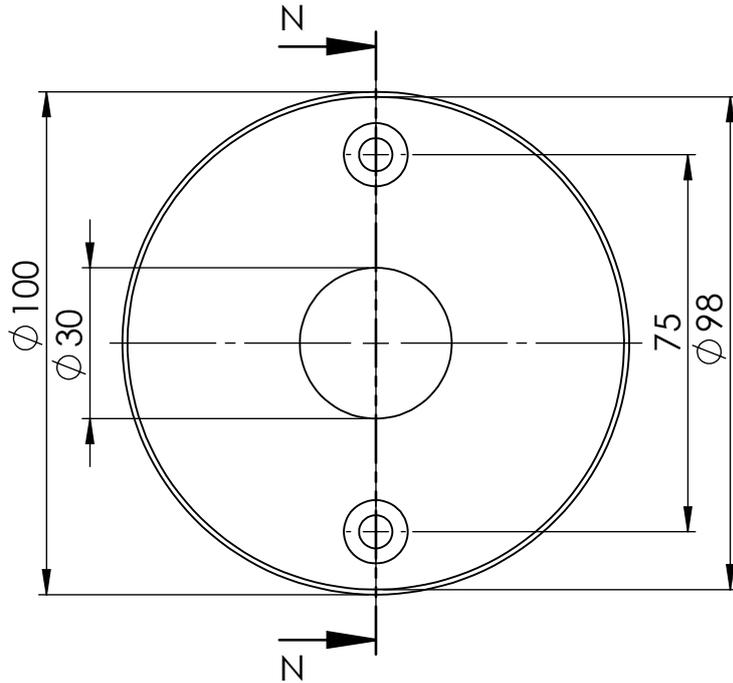
(1) Se reporter au chapitre [A 3 012] *Plastiques*. Symboles dans le présent traité.
(2) TPU : élastomère thermoplastique de polyuréthane.
(3) LCP : polymères à cristaux liquides.



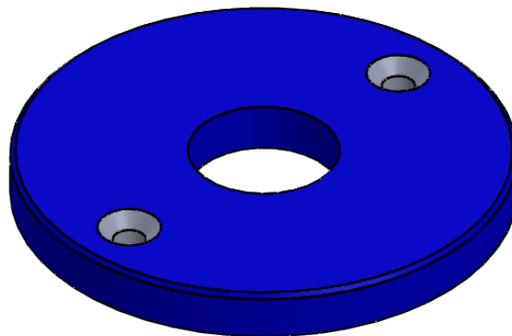
14	07	Ejecteur carotte	36NiCrMo16	
REP	NBR	DESIGNIATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE: 1:1		Moule par injection plastique d'un joint d'une poignée de porte	Realisé par: HARFOUCHI Loubna MERABET Sihem	
			2021/2022	
A4		UMBB - FT - DGM - CM		MASTER: II

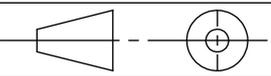


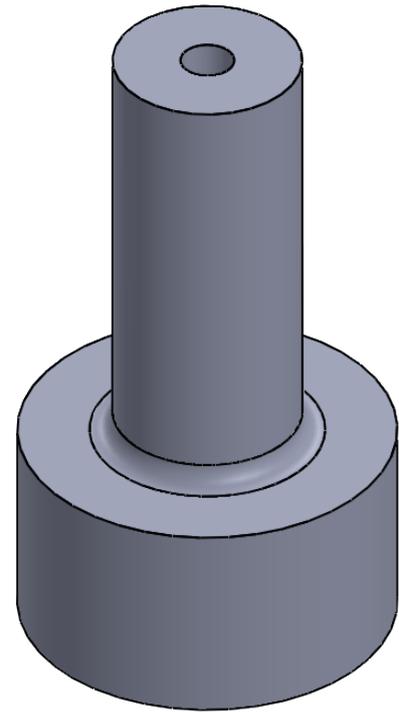
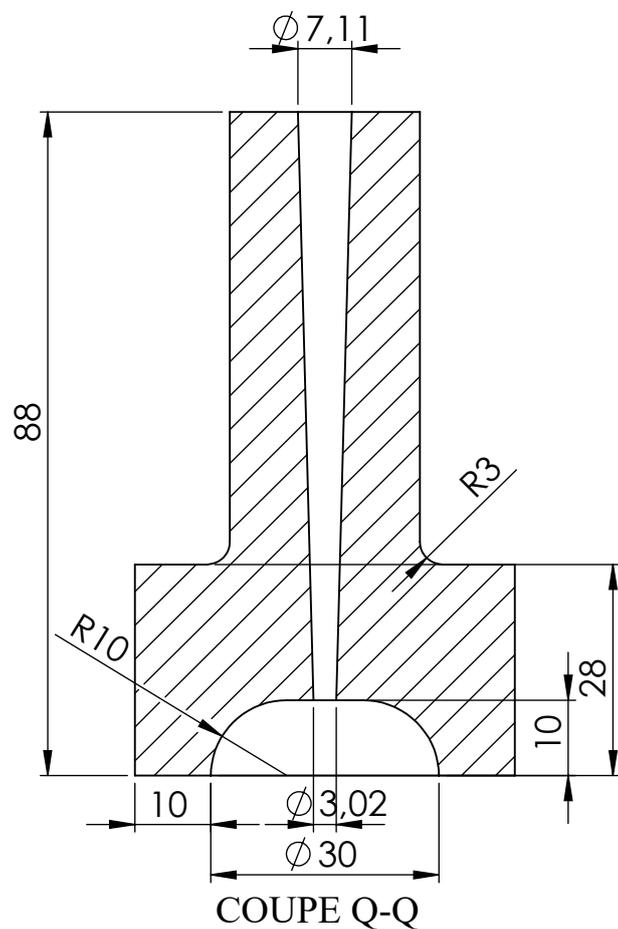
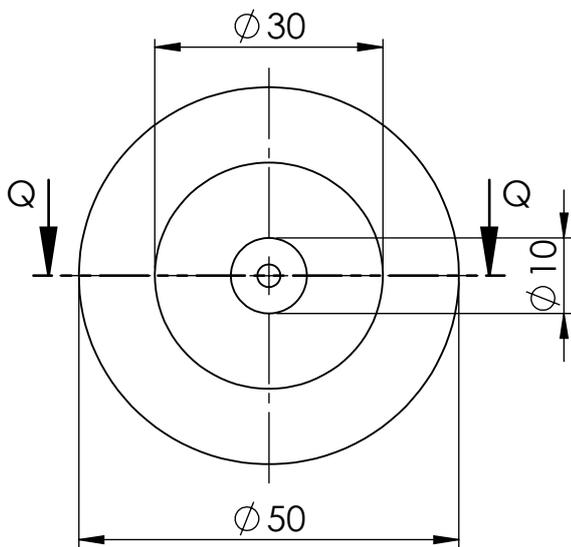
13	04	Ejecteur ressort	12Ni Cr12	
REP	NBR	DESIGNIATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE: 1:1		Moule par injection plastique d'un joint d'une poignée de porte		Realisé par: HARFOUCHI Loubna MERABET Sihem
				2021/2022
A4		UMBB - FT - DGM - CM		MASTER: II

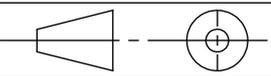


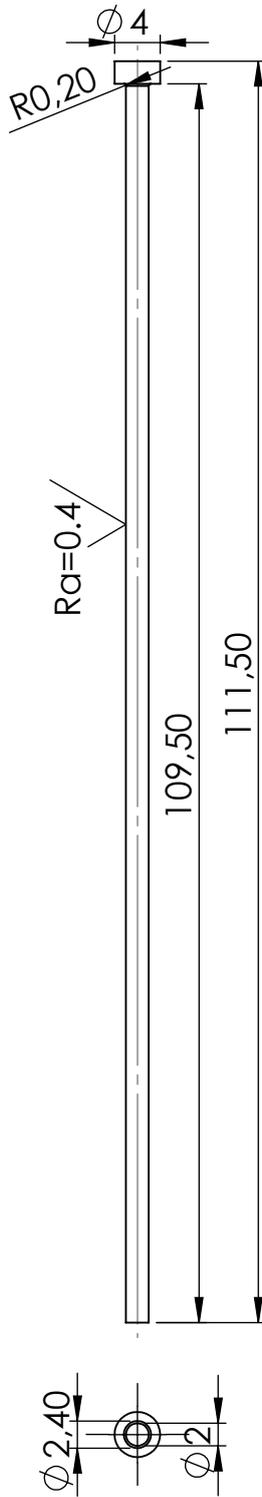
Coupe N-N



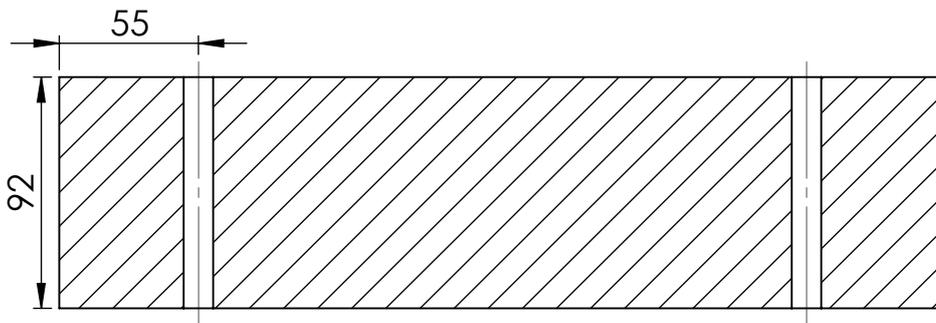
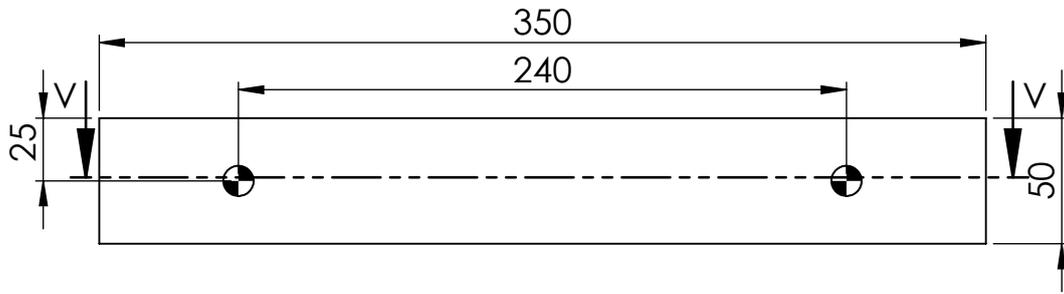
02	01	Bague de centrage	S235	
REP	NBR	DESIGNIATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE: 2:3		Moule par injection plastique d'un joint d'une poignée de porte	Realisé par: HARFOUCHI Loubna MERABET Sihem	
			2021/2022	
A4		UMBB - FT - DGM - CM	MASTER: II	



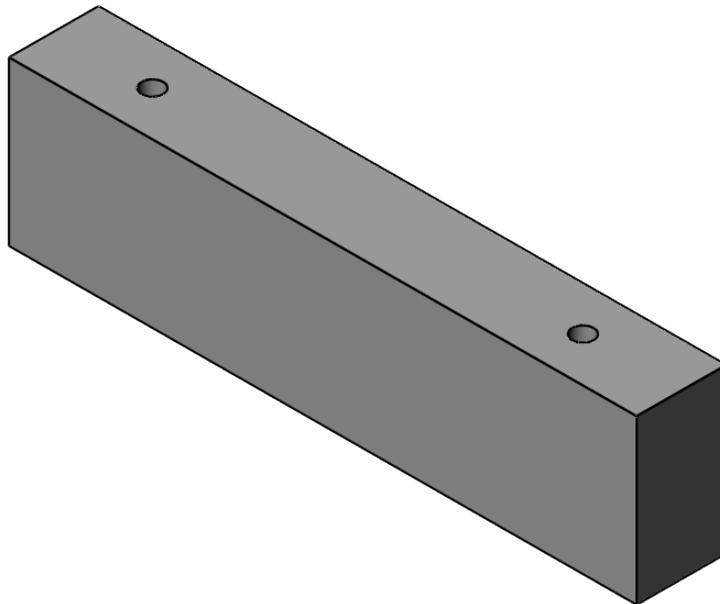
03	01	Buse d'injection	105W Cr6	
REP	NBR	DESIGNIATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE: 2:3		Moule par injection plastique d'un joint d'une poignée de porte	Realisé par: HARFOUCHI Loubna MERABET Sihem	
			2021/2022	
A4		UMBB - FT - DGM - CM		MASTER: II



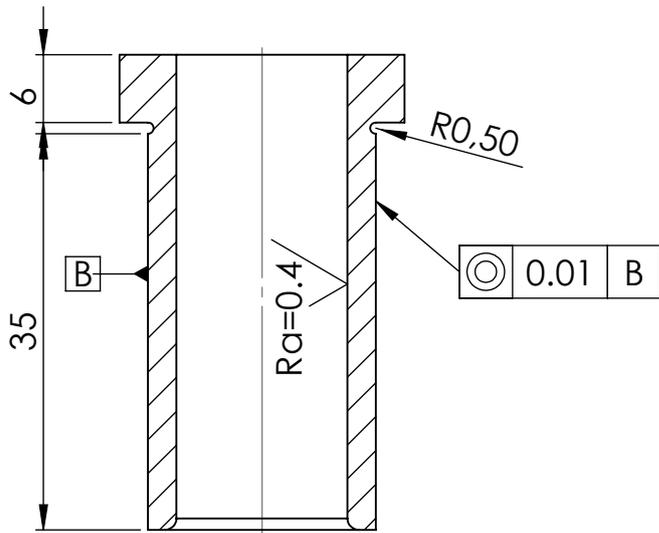
15	07	Ejecteur pièce	36NiCrMo16	
REP	NBR	DESIGNIATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE: 1:1		Moule par injection plastique d'un joint d'une poignée de porte		Realisé par: HARFOUCHI Loubna MERABET Sihem
				2021/2022
A4		UMBB - FT - DGM - CM		MASTER: II



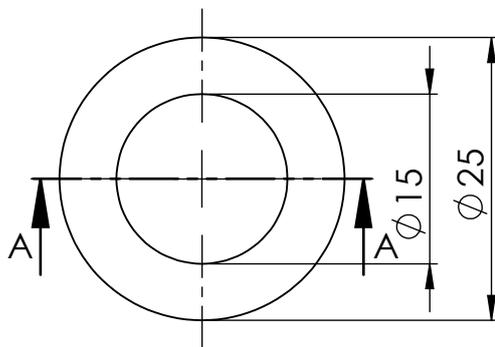
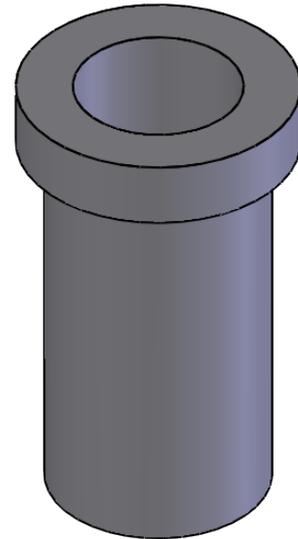
COUPE V-V

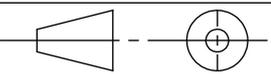


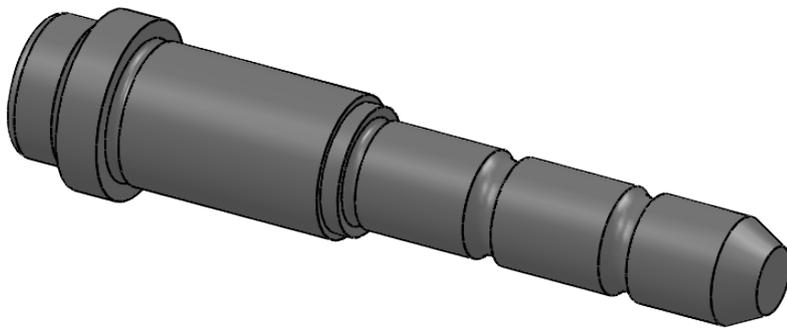
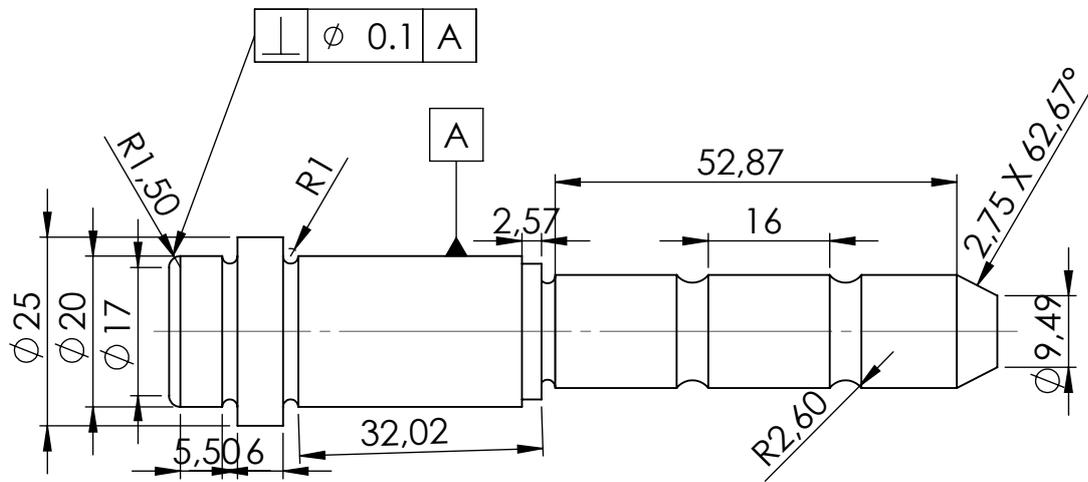
08	02	Tasseau	XC38	
REP	NBR	DESIGNIATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE: 1:3		Moule par injection plastique d'un joint d'une poignée de porte		Realisé par: HARFOUCHI Loubna MERABET Sihem
				2021/2022
A4		UMBB - FT - DGM - CM		MASTER: II

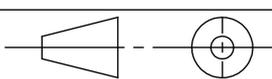


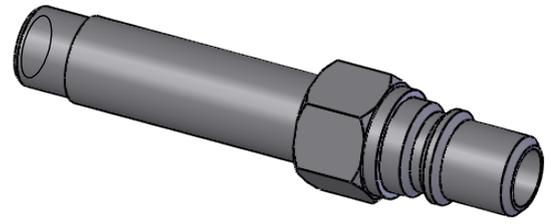
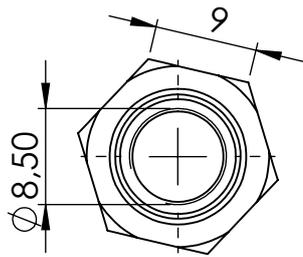
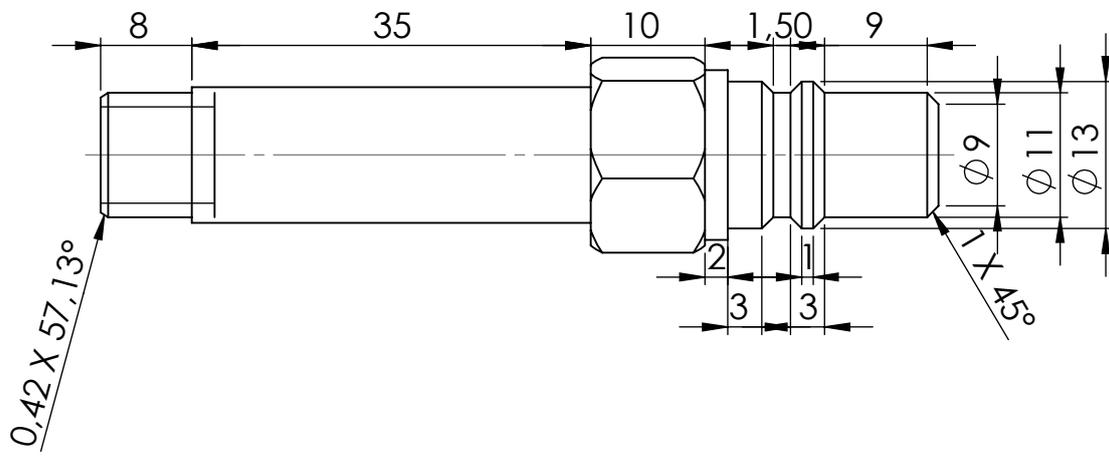
COUPE A-A

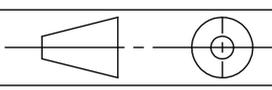


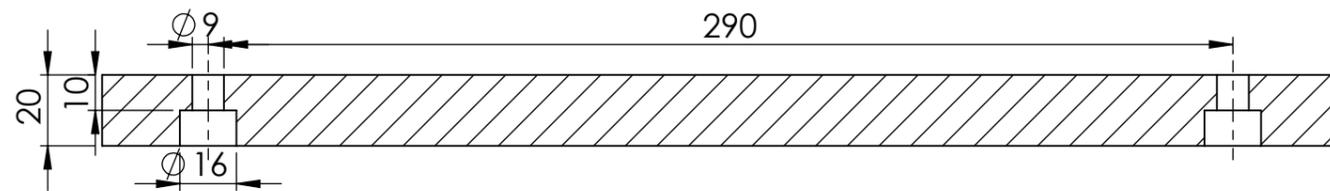
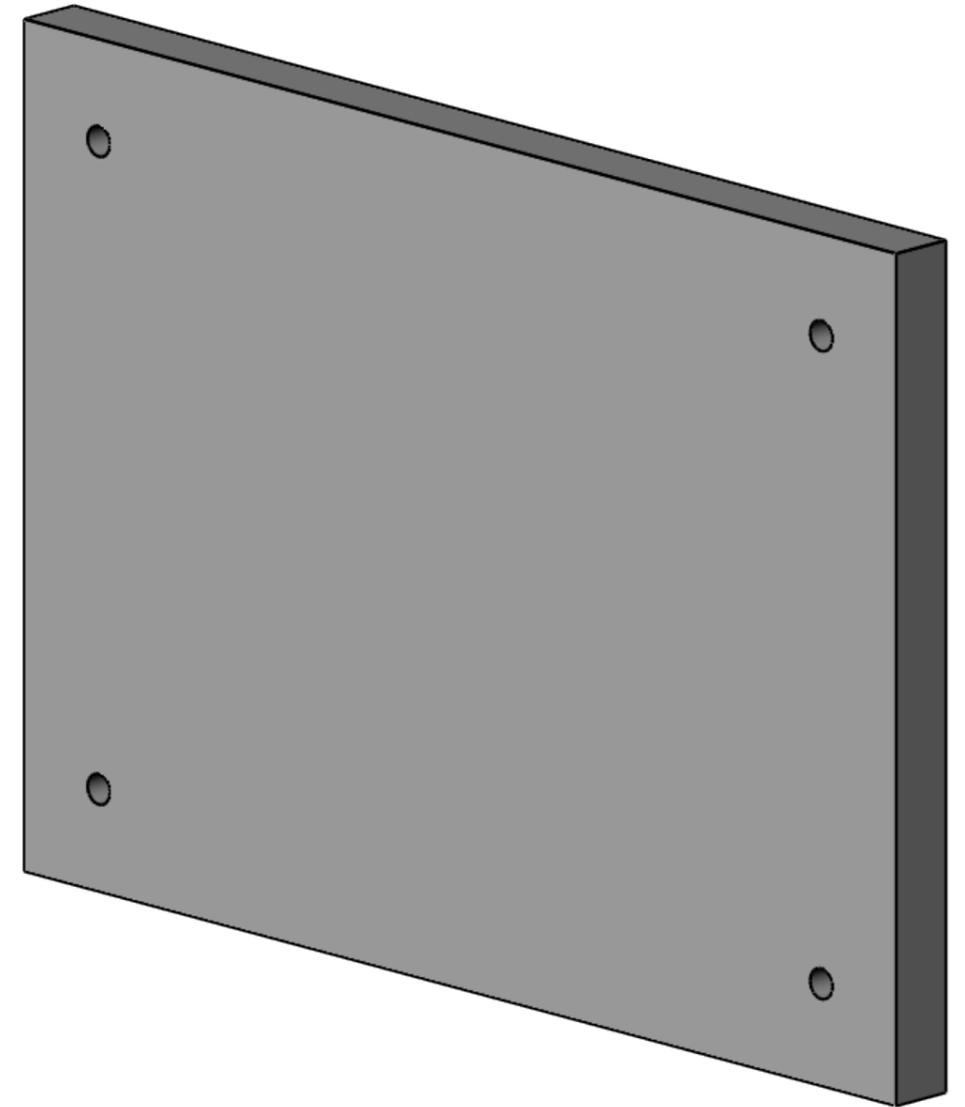
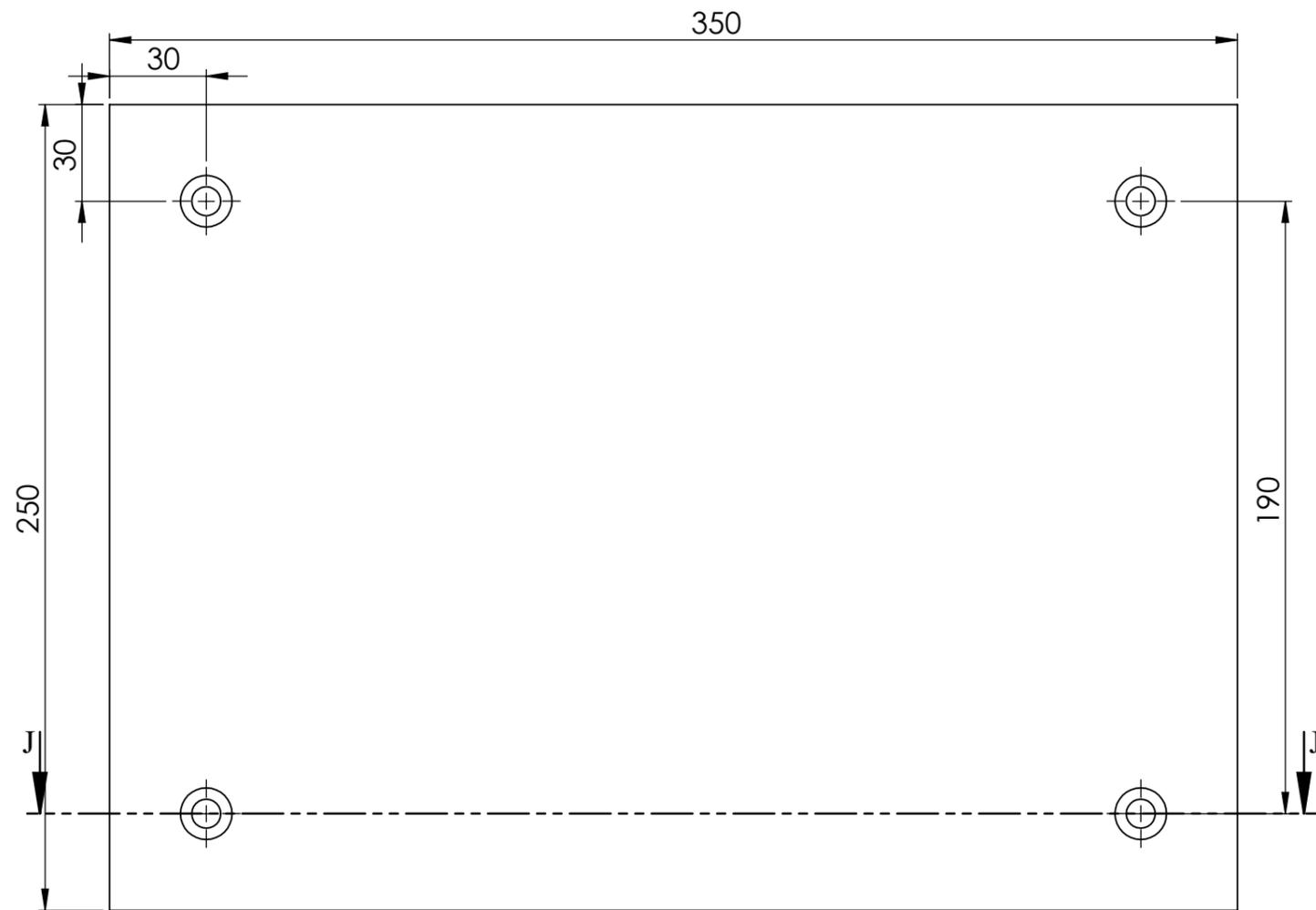
16	04	Bague de guidage	X200Cr12	
REP	NBR	DESIGNIATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE: 3:2		Moule par injection plastique d'un joint d'une poignée de porte		Realisé par: HARFOUCHI Loubna MERABET Sihem
				2021/2022
A4		UMBB - FT - DGM - CM		MASTER: II



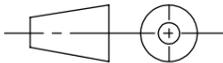
04	04	Colonne de guidage	X200Cr12	
REP	NBR	DESIGNIATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE: 1:1		Moule par injection plastique d'un joint d'une poignée de porte	Realisé par: HARFOUCHI Loubna MERABET Sihem	
			2021/2022	
A4		UMBB - FT - DGM - CM	MASTER: II	

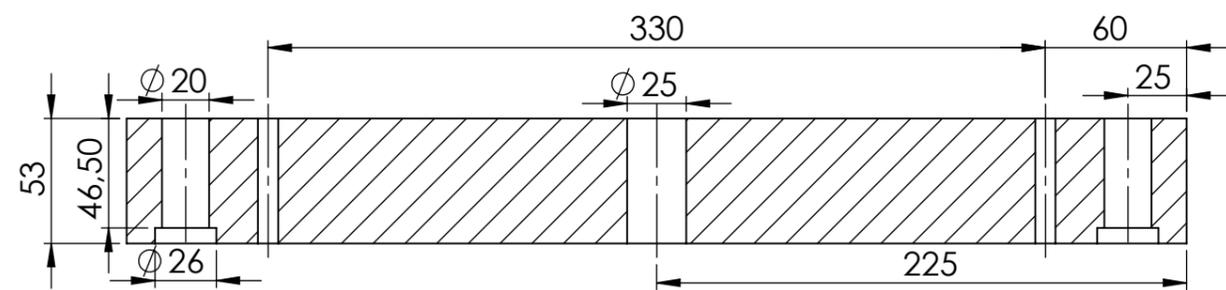
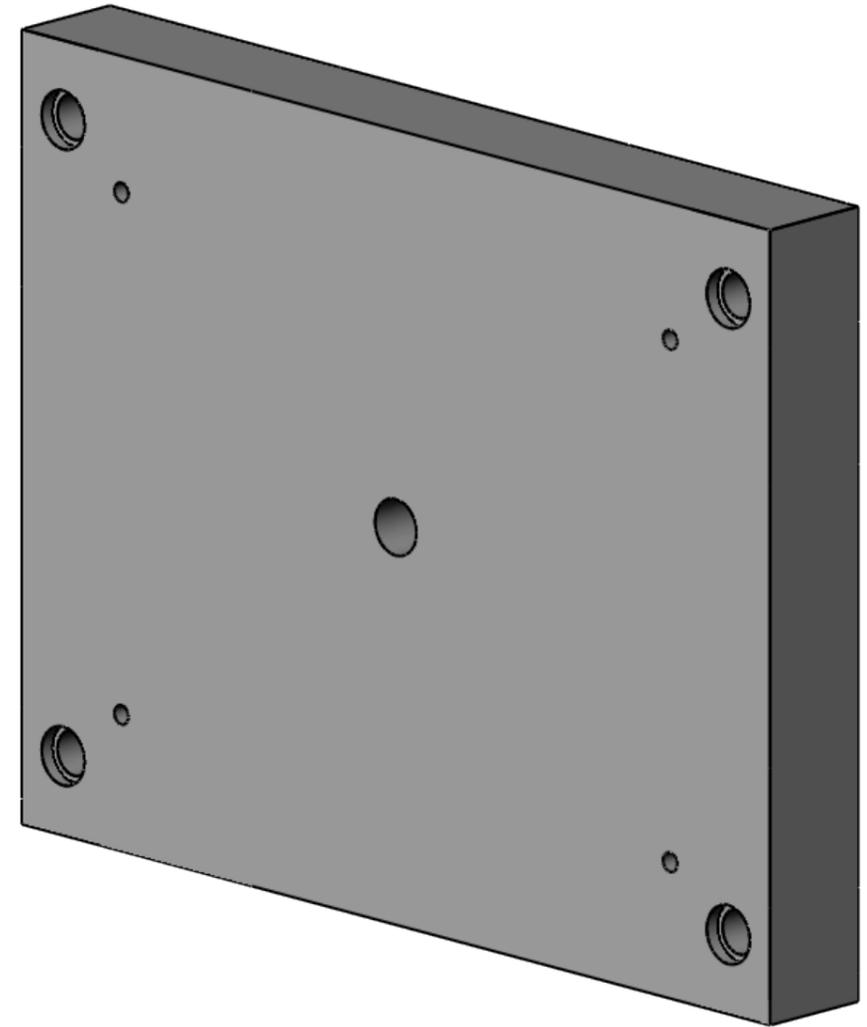
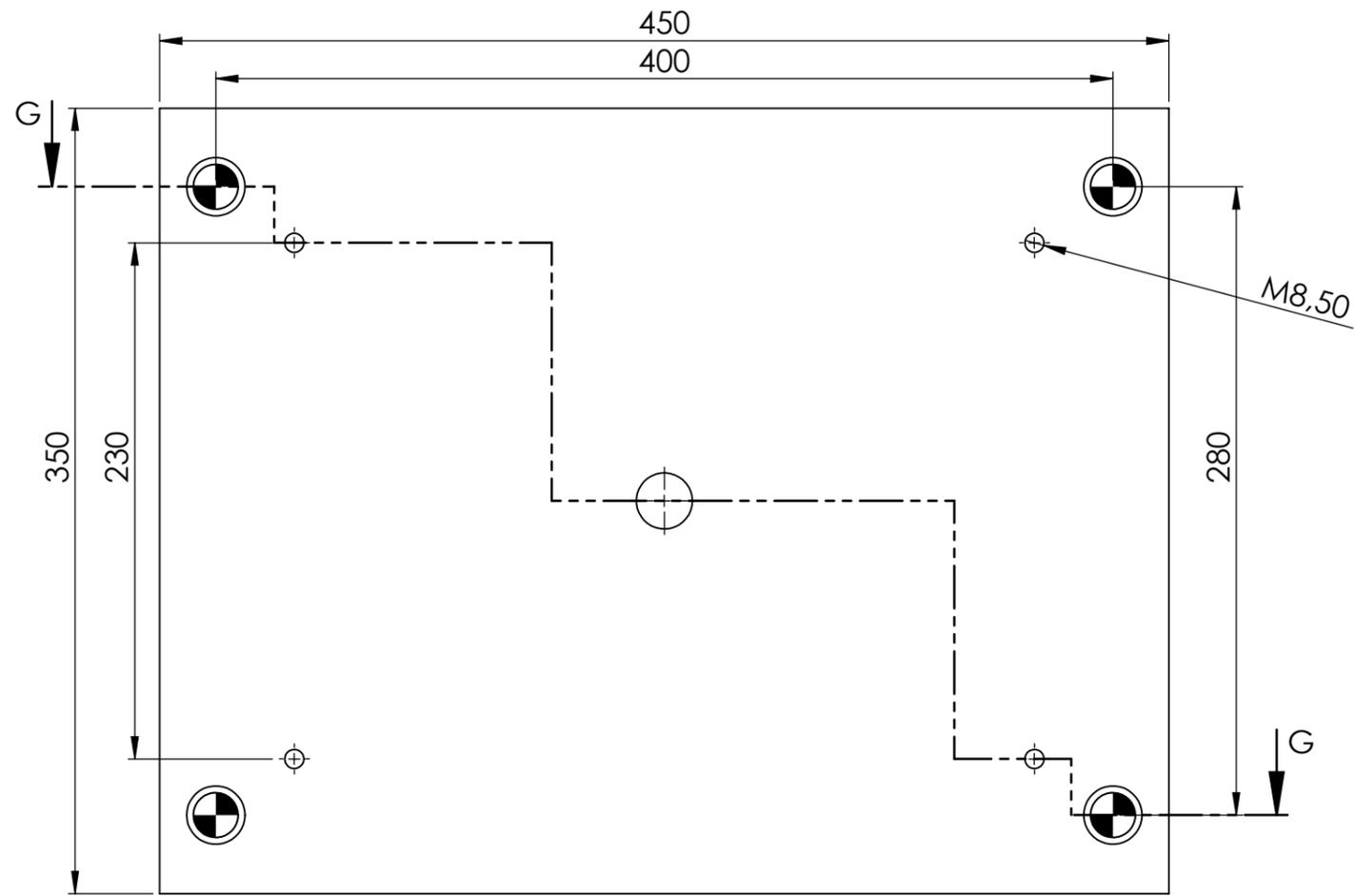


17	08	Tétine	Bronze	
REP	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE: 3:2		Moule par injection plastique d'un joint d'une poignée de porte	Realisé par: HARFOUCHI Loubna MERABET Sihem	
			2021/2022	
A4		UMBB - FT- DGM - CM	MASTER: II	

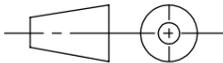


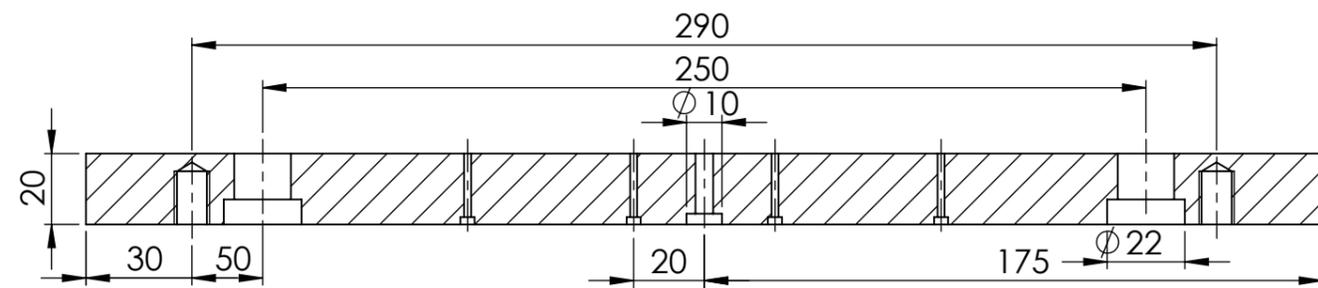
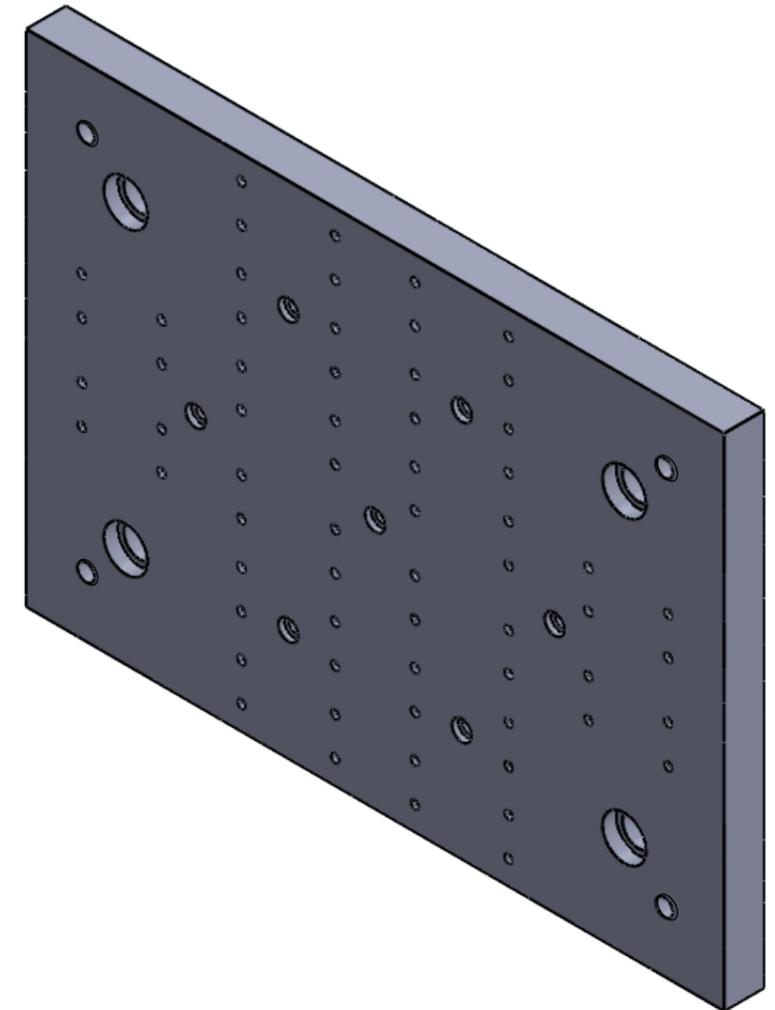
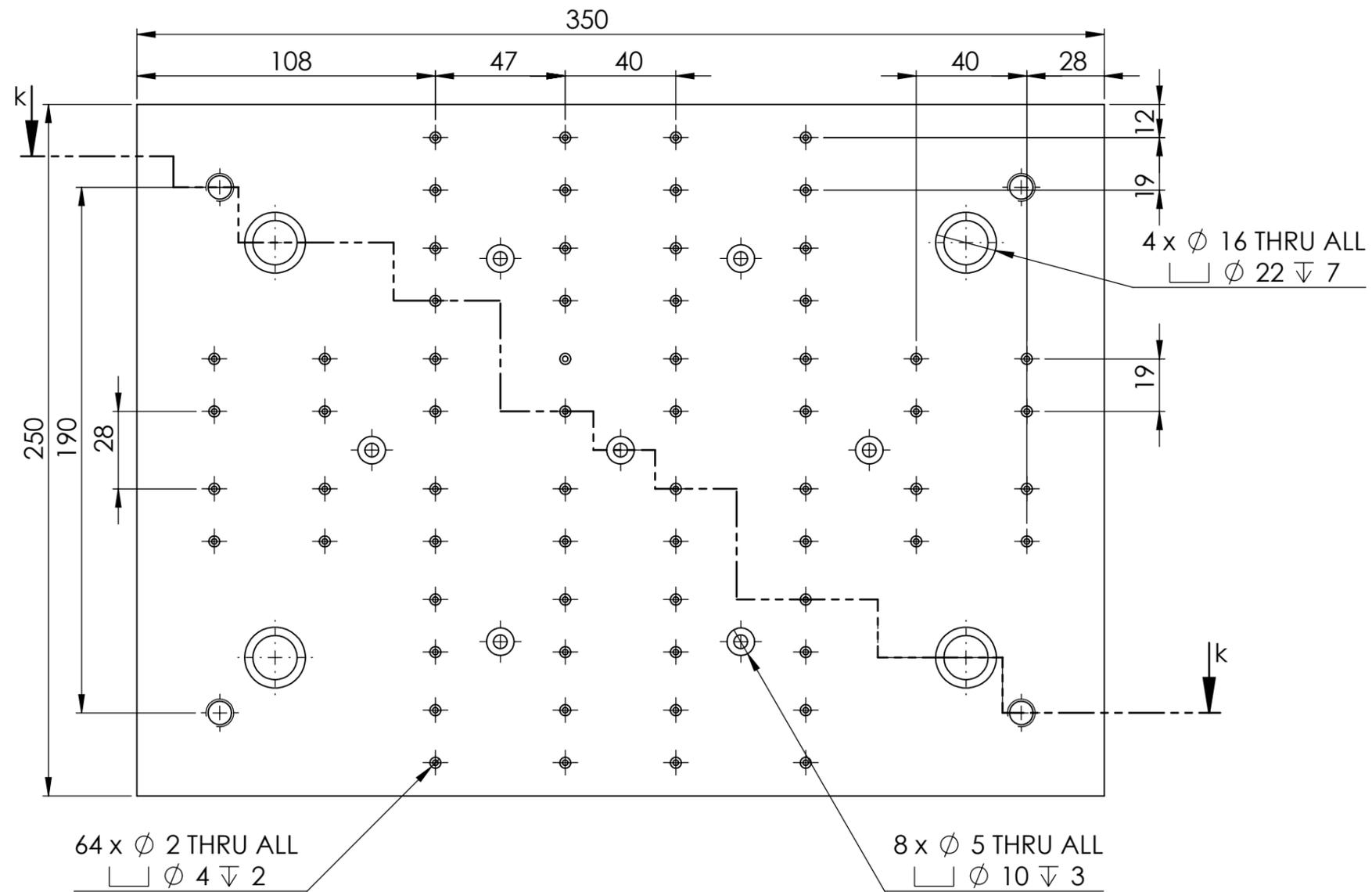
COUPE J-J

11	01	Contre plaque ejectrice	C45	
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE 1:2		Moule par injection plastique d'un joint d'une poignée de porte	Realisé par: HARFOUCHI Loubna MERABET Sihem	
			2021/2022	
A3		UMBB -FT -DGM - CM	MASTER II	

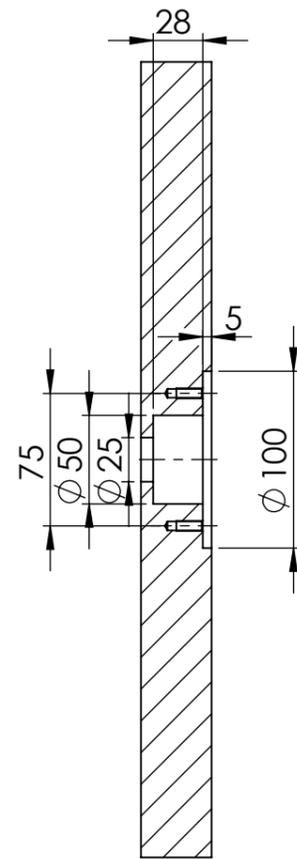
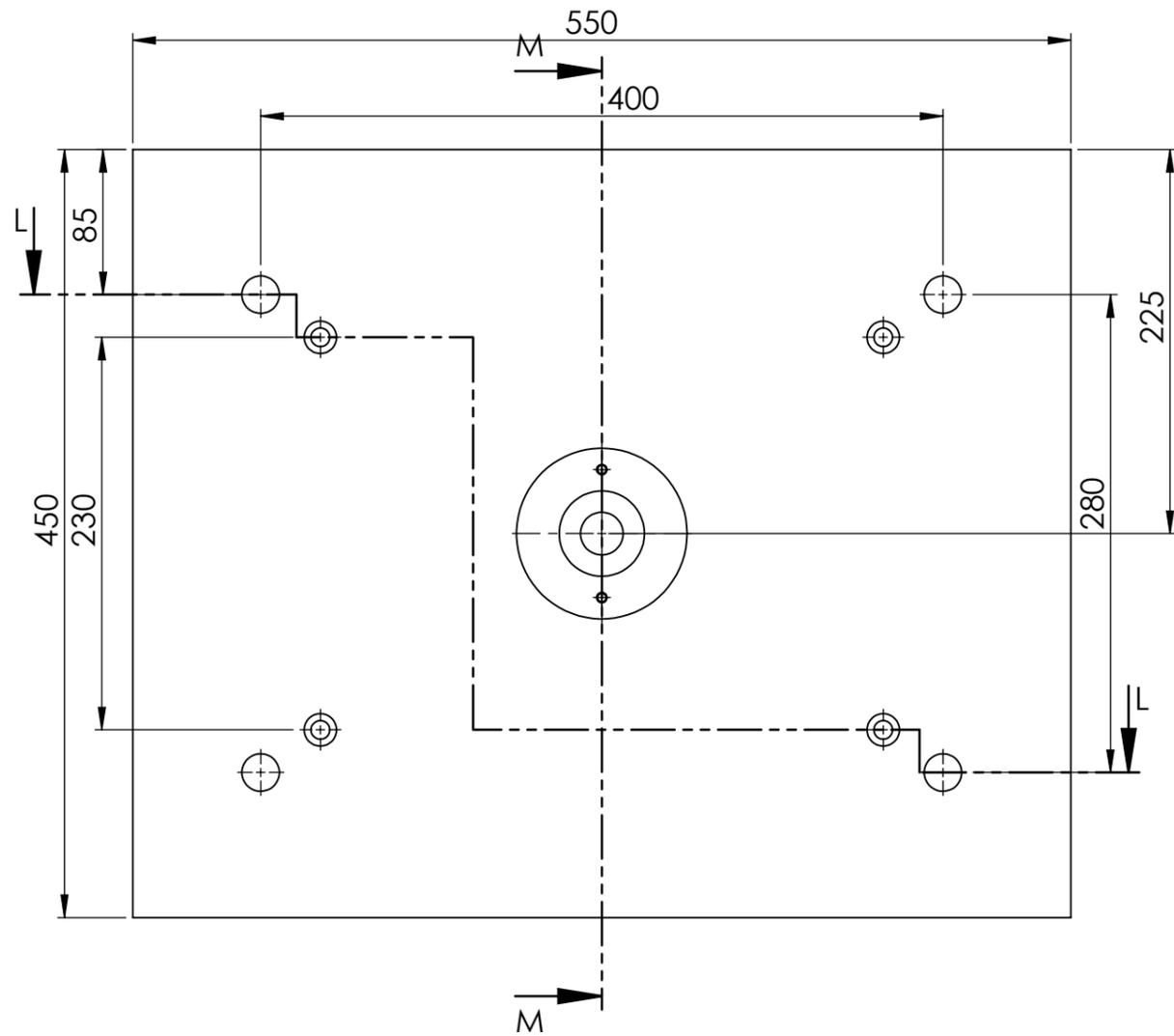


COUPE G-G

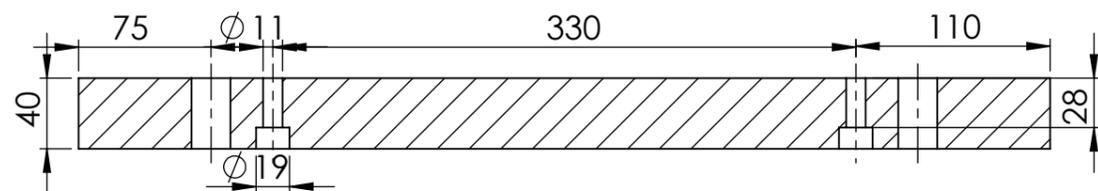
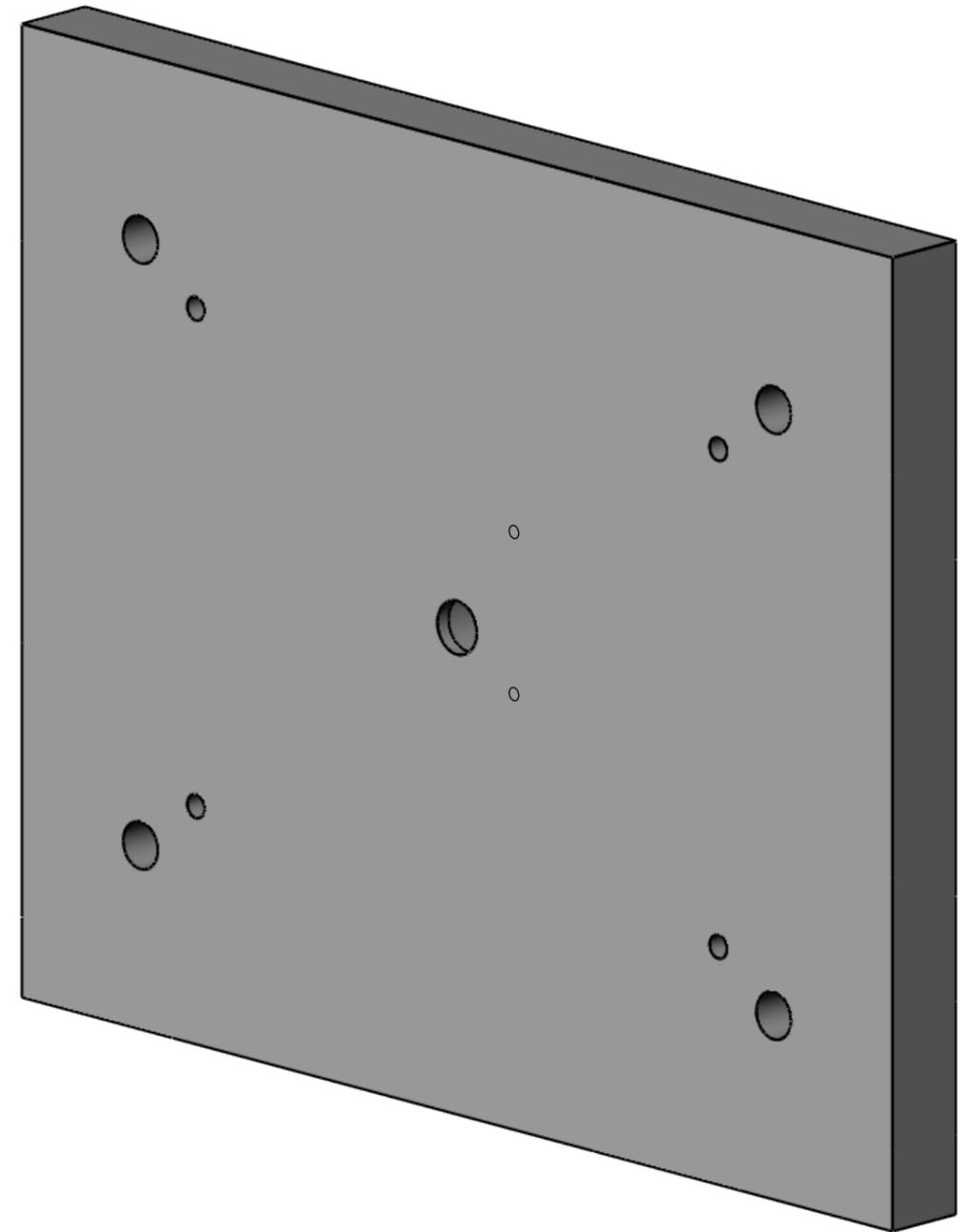
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
05	01	Porte empreinte	42 Cr Mo4	
ECHELLE 1:3		Moule par injection plastique d'un joint d'une poignée de porte	Realisé par: HARFOUCHI Loubna MERABET Sihem	
			2021/2022	
A3			MASTER II	
		UMBB -FT -DGM - CM		



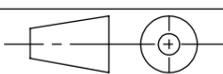
10	01	Plaque ejectrice	C45	
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE 1:3		Moule par injection plastique d'un joint d'une poignée de porte	Realisé par: HARFOUCHI Loubna MERABET Sihem	
A3			2021/2022	
			MASTER II	

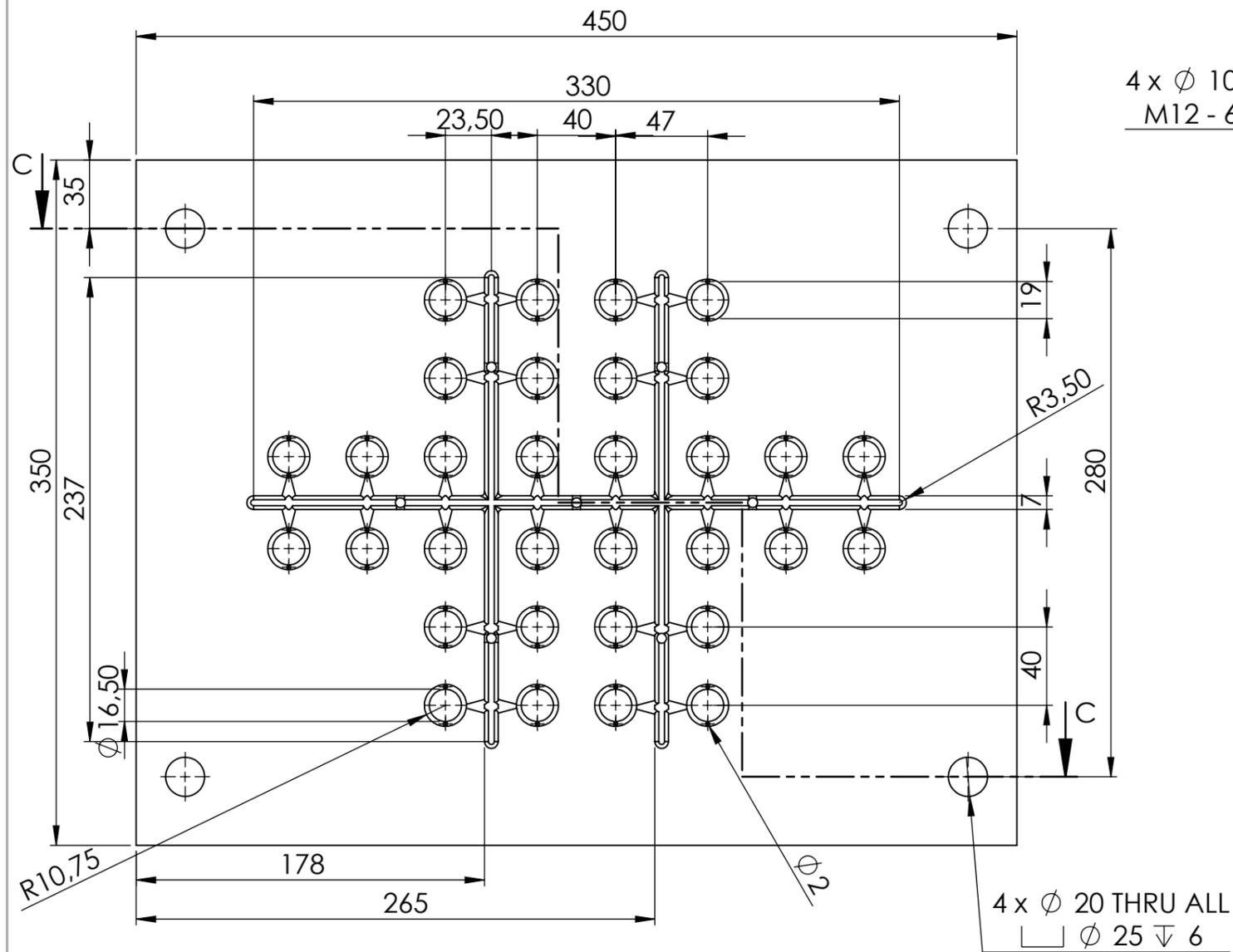


COUPE M-M

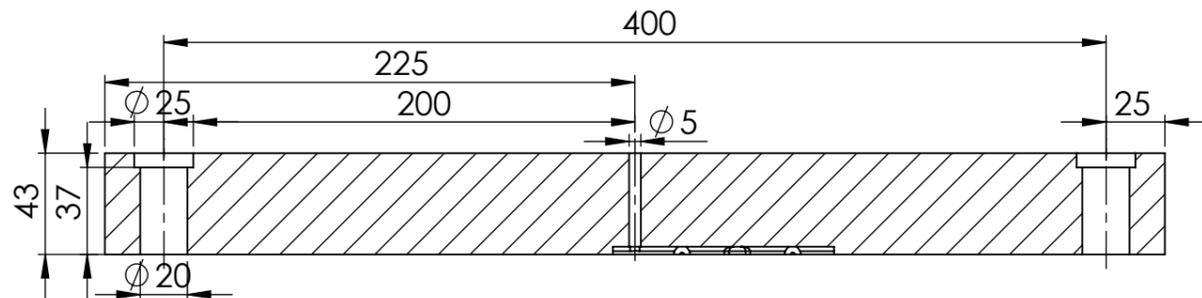
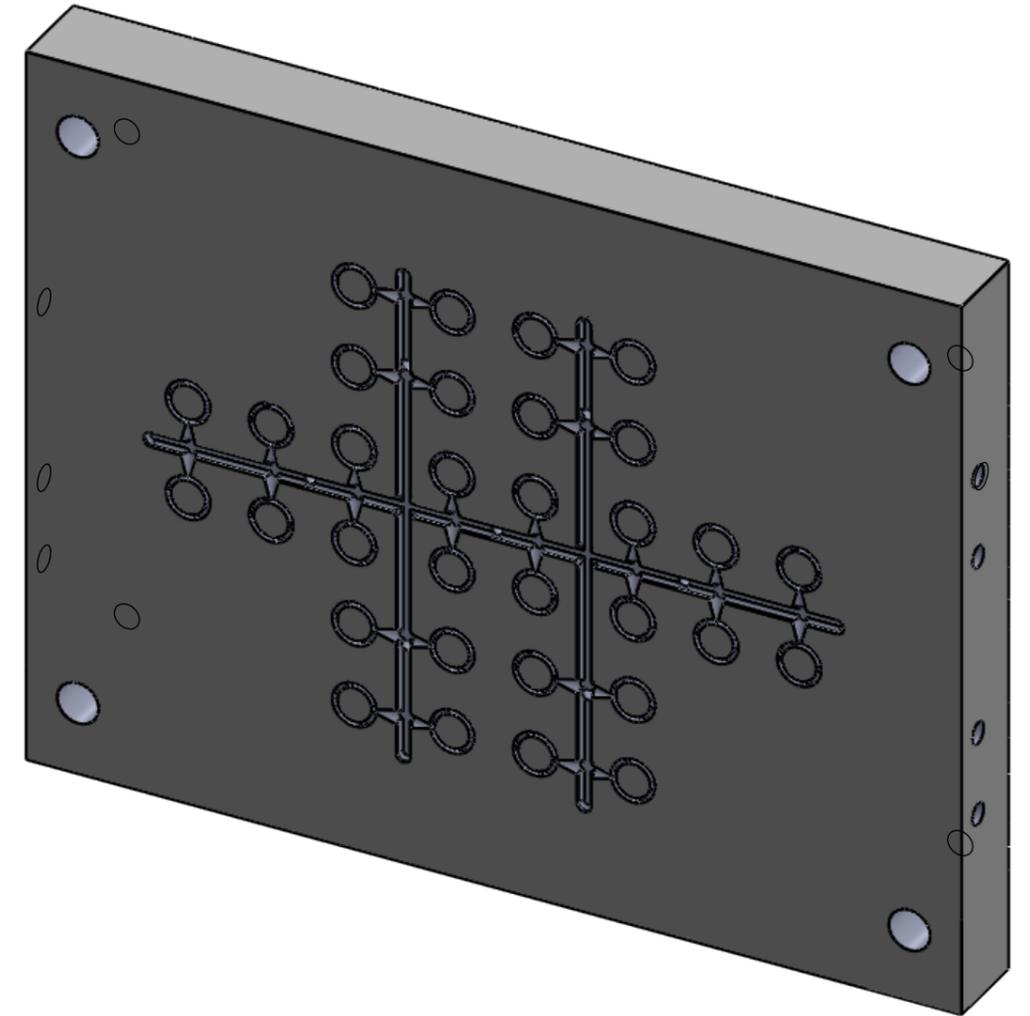
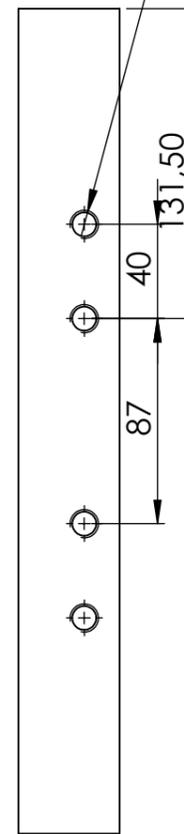


COUPE L-L

REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
01	01	Semelle fixe	S235	
ECHELLE 1:4		Moule par injection plastique d'un joint d'une poignée de porte	Realisé par: HARFOUCHI Loubna MERABET Sihem	
			2021/2022	
A3			UMBB -FT -DGM - CM	
		UMBB -FT -DGM - CM	MASTER II	

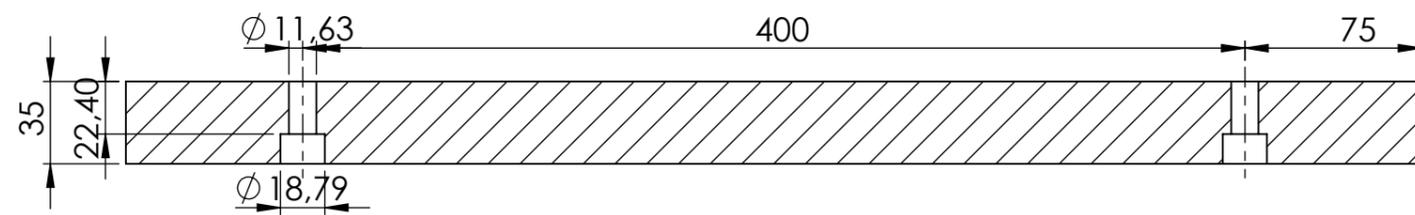
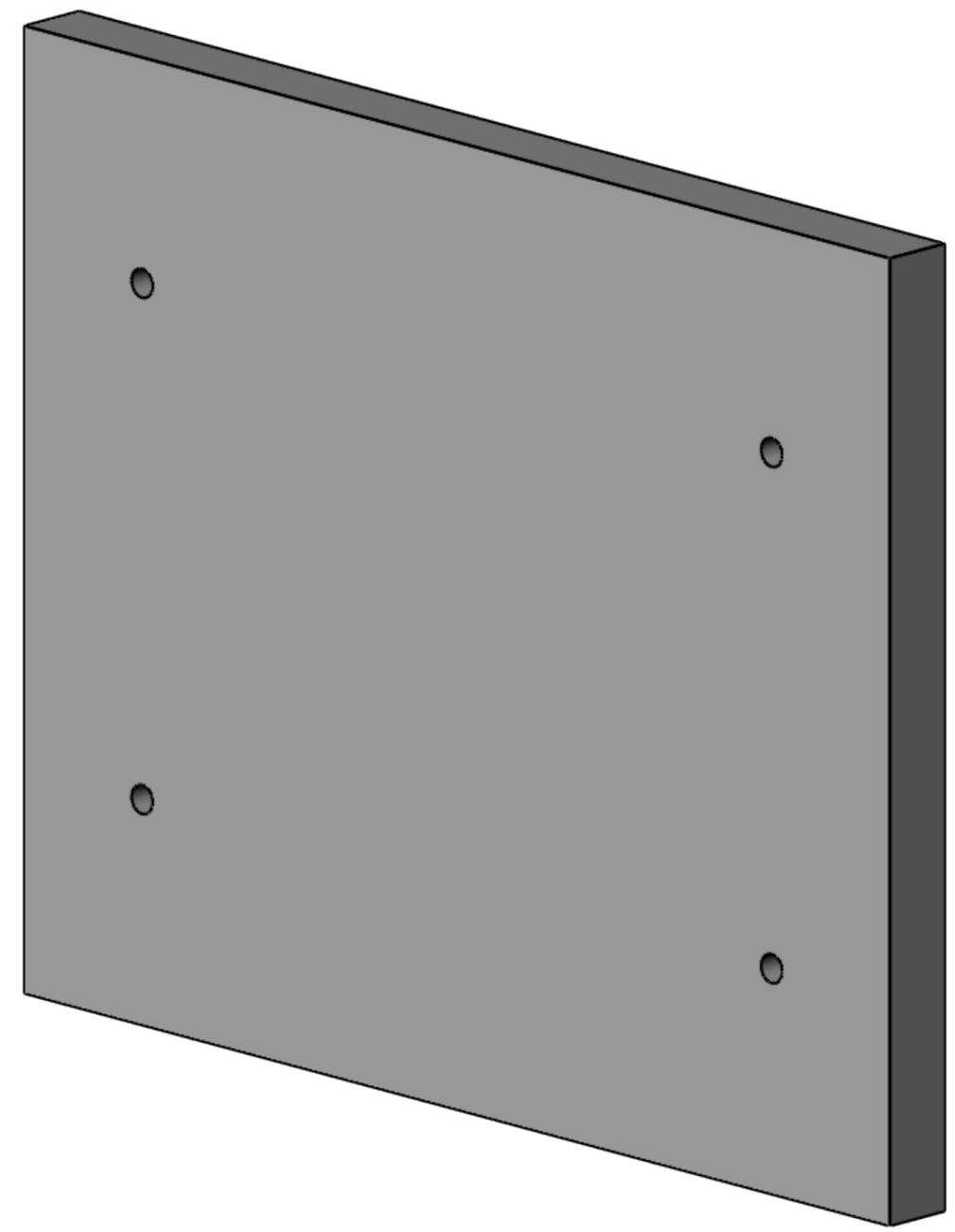
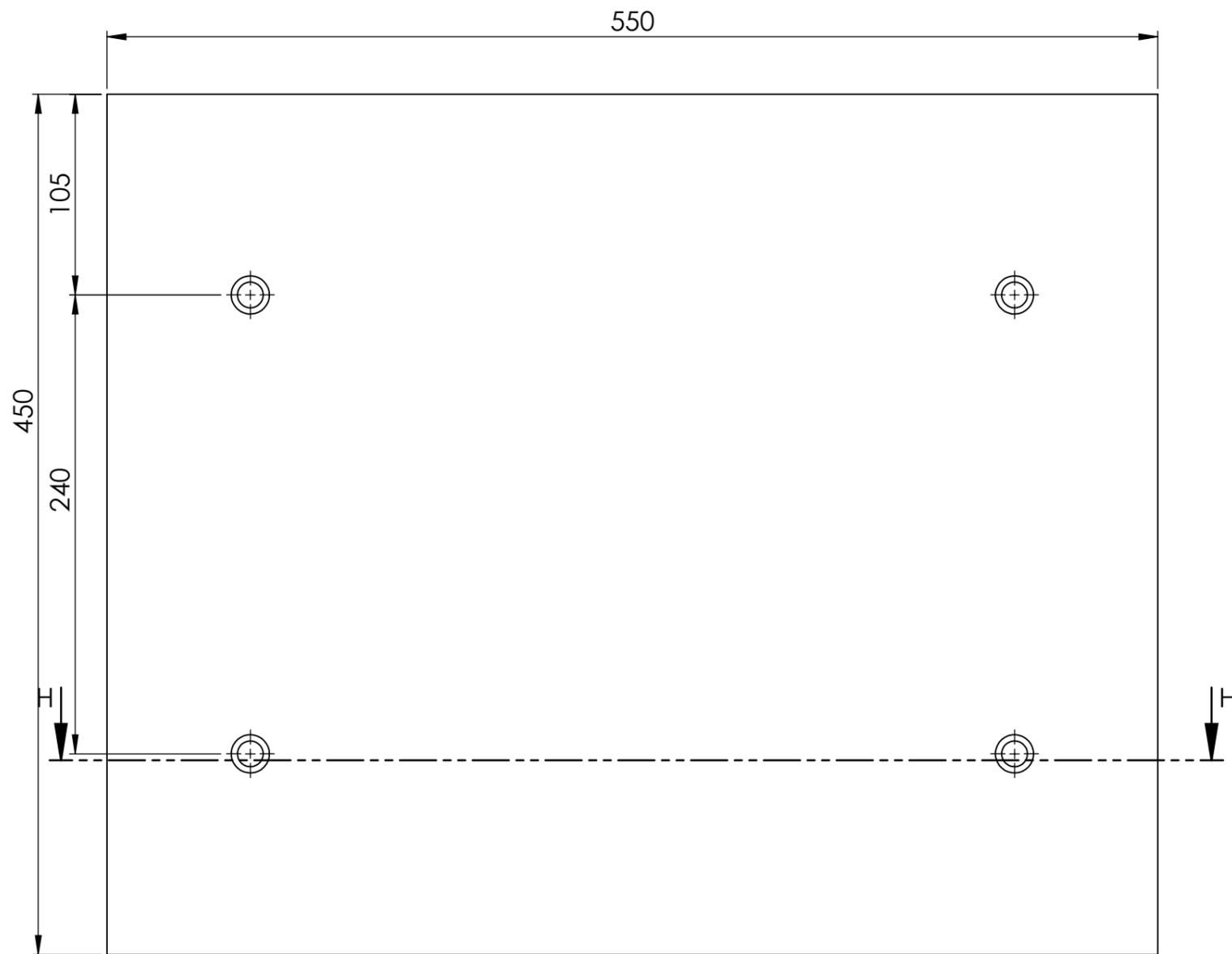


4 x ϕ 10,20 THRU ALL
M12 - 6H THRU ALL

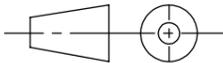


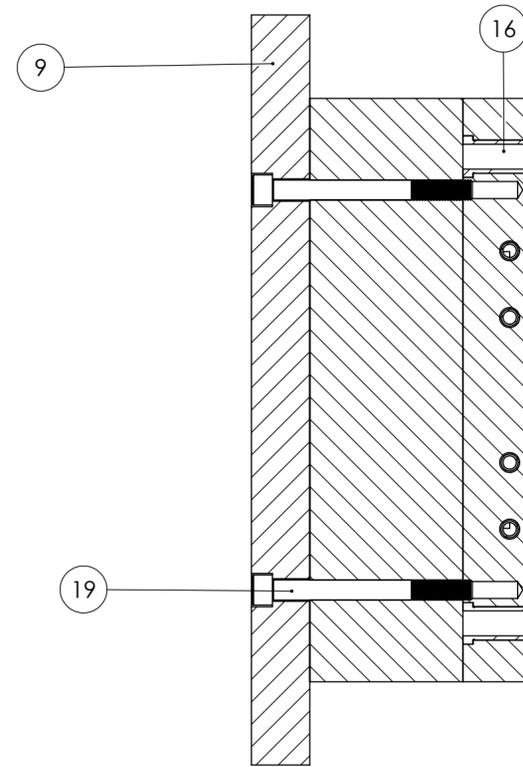
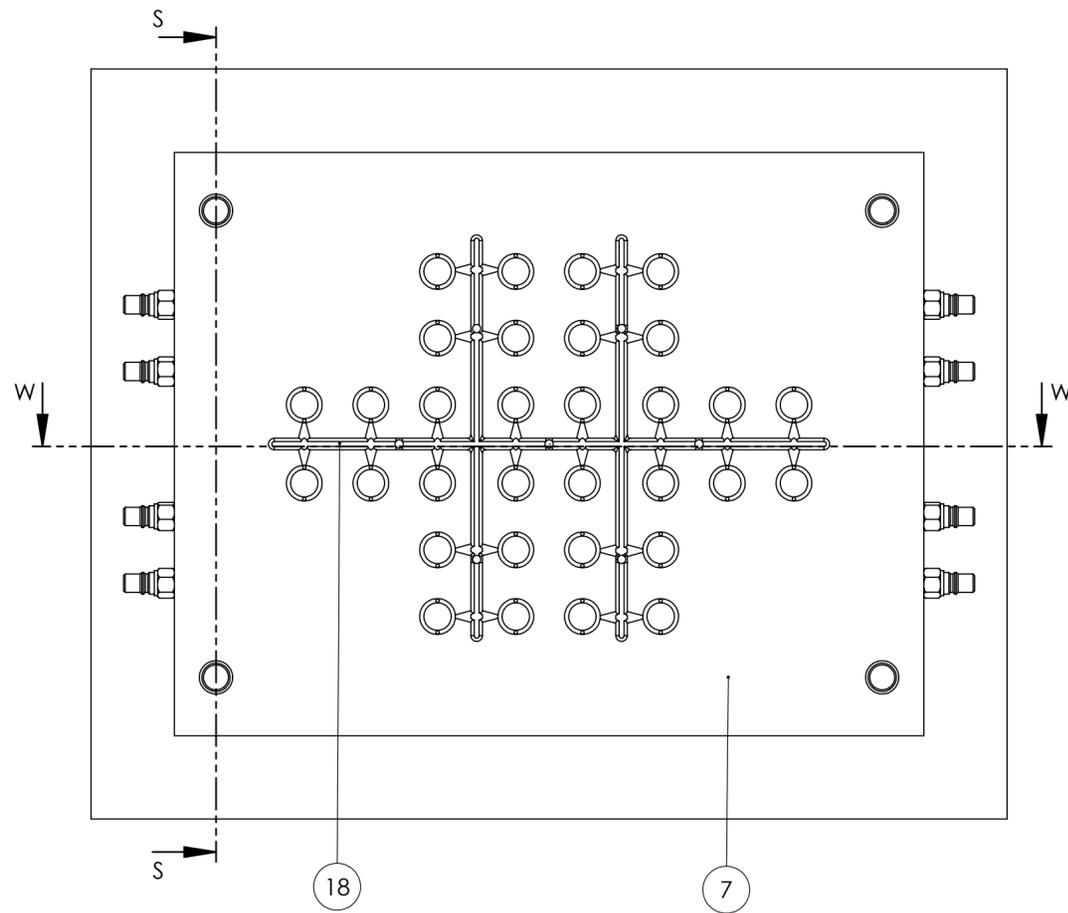
COUPE C-C

07	01	Empreinte mobile	36 Ni Cr Mo16	
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE 1:3		Moule par injection plastique d'un joint d'une poignée de porte	Realisé par: HARFOUCHI Loubna MERABET Sihem	
A3			2021/2022	
		UMBB -FT -DGM - CM	MASTER II	

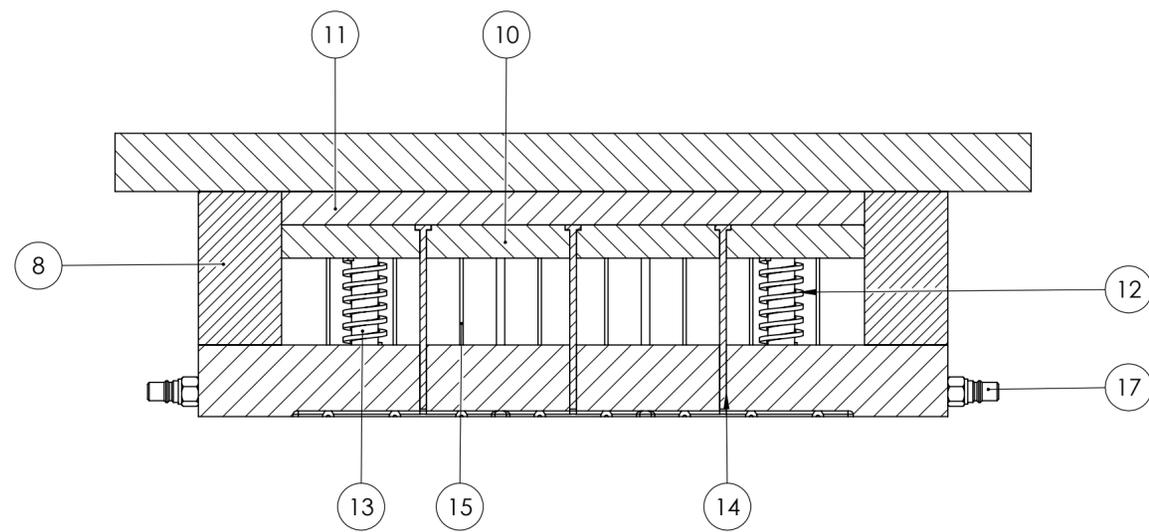
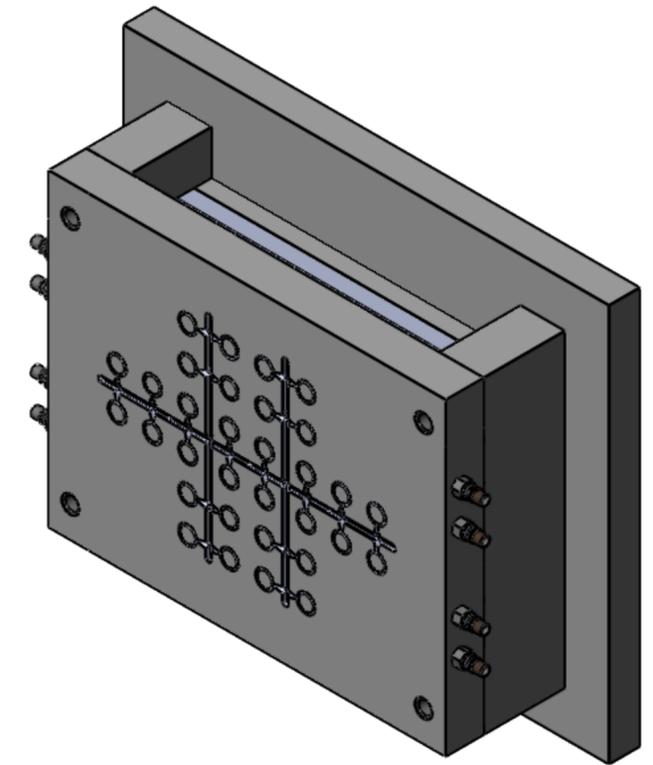


COUPE H-H

09	01	Semelle mobile	S235	
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
ECHELLE 1:3		Moule par injection plastique d'un joint d'une poignée de porte	Realisé par: HARFOUCHI Loubna MERABET Sihem	
			2021/2022	
A3		UMBB -FT -DGM - CM	MASTER II	



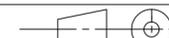
COUPE S-S



COUPE W-W

20	04	Vis CHC M12 6	C35	
19	04	Vis CHC M14	C35	
18	01	Carotte	36NiCrMo16	
17	08	Tétine	Bronze	
16	04	Bague de guidage	X200Cr12	
15	64	Ejecteur pièce	36NiCrMo16	
14	07	Ejecteur carotte	36NiCrMo12	
13	04	Ejecteur ressort	12NiCr12	
12	04	Ressort	51Si7	
11	01	Contre plaque ejectrice	C45	
10	01	Plaque ejectrice	C45	
9	01	Semelle mobile	S235	
8	02	Tasseau	Xc38	
7	01	Empreinte mobile	36NiCrMo16	
REF NBR		DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION

ECHELLE :
1:3



A2

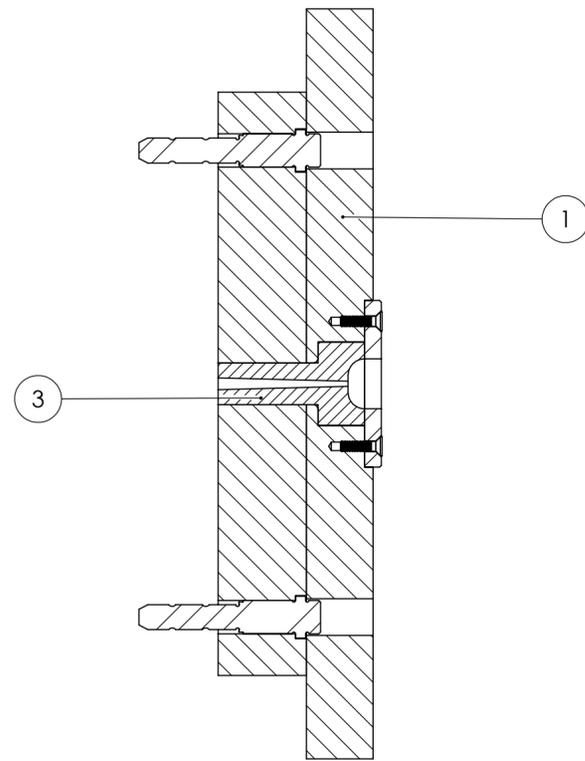
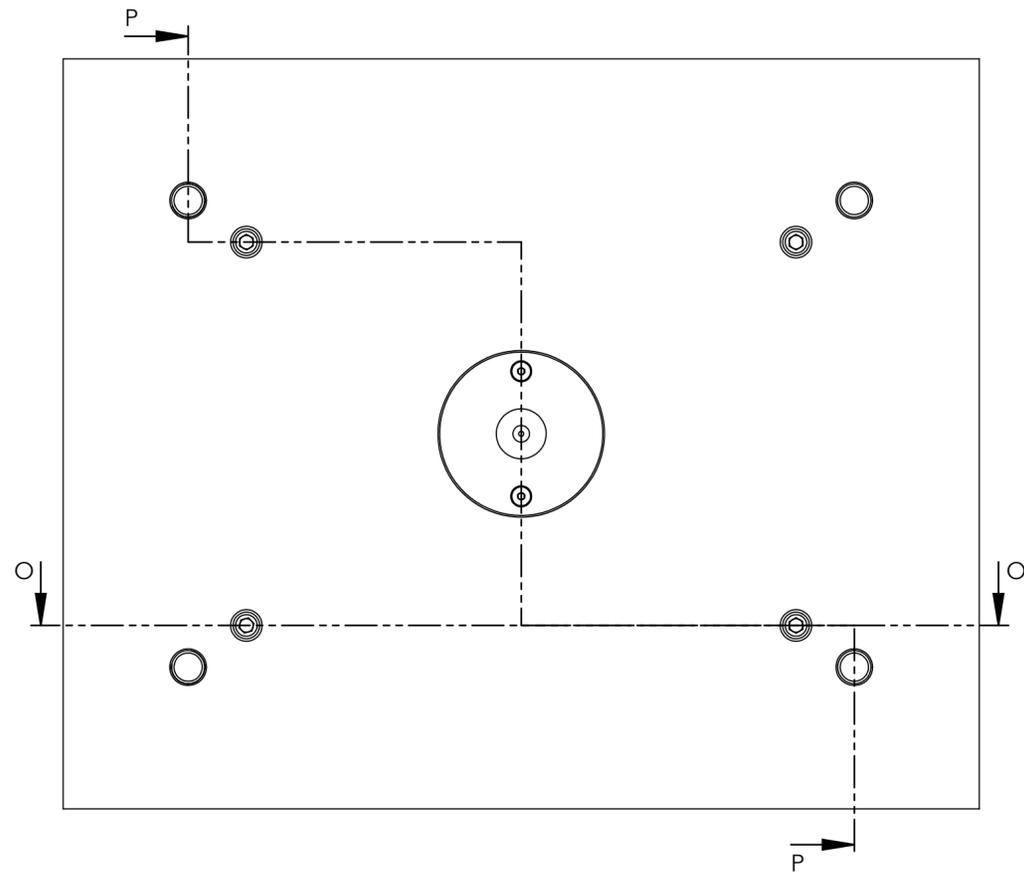
Moule par injection plastique d'un joint d'une poignée de porte

Realisé par:
HARFOUCHI Loubna
MERABET Sihem

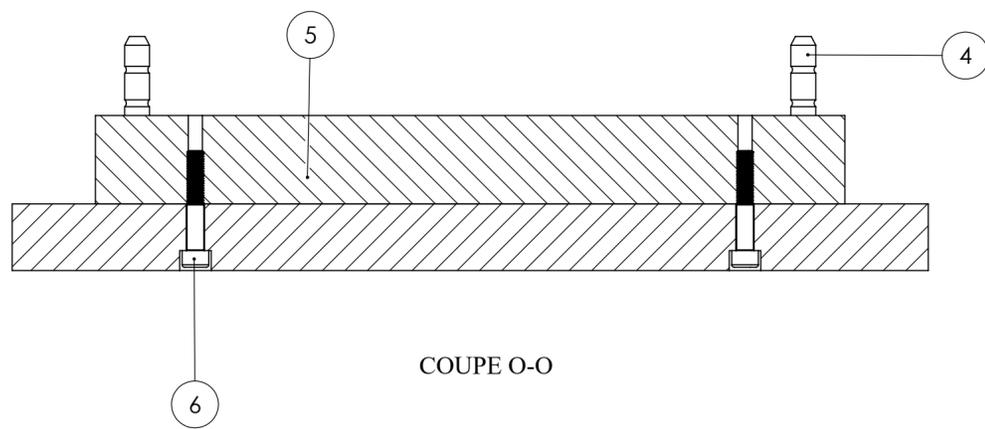
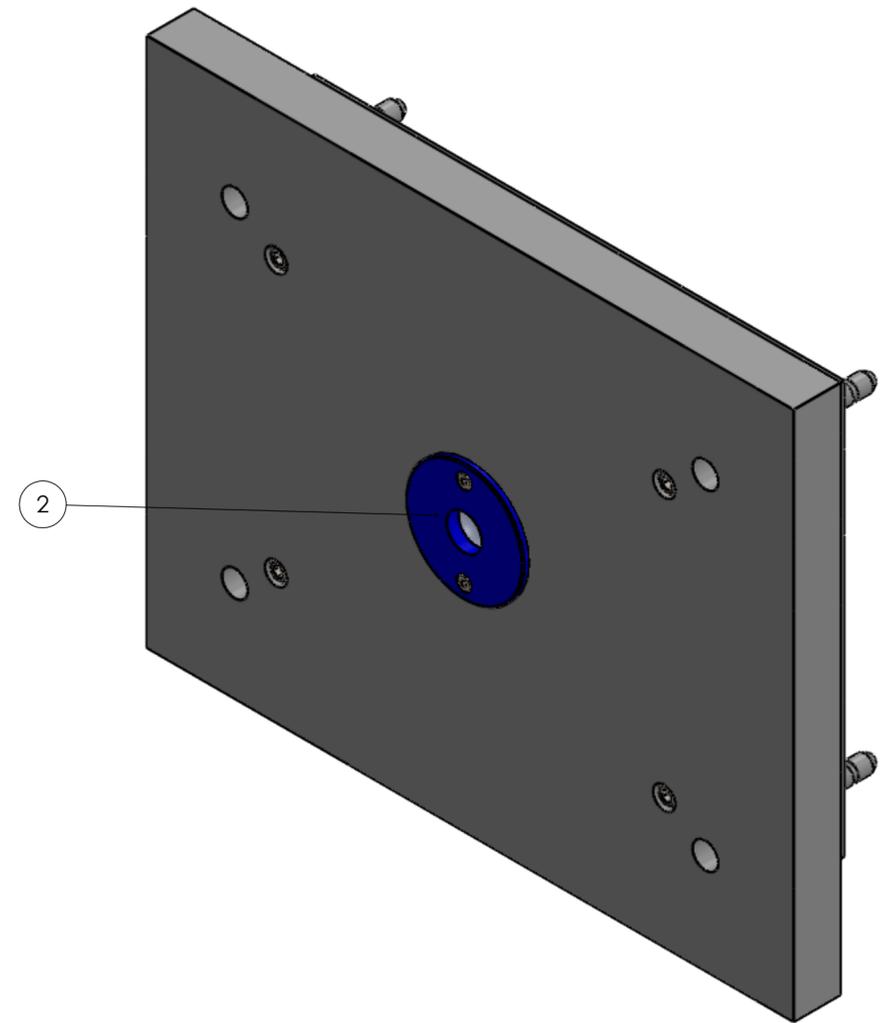
2021/2022

UMBB -FT -DGM - CM

MASTER II



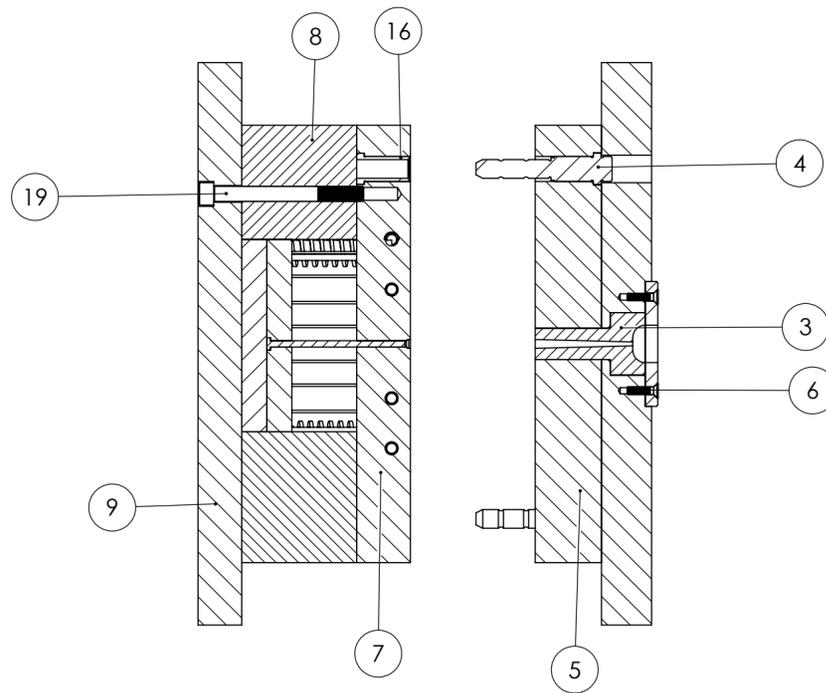
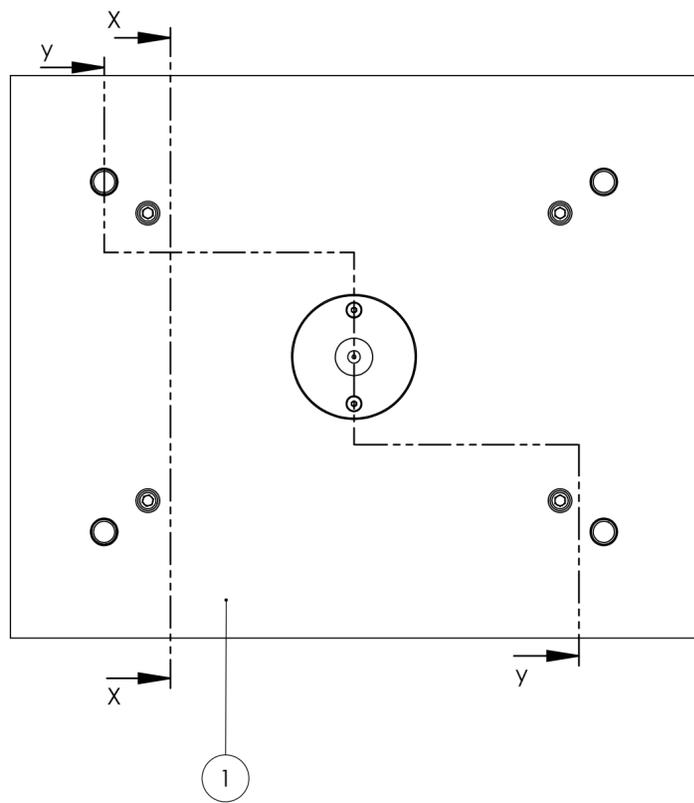
COUPE P-P



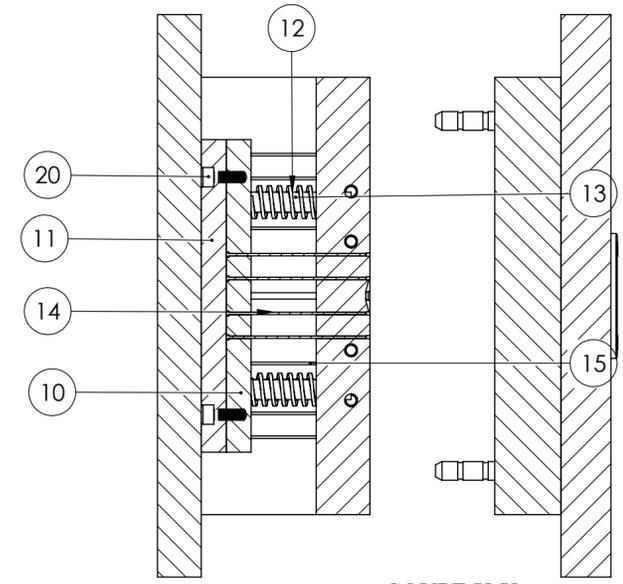
COUPE O-O

REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION
6	01	Vis CHC M12	C35	
5	06	Porte empreinte	42CrMo4	
4	04	Colonne de guidage	X200Cr12	
3	01	Buse d'injection	105WCr12	
2	01	Bague de centrage	S235	
1	01	Semelle fixe	S235	

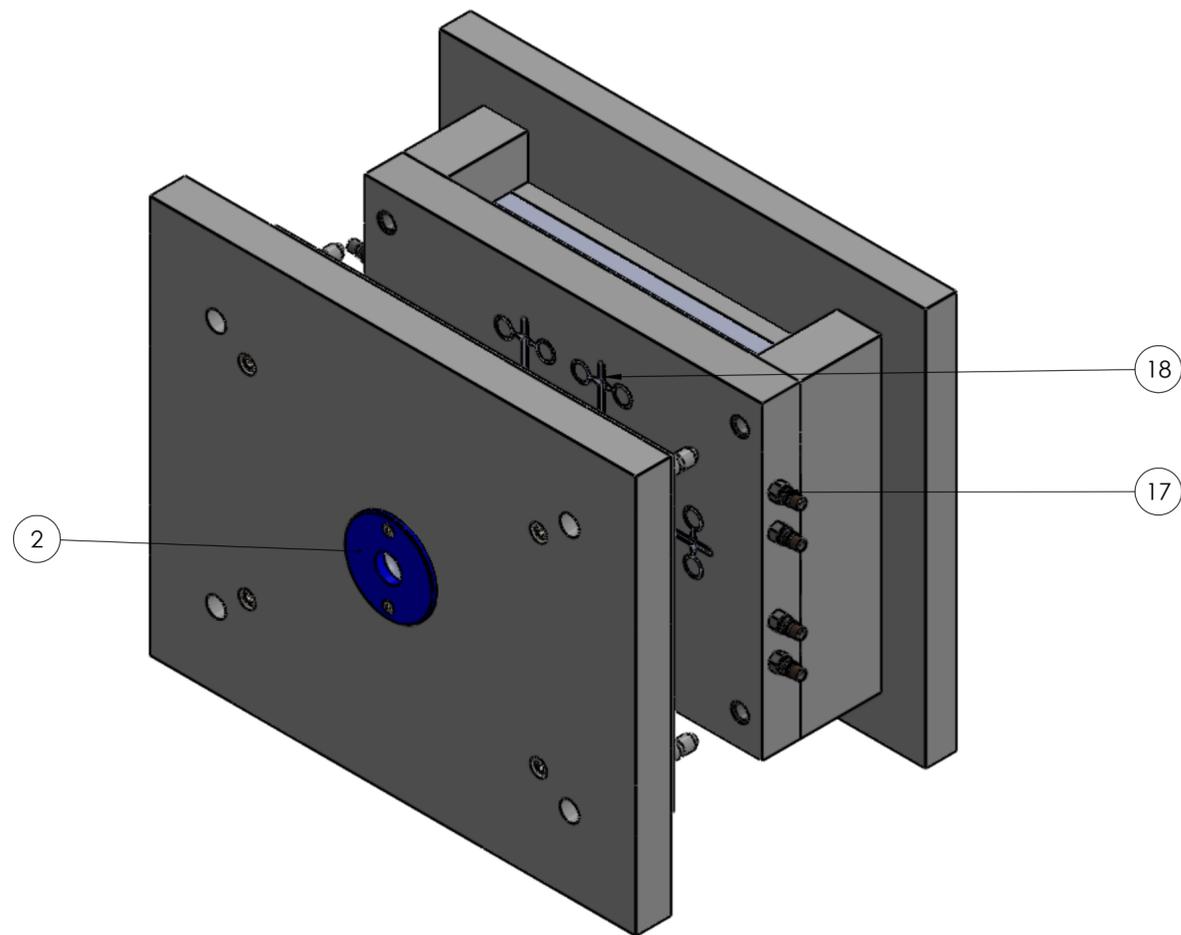
ECHELLE : 1:3 	Moule par injection plastique d'un joint d'une poignée de porte	Réalisé par: HARFOUCHI Loubna MERABET Sihem
		2021/2022 MASTER II
A2	UMBB -FT -DGM - CM	MASTER II



COUPE y-y



COUPE X-X



20	04	Vis CHC M12	C35	
19	04	Vis CHC M14 6	C35	
18	01	Carotte	36NiCrMo16	
17	08	Tétine	Bronze	
16	04	Bague de guidage	X200Cr12	
15	64	Ejecteur pièce	36NiCrMo16	
14	07	Ejecteur carotte	36NiCrMo16	
13	04	Ejecteur ressort	12NiCr12	
12	04	Ressort	51Si7	
11	01	Contre plaque ejectrice	C45	
10	01	Plaque ejectrice	C45	
9	01	Semelle mobile	S235	
8	02	Tasseau	Xc38	
7	01	Empreinte mobile	36NiCrMo16	
6	01	Vis CHC M12	C35	
5	06	Porte empreinte	42CrMo4	
4	04	Colonne de guidage	X200Cr12	
3	01	Buse d'injection	105XCr6	
2	01	Bague de centrage	S235	
1	01	Semelle fixe	S235	
REF	NBR	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATION

ECHELLE :
1:4



A2

**Moule par injection plastique d'un
joint d'une poignée de porte**

Realisé par:
HARFOUCHI Loubna
MERABET Sihem

2021/2022

UMBB -FT -DGM - CM

MASTER II