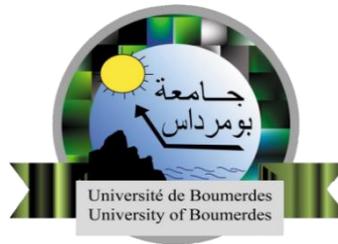


REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES



Faculté de Technologie  
Département Génie Mécanique

## Mémoire de Master

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Fabrication mécanique et productique

### THEME

Étude et conception d'un moule à injection plastique d'une  
multiprise en Acrylonitrile Butadiène Styrène (ABS)

Présenté par :

TABBAL Ammar

Promoteur :

Mr.AGUIB Salah

Promotion 2019 - 2020

# Résumé

L'objectif principal de ce travail consiste à la conception d'un moule multi-empreinte à injection pour la production d'une multiprise en matière plastique.

Au cours de cette étude, la conception de moule a été réalisée à l'aide du logiciel de conception SolidWorks® et la simulation du comportement de la matière plastique lors du remplissage a été estimée par le logiciel de simulation SolidWorks Plastics. Les démarches de cette étude, les facteurs qui influence cette dernière, les principaux éléments, paramètres, fonctions, types et caractéristiques des moules d'injection, les procédés de mise en œuvre et des matières plastiques intervenants dans la modélisation ont définis et introduits. Les résultats obtenus ont été présentés, discutés et vérifiés.

**Mots-clés:** Injection plastique ; moule ; empreinte ; multiprise ; SolidWorks Plastics.

# Abstract

The main objective of this work is the design of a multi-cavity injection mold for the production of a plastic multi-socket.

During this study, the mold design was carried out using SolidWorks® design software and the simulation of the plastic's behavior during filling was estimated by SolidWorks Plastics simulation software. The approaches of this study, the factors that influence it, the main elements, parameters, functions, types and characteristics of the injection molds, the implementation processes and the plastics involved in the modeling were defined and introduced. The results obtained were presented, discussed and verified.

**Keywords:** Plastic injection; mold; cavity; multi-socket; SolidWorks Plastics.

# ملخص

الهدف الرئيسي من هذا العمل هو تصميم قالب حقن متعدد التجاويف لإنتاج قابس متعدد المنافذ بلاستيكي.

خلال هذه الدراسة، تم تنفيذ تصميم القالب باستخدام برنامج تصميم SolidWorks®، تقدير محاكاة السلوك البلاستيكي أثناء عملية التعبئة بواسطة برنامج محاكاة SolidWorks Plastics. وقد تم تحديد النهج التي تتبعها هذه الدراسة، العوامل التي تؤثر فيها، العناصر الرئيسية، المتغيرات، الوظائف، أنواع وخصائص قوالب الحقن، عمليات التنفيذ، المواد البلاستيكية المتضمن في النمذجة. وتم عرض النتائج التي تم الحصول عليها، مناقشتها والتحقق منها.

**الكلمات المفتاحية:** حقن بلاستيك ؛ قالب ؛ تجويف ؛ قابس متعدد المنافذ ؛ SolidWorks Plastics.

# **Remerciement**

*Tout d'abord, mes remerciements s'adressent en premier lieu à ALLAH le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il m'a données durant la réalisation de ce modeste mémoire pour atteindre mon objectif.*

*Au terme de ce travail, je tiens à remercier, notre encadreur, **Mr. AGUIB Salah** pour tous les efforts qu'il a consentis tout au long de l'élaboration de ce travail, ses précieux conseils et ses critiques constructive.*

*Je tiens également à remercier les honorables membres du jury, pour l'honneur qu'elles m'ont accordé en acceptant d'évaluer mon travail.*

*Je n'oublierai pas de remercier tous les enseignants du département du Génie Mécanique de l'université M'hamed Bougara de Boumerdes, pour les efforts qu'ils ont fournis durant mon cursus afin de m'amener jusqu'au bout de la formation.*

*Enfin, grands mercis à ma familles respectives et mes amis qui m'ont aidés.*

# *Dédicace*

*A mes chers parents,*

*Pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien moral et  
financier et leurs prières tout au long de mes études,*

*A mes chères frères Samir, Badis et Nacer,*

*Pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,*

*A ma chère sœur Malak,*

*Pour son appui et son encouragement,*

*A toute ma grande famille pour leur soutien tout au long de mon parcours  
universitaire,*

*A tous mes amis.*

*A tous ceux que j'aime et que je respecte.*

*Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de  
votre soutien infaillible,*

*Merci d'être toujours là pour moi.*

# Table des matières

<b>Table des matières</b> .....	<b>i</b>
<b>Liste des figures</b> .....	<b>vii</b>
<b>Liste des tableaux</b> .....	<b>x</b>
<b>Nomenclature</b> .....	<b>xi</b>
<b>Introduction générale</b> .....	<b>1</b>
 <b>Chapitre I : Aspect général sur les matières plastiques</b>	
1. Introduction .....	2
2. Définition et origines de la matière plastique .....	2
2.1. Les Plastiques .....	2
2.1.1. Les polymères .....	2
2.1.2. Polymérisation .....	2
2.2. Origines des matières plastiques .....	3
a. Origine animale .....	3
b. Origine végétale .....	3
c. Origine naturelle .....	3
3. Les différents groupes de matières plastiques .....	4
3.1. Les thermoplastiques (Les thermoplastes) .....	4
3.1.1. Polymères amorphes .....	4
3.1.2. Polymères cristallins .....	4
3.1.3. Polymères semi-cristallins.....	4
3.1.4. Avantages et inconvénients des thermoplastiques .....	5
3.2. Les thermodurcissables (Les duroplastes) .....	5
3.2.1. Avantages et inconvénients des thermodurcissables.....	6
3.3. Les élastomères (caoutchoucs) .....	6
4. Présentation des matières plastiques .....	6
4.1. Evolution de la production des matières plastiques .....	6
4.2. Domaine d’application des matières plastiques .....	6
4.3. La présentation des matières plastiques .....	7
5. Amélioration des caractéristiques des matières plastiques .....	7

5.1. Les additifs .....	8
5.2. Les Adjuvants .....	8
6. Coloration des matières plastiques .....	8
6.1. Colorant à sec .....	8
6.2. Colorants dans la masse .....	8
7. Les caractéristiques des matières plastiques .....	9
7.1. Propriétés mécaniques .....	9
7.2. Propriétés thermiques, physiques et électriques .....	9
8. Principales matières plastiques propriétés et utilisation .....	11
9. Le recyclage des matières plastiques .....	12
9.1. La biodégradabilité des plastiques .....	13
9.2. Les plastiques et l'environnement .....	13
9.3. Les plastiques et la santé .....	14
9.4. Le système à sept codes .....	14
10. Présentation de l'ABS .....	15
10.1. Définition .....	16
10.2. Fiche matière de l'ABS .....	17
10.3. Caractéristique de l'ABS .....	17
a. Caractéristiques physiques et mécaniques.....	17
b. Caractéristiques thermiques .....	17
c. Condition de mise en œuvre de l'ABS .....	18
d. Caractéristiques chimique .....	18
10.4. Présentation commerciale de l'ABS .....	18
10.5. Avantages particuliers .....	18
10.6. Inconvénients .....	18
10.7. Application .....	18
10.8. Recyclage .....	19
11. Conclusion .....	19

## **Chapitre II: Procédés de mise en œuvre des matières plastiques**

1. Introduction .....	20
2. Procédé de mise en œuvre des matières plastiques .....	20
3. Les principaux procédés de mise en forme .....	22
3.1. L'injection .....	22

3.2.	L'extrusion .....	23
3.3.	L'extrusion soufflage .....	24
3.4.	L'extrusion gonflage .....	25
3.5.	L'injection soufflage .....	26
3.6.	Le thermoformage .....	27
3.7.	Le calandrage .....	29
3.8.	Le roto-moulage .....	31
4.	Détails sur l'injection .....	31
4.1.	Presse à injection.....	32
4.2.	Les différentes architectures des presses d'injection .....	33
4.3.	Les différentes unités d'une presse d'injection .....	35
4.3.1.	Unité d'injection .....	35
4.3.2.	Unité de fermeture .....	36
4.3.2.1.	Conceptions classiques des systèmes de fermetures .....	36
a.	Système de fermeture hydraulique : .....	37
b.	Système de fermeture hydraulique à deux vérins en parallèle .....	37
c.	Système de fermeture hydraulique à deux vérins en série .....	38
d.	Système de fermeture mécanique .....	38
e.	Système de fermeture mixte .....	39
4.3.2.2.	Caractérisation d'un système de fermeture .....	39
4.3.3.	Le moule .....	40
4.4.	Les Phases de cycle.....	42
4.5.	Le choix d'une presse à injecter .....	43
5.	Grands axes d'évolution des procédés de transformation .....	44
6.	Conclusion .....	44

### **Chapitre III : Étude et Conception du moule d'injection**

1.	Introduction.....	45
2.	Les facteurs influençant la conception.....	45
3.	Définition et fonctionnement .....	45
4.	Conception et choix du moule d'injection plastique.....	47
4.1.	Dimensionnement et choix de machine .....	47
4.2.	Le nombre et la disposition des empreintes .....	48

4.3.	Architecture du moule.....	49
4.3.1.	Terminologie .....	49
4.3.2.	Eléments standards .....	50
4.3.3.	Les différentes familles des moules.....	51
4.3.3.1.	Moule à deux plaques (injection directe) .....	51
4.3.3.2.	Moule à trois plaques .....	51
4.3.3.3.	Moule à tiroirs .....	52
4.3.3.4.	Moule à coquilles .....	52
4.3.3.5.	Moule à canaux chauffants.....	53
4.4.	Alimentation du moule.....	53
4.4.1.	Système d'alimentation du moule .....	54
4.4.1.1.	Rôle du système d'alimentation .....	54
4.4.1.2.	Composition du système d'alimentation .....	54
a.	Les canaux principaux et secondaires .....	55
b.	La buse .....	55
c.	La carotte .....	56
d.	Le seuil d'injection.....	56
e.	Goutte froide.....	56
4.4.2.	Les différents types d'alimentation .....	57
a.	Injection capillaire .....	57
b.	Injection à carotte directe.....	57
c.	Injection en sous-marin.....	58
d.	Injection en nappe .....	58
e.	Injection annulaire .....	59
4.4.3.	Différentes formes des canaux d'alimentation .....	60
a.	Canaux circulaires .....	60
b.	Canaux semi-circulaires .....	60
c.	Canaux à section trapézoïdale.....	61
d.	Canal parabolique .....	61
4.5.	Systèmes de refroidissement.....	62
4.5.1.	Circuit de refroidissement .....	62
4.5.2.	Description du circuit de refroidissement .....	62
4.5.3.	Les canaux de refroidissement.....	62

4.5.4.	Temps de refroidissement .....	63
4.5.5.	Temps de cycle .....	63
4.6.	Le retrait .....	63
4.7.	Dégazage du moule .....	64
4.8.	Fixation du moule .....	64
4.8.1.	Fixation par vis .....	65
4.8.1.	Bridage .....	65
4.9.	Choix du plan de joint .....	65
4.10.	L'éjection des pièces .....	65
4.10.1.	Types d'éjection .....	66
a.	Ejection coté bloc mobile .....	66
b.	Ejection de contre-dépouille .....	66
c.	Éjection par dévêtis sage .....	66
d.	Ejection coté bloc axe .....	66
e.	Ejection annulaire .....	66
4.10.2.	Choix des éjecteurs .....	66
a.	Ejecteurs cylindriques .....	66
b.	Ejecteur à lame .....	66
c.	Ejecteur tubulaire .....	67
d.	Ejection des carottes .....	67
e.	Ejecteur latéral .....	67
5.	Matériaux utilisés pour la fabrication des moules .....	68
6.	Présentation du sujet .....	68
6.1.	Travail demandé .....	69
7.	Simulation de l'injection plastique avec SolidWorks Plastics .....	69
7.1.	SolidWorks Plastics .....	69
7.2.	Exécution de la simulation .....	70
7.3.	Résultats de la simulation .....	71
7.4.	Temps de remplissage .....	72
7.5.	Pression d'injection en fin de remplissage .....	72
7.6.	Retrait volumique en fin de remplissage .....	73
7.7.	Les retassures .....	74
7.8.	Les lignes de soudure .....	74

7.9. Bulles d'air .....	75
7.10. La facilité de remplissage.....	76
8. Calcule et vérification .....	77
8.1. La capacité d'injection de la machine.....	77
8.2. Caractéristiques techniques de la presse à injecter utilisé.....	77
8.3. La distance entre colonnes .....	78
8.4. Les métaux utilisés pour notre moule .....	78
8.5. Dimension et emplacement de circuits de refroidissement.....	79
8.6. Temps de refroidissement .....	80
8.7. Calcul du temps de cycle.....	80
8.8. Le choix des ressorts .....	81
9. Conclusion .....	82
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>84</b>
<b>Références Bibliographiques.....</b>	<b>85</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>87</b>

# Liste des Figures

## Chapitre I : Aspect général sur les matières plastiques

<b>Figure I.1 :</b> Origine animale des matières plastique.....	3
<b>Figure I.2 :</b> Origine végétale des matières plastique.....	3
<b>Figure I.3 :</b> Origine naturelle des matières plastique .....	3
<b>Figure I.4 :</b> La structure des thermo plastiques .....	4
<b>Figure I.5 :</b> Morphologie des thermoplastiques .....	5
<b>Figure I.6 :</b> La structure des thermodurcissables .....	5
<b>Figure I.7 :</b> Le cycle de recyclage du plastique.....	13
<b>Figure I.8:</b> Structure chimique de l'ABS .....	16
<b>Figure I.9:</b> Fiche matière de l'ABS.....	17

## Chapitre II : Procédés de mise en œuvre des matières plastiques

<b>Figure II.1 :</b> Thermoplastiques : exemples de procédés .....	21
<b>Figure II.2 :</b> Thermodurcissables : exemples de procédés.....	21
<b>Figure II.3 :</b> Schéma du principe de mise en œuvre .....	22
<b>Figure II.4 :</b> Procédé de mise en œuvre par injection .....	23
<b>Figure II.5 :</b> Procédé de mise en œuvre par extrusion .....	24
<b>Figure II.6 :</b> Procédé de mise en œuvre par extrusion soufflage .....	25
<b>Figure II.7 :</b> Procédé de mise en œuvre par extrusion gonflage .....	26
<b>Figure II.8:</b> Procédé de mise en œuvre par injection soufflage .....	27
<b>Figure II.9 :</b> Procédé de mise en forme par thermoformage.....	29
<b>Figure II.10 :</b> Chaîne de calandrage-alimentation par mélangeur interne .....	29
<b>Figure II.11 :</b> Chaîne de calandrage-alimentation par extrudeuse .....	30
<b>Figure II.12 :</b> Procédé de mise en œuvre par calandrage.....	30
<b>Figure II.13:</b> Procédé de mise en forme par roto-moulage .....	31
<b>Figure II.14 :</b> Schéma d'une presse à injecter .....	32

<b>Figure II.15</b> : Presse injection horizontale .....	33
<b>Figure II.16</b> : Presse verticale .....	34
<b>Figure II.17</b> : Dispositif d'une presse d'injection .....	35
<b>Figure II.18</b> : Vis-piston .....	36
<b>Figure II.19</b> : Système de fermeture hydraulique à un seul vérin.....	37
<b>Figure II.20</b> : Système de fermeture hydraulique à deux vérins en parallèle .....	37
<b>Figure II.21</b> : Système de fermeture hydraulique à deux vérins en série.....	38
<b>Figure II.22</b> : Système de fermeture mécanique .....	39
<b>Figure II.23</b> : Système de fermeture mixte .....	39
<b>Figure II.24</b> : Moule d'injection .....	41
<b>Figure II.25</b> : Schéma détaillé de cycle du presse à injecter .....	43
 <b>Chapitre III : Étude et Conception du moule d'injection</b>	
<b>Figure III.1</b> : Différentes parties d'un moule d'injection .....	46
<b>Figure III.2</b> : Vue en 3D du moule d'injection plastique .....	47
<b>Figure III.3</b> : Nombre d'empreintes en fonctions de critère techniques et économiques.....	48
<b>Figure III.4</b> : Vue éclatée d'un moule d'injection .....	49
<b>Figure III.5</b> : Exemple de moule à deux plaques (moule standard).....	51
<b>Figure III.6</b> : Moule à trois plaques .....	51
<b>Figure III.7</b> : Moule à tiroirs.....	52
<b>Figure III.8</b> : Moule à coquille .....	52
<b>Figure III.9</b> : Moule à canaux chauffants .....	53
<b>Figure III.10</b> : Représentation d'un système d'alimentation. ....	53
<b>Figure III.11</b> : Composition d'un système d'alimentation. ....	54
<b>Figure III.12</b> : Contact courbé entre buse de la presse et buse d'injection.....	55
<b>Figure III.13</b> : Contact courbé entre buse de presse et buse d'injection.....	56
<b>Figure III.14</b> : Réalisation de la carotte .....	56

<b>Figure III.15 :</b> Injection capillaire. ....	57
<b>Figure III.16 :</b> Injection à carotte directe. ....	58
<b>Figure III.17 :</b> Injection en sous-marin. ....	58
<b>Figure III.18 :</b> Injection en nappe. ....	59
<b>Figure III.19 :</b> Injection annulaire. ....	59
<b>Figure III.20 :</b> Différents formes des canaux d'alimentation. ....	60
<b>Figure III.21 :</b> Canaux à section circulaire. ....	60
<b>Figure III.22 :</b> Canaux à section trapézoïdale. ....	61
<b>Figure III.23 :</b> Canaux à section parabolique. ....	61
<b>Figure III.24 :</b> Circuit de refroidissement des plaques de moules. ....	62
<b>Figure III.25 :</b> Events. ....	64
<b>Figure III.26 :</b> Bridage. ....	65
<b>Figure III.27 :</b> Ejecteur cylindrique. ....	66
<b>Figure III.28 :</b> Ejecteur à lame. ....	67
<b>Figure III.29 :</b> Ejecteur tubulaire. ....	67
<b>Figure III.30 :</b> Présentation du modèle en 3D. ....	69
<b>Figure III.31 :</b> La disposition des empreintes. ....	71
<b>Figure III.32 :</b> Temps de remplissage. ....	72
<b>Figure III.33 :</b> Pression d'injection en fin de remplissage. ....	73
<b>Figure III.34 :</b> Retrait volumique en fin de remplissage. ....	73
<b>Figure III.35 :</b> Concentration des retassures. ....	74
<b>Figure III.36 :</b> Lignes de soudure. ....	75
<b>Figure III.37 :</b> Bulles d'air. ....	76
<b>Figure III.38 :</b> La facilité de remplissage ....	76
<b>Figure III.39:</b> Schéma d'un plateau d'une presse 180T. ....	78

**Figure III.40** : Dimension et emplacement de circuits de refroidissement..... 79

**Figure III.41** : Schéma de dimensionnement d'un Ressort. .... 81

**Figure III.42** : Classification des ressorts par couleur. .... 82

# Liste des Tableaux

## Chapitre I : Aspect général sur les matières plastiques

<b>Tableau I.1:</b> Avantages et Inconvénients des thermoplastiques .....	5
<b>Tableau I.2 :</b> Avantages et Inconvénients des thermodurcissables.....	6
<b>Tableau I.3 :</b> Domaine d'applications des polymères.....	7
<b>Tableau I.4:</b> Principales matières plastiques.....	11
<b>Tableau I.5:</b> Caractéristiques physiques et mécaniques de l'ABS.....	17
<b>Tableau I.6 :</b> Caractéristiques thermiques de l'ABS .....	17
<b>Tableau I.7 :</b> Condition de mise en œuvre de l'ABS .....	18

## Chapitre III : Étude et Conception du moule d'injection

<b>Tableau III. 1 :</b> Disposition des empreintes dans le plan de joint .....	49
<b>Tableau III. 2 :</b> Choix du diamètre des canaux de refroidissement.....	63
<b>Tableau III. 3:</b> Choix des matériaux.....	68
<b>Tableau III. 4 :</b> Résultats de la simulation.....	71
<b>Tableau III. 5 :</b> Capacité d'injection.....	77
<b>Tableau III. 6 :</b> Fiche technique de la presse à injecter JW-180SE.....	78
<b>Tableau III. 7 :</b> Classification des métaux pour la construction des moules .....	79

# Nomenclature

PE	Polyéthylène
PS	Polystyrène
PVC	Polychlorure de vinyle
PP	Polypropylène
ABS	Acrylonitrile Butadiène Styrène
PTFE	Polytetra-fluoréthylène
PMMA	Polyméthylacrylate de méthyle
PA	Polyamides
PET	Polyéthylène téréphtalate
PEHD	Polyéthylène haute densité
PEBD	Polyéthylène basse densité
Tg	Température de transition vitreuse notée (°C)
Tf	Température de fusion (°C)
A%	Pourcentage d'allongement
E	Epaisseur (mm)
F	Effort normal (N)
Tr	Temps de refroidissement (s)
Ti	Temps d'injection (s)
Tm	Temps de maintien pression (s)
Te	Temps d'éjection (s)
To	Temps d'ouverture de moule (s)
Tf	Temps de fermeture de moule (s)
Tm	Température moyenne du moule au cours du cycle (°C)
Te	Température de la matière à l'éjection (°C)
Tm	Température du moule (°C)
m	Masse de la grappe moulée (g)

d	Diamètre (mm)
S	Section du moule (m <sup>2</sup> )
K	Viscosité de la matière (m/kg)
M	Masse de la pièce (kg)
L	Longueur du canal (mm)
D	Diffusivité thermique de la matière injectée (mm <sup>2</sup> /s)
$\lambda$	La conductivité thermique du matériau ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ )
$\rho$	La masse volumique du matériau ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ )
c	La chaleur spécifique du matériau ( $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ )

# Introduction générale

Nous vivons aujourd'hui dans un monde où les thermoplastiques occupent une grande place dans de nombreux domaines et concurrencent les matériaux traditionnels comme dans l'industrie automobile, l'électroménager, l'emballage et autres.

La plasturgie, c'est la technique de mise en forme des matières plastiques par différents procédés comme "l'injection thermoplastique", qui est considéré comme l'un des procédés les plus utilisés pour la mise en forme. Il est généralement utilisé pour la production de très grandes séries et les pièces de forme complexe. Ce procédé assure la moindre perte en matière mais il ne suffit pas de baisser les coûts de production il faut aussi élaborer des produits de bonne qualité et un outillage performant pour une bonne production répondant aux critères qualité-prix.

Le moulage par injection est basé sur la bonne sélection des conditions opératoires. Pour chacun des différentes phases du cycle de moulage, on peut trouver une ou plusieurs conditions principales, telle que : vitesse et temps de remplissage, pression de compactage, température du moule. Le choix optimal de ces paramètres peut améliorer considérablement le bon déroulement de ces phases et ainsi la qualité finale des pièces moulées.

Pour cela, on a besoin d'un moule d'injection qui n'est pas un bel ensemble de pièces mécaniques mais le moyen de produire sans problèmes plusieurs millions de pièces dans un rapport qualité/coût. Lors de la conception du moule et le produit, nous devons effectuer une sélection de matériaux, d'équipements et de notes de calculs, puis réaliser les plans de conception.

Dans le cadre de l'exécution de mon projet de fin de cycle Master. L'objectif de ce travail est basé sur l'étude et la conception d'un moule à injection plastique pour une multiprise en ABS, la simulation de comportement de la matière plastique dans la multiprise. Cette dernière est obtenue par le procédé d'injection.

Ce mémoire est structuré en trois chapitres et une conclusion générale :

- Dans le premier chapitre nous présentons l'aspect général des matières plastiques, ainsi nous passerons en revue sur l'étude de la matière plastique qu'on utilisera (ABS).
- Le second chapitre est réservé aux procédés de mise en œuvre de ces matières en levant le voile sur les détails et le déroulement de cycle d'injection.
- L'étude et la conception du moule, la simulation d'injection, l'analyse des résultats obtenus ainsi les calculs sont illustrés dans le dernier chapitre.
- Le mémoire est clôturé avec une conclusion générale compromise tous les points prélevés des chapitres.

# **Chapitre I**

**Aspect général sur les matières plastiques**

## **1. Introduction :**

Les matières plastiques ou en langage courant le plastique fait désormais partie de notre quotidien. Ils sont, depuis des décennies, indispensables à la vie quotidienne, elles 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. Plus de 80 millions de tonnes de matières plastiques sont produites chaque année dans le monde. Pour apprécier l'importance des matières plastiques, il suffit de regarder autour de soi. Il est difficile d'imaginer un monde sans elles, leur production est devenue un indice économique de développement.

Le plastique est un mélange contenant une matière de base (un polymère) qui est susceptible d'être moulé, façonné, en général à chaud et sous pression, afin de conduire à un semi-produit ou à un objet.

Les matières plastiques couvrent une gamme très étendue de matériaux polymères synthétiques ou artificiels, ils doivent cet essor à leur large gamme de caractéristiques, durs, mous ou élastiques, transparents ou opaques, isolants et quelquefois conducteurs, plus ou moins résistants aux conditions agressives de leur usage, toujours légers.

## **2. Définition et origines de la matière plastique :**

### **2.1. Les Plastiques:**

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 [10].

#### **2.1.1. Les polymères:**

Les polymères sont les constituants de base des plastiques, qui leur confèrent l'essentiel de leurs propriétés physicochimiques [1].

#### **2.1.2. Polymérisation :**

L'opération chimique liant les monomères entre eux, pour obtenir un polymère est appelée polymérisation [11].

### **2.2. Origines des matières plastiques [2]:**

A l'origine, la plupart des matières plastiques provenaient de résines dérivées de matières végétales, comme la cellulose (extraite 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.

**a. Origine animale :**



Figure I.1 : Origine animale des matières plastique.

**b. Origine végétale :**

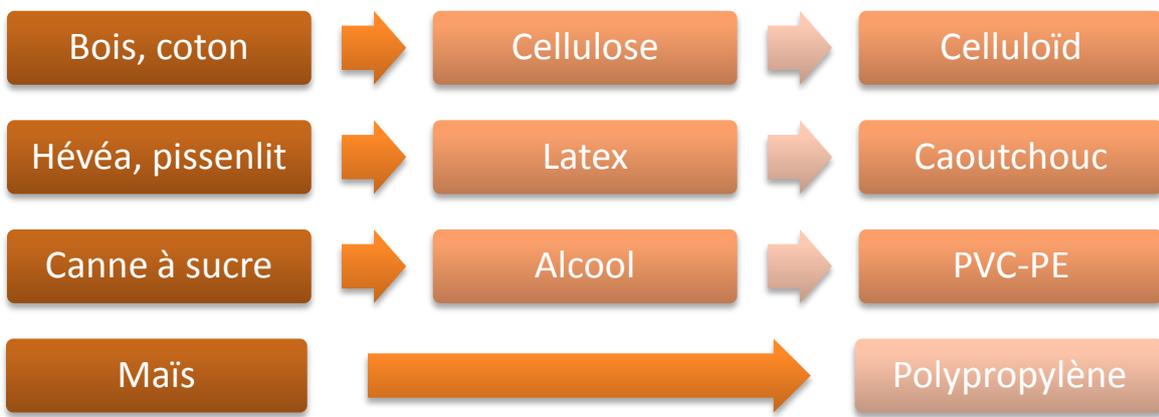


Figure I.2 : Origine végétale des matières plastique.

**c. Origine naturelle :**

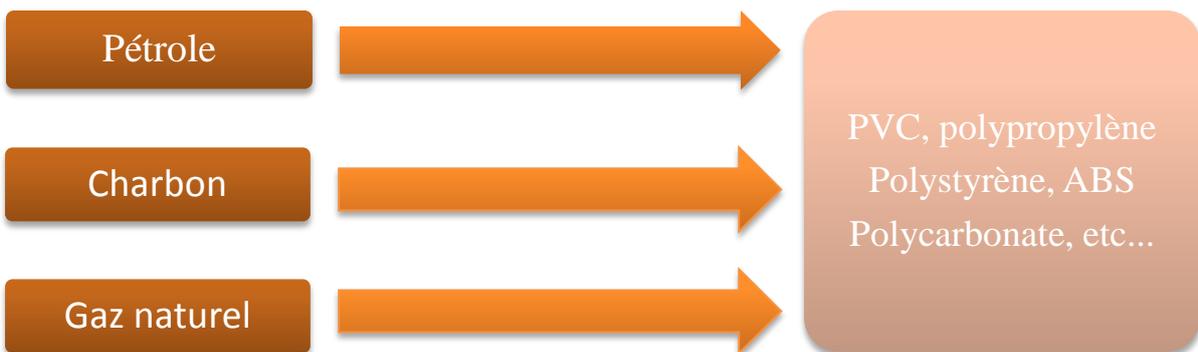


Figure I.3 : Origine naturelle des matières plastique.

### 3. Les différents groupes de matières plastiques :

#### 3.1. Les thermoplastiques (Les thermoplastes) :

Les thermoplastiques se ramollissent sous l'effet de la chaleur. Ils deviennent souples, malléables et durcissent à nouveau quand on les refroidit. Comme cette transformation est réversible, ces matériaux conservent leurs propriétés et ils sont facilement recyclables. La température d'utilisation est inférieure à 100°C [3].

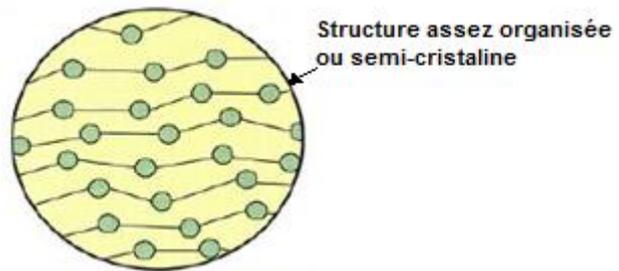


Figure I.4 : La structure des thermo plastiques.

Ils sont repartis en trois grandes familles : les amorphes, cristallins et les semi-cristallins.

##### 3.1.1. Polymères amorphes:

Dans un polymère amorphe, les chaînes se présentent sous la forme de pelotes statistiques (fig. I.5). Les chaînes sont enchevêtrées et on note l'absence de structure ordonnée. Quand on chauffe un polymère amorphe, il subit une transition douce de l'état solide à l'état fluide, il n'y a donc pas de température de fusion. En effet, la structure des chaînes de macromolécule en pelote compacte et désordonnée empêche une transition brutale entre les états solide et liquide. Cependant, une brusque variation de mobilité moléculaire est observée à une température appelée température de transition vitreuse notée  $T_g$  [4].

##### 3.1.2. Polymères cristallins :

Un polymère purement cristallin, quand à lui, présente des chaînes qui s'arrangent de façon ordonnée. Contrairement aux amorphes, les cristallins possèdent une température de fusion notée  $T_m$ . Cependant, un polymère totalement cristallin n'existe pas en réalité. Il reste toujours des défauts ou bien l'extrémité des chaînes qui ne peuvent adopter une structure cristalline [4].

##### 3.1.3. Polymères semi-cristallins

Les semi-cristallins présentent à la fois une partie amorphe où les chaînes moléculaires sont désordonnées et une partie cristalline ordonnée (Figure I.4). Ils présentent donc à la fois une température de transition vitreuse (correspondant à la mobilité de la phase amorphe) et une température de fusion (pour laquelle la phase cristalline se liquéfie). On a donc toujours  $T_g < T_f$ .

Les polymères semi-cristallins peuvent être caractérisés par leur taux de cristallinité ce qui représente la fraction massique ou molaire d'unités structurales cristallisées par rapport à la totalité des unités présentes [4].

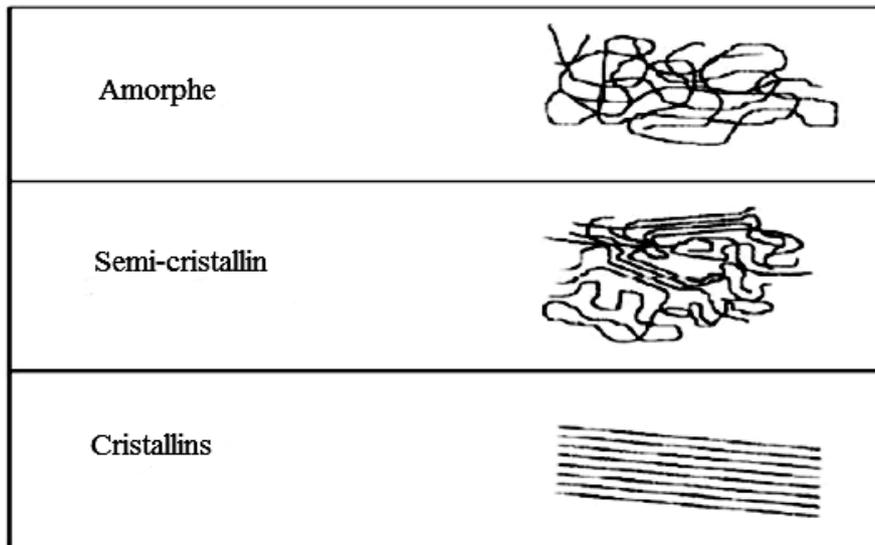


Figure I.5 : Morphologie des thermoplastiques [4].

**3.1.4. Avantages et inconvénients des thermoplastiques:**

Le tableau (I.1) montre les avantages et les inconvénients des thermoplastiques.

Tab (I.1): Avantages et Inconvénients des thermoplastiques [5].

Avantages		Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stabilité dans le temps (pas de polymérisation au cours du temps)</li> <li>- Recyclable (on peut les liquéfier à nouveau)</li> <li>- Facile à réparer (par soudure ou collage)</li> <li>- Post-formable</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Forte viscosité du fondu</li> <li>- Fluage</li> </ul>
Amorphe	Cristallin	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bonne résistance aux impacts</li> <li>- module plus élevé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moindre retrait au refroidissement</li> <li>- plus grande dureté</li> </ul>	

**3.2. Les thermodurcissables (Les duroplastes) :**

Les thermodurcissables sont des plastiques qui prennent une forme définitive au premier refroidissement. La réversibilité de forme est généralement impossible car ils ne se ramollissent plus une fois moulés. Mais dans certains cas il peut y avoir ramollissement mais sans fusion.

Sous de très fortes températures, ils se dégradent et brûlent (carbonisation) [3].

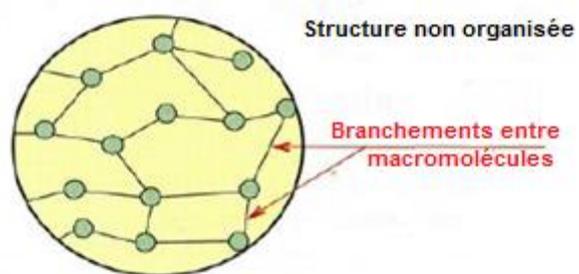


Figure I.6 : La structure des thermodurcissables.

### 3.2.1. Avantages et inconvénients des thermodurcissables:

Le tableau (I.2) montre les avantages et les inconvénients des thermodurcissables.

Tab (I.2) : Avantages et Inconvénients des thermodurcissables [5].

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faibles viscosité de la résine</li> <li>- Bon mouillage des fibres</li> <li>- Bon stabilité thermique après polymérisation</li> <li>- Résistance aux agressions chimiques</li> <li>- Peu sensible au fluage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cassant</li> <li>- Non recyclable par techniques standard</li> <li>- Non pas formable</li> </ul>

### 3.3. Les élastomères (caoutchoucs) :

Ces polymères présentent les mêmes qualités élastiques que le caoutchouc. Un élastomère au repos est constitué de longues chaînes moléculaires repliées sur elles-mêmes. A température ordinaire, les macromolécules forment un réseau déformable. Elles peuvent sous l'effet d'une force de traction extérieure se déplier. Elles présentent alors un allongement considérable. Ce phénomène appelé haute élasticité est réversible. Sitôt relâché, le produit reprend ses dimensions primitives [3].

## 4. Présentation des matières plastiques :

### 4.1. Evolution de la production des matières plastiques :

Le plastique apparut comme symbole de modernité et de vieux temps. L'expansion de son usage permit l'épanouissement de la culture de jetable. Il est présent dans tous les domaines, il a évincé la plupart des matières traditionnelles : le bois dans le mobilier, le jouet et le bâtiment ; le verre et les métaux dans les emballages ; le coton et la soie dans les lignes, etc., ainsi, « notre univers se plastifie ».

L'usage intensif des matières plastique s'explique par ses diverses caractéristiques : légers, malléables, imperméables, résistants aux chocs, faciles à entretenir et s'adaptent a toutes sortes de situations pendant les trente dernières années, la production mondiale de plastiques a augmenté de 400%, contre 40% pour l'acier et 14% pour l'aluminium [12].

### 4.2. Domaine d'application des matières plastiques :

Les matériaux polymères sont présents dans tous les grands défis technologiques et progrès majeurs de notre époque, on trouve les produits plastiques dans de nombreux secteurs [12]:

Tab(I.3) : domaine d'applications des polymères [6].

Domaines	Applications	Polymères
Electricité et Electronique	-isolants d'appareillages -circuits imprimés -carters d'appareils	Polystères, époxydes, phénoliques, PS, ABS, PP
Automobiles	-coussin, volant, pare-chocs -filtre, batterie, climatiseur -réservoir d'essence -garniture interne	-PP -PEhd -PVC
Bâtiments et travaux publics	-canalisation d'eau, raccord pour tubes -décoration lumineuse -tuyaux et profile, tube électriques	-PVC rigide -PS -PEbd
Emballage et conditionnement	-sac cabas, sac poubelle, articles injectés -couvercle, boîtages -bouteilles, feuilles, films	-PEbd -ABS -PVC
Agriculture	-serre, paillage, ensilage, bache, poterie florale et cagette -drainage, arrosage	-PE -PVC
Santé	-poche à sang, gang d'examen, masque pour oxygénothérapie -piston de seringue jetable, éléments de prothèse orthopédique -paroi de rein artificiel	-PVC -PEhd -ABS

#### 4.3. La présentation des matières plastiques :

Les différentes formes commerciale qu'on les trouve :

- Poudre : Polychlorure de vinyle (PVC)
- Granulés : la majorité des thermoplastiques
- Billes : Polystyrène expansé(PS)
- Résine liquide : la majorité des thermodurcissables
- Résine pâteuse : Silicones

#### 5. Amélioration des caractéristiques des matières plastiques :

Différents composés sont introduits dans les polymères de base pour améliorer les propriétés physiques et chimiques de la matière plastique (résistance aux chocs, résistance au courant électrique, résistance au vieillissement ...).

Les dosages des différents composants doivent être précis(les additifs entrent pour plus de 10% dans la composition du produit fini ; les adjuvants entrent pour moins de 10% dans la composition du produit fini, par fois moins de 1%). L'action de la chaleur assure la transformation vers la matière première définitive [3].

### 5.1. Les additifs : [11]

Les additifs entrent pour plus de 10 % dans la composition du produit fini.

- **Plastifiants** : les plastifiants sont des solvants lourds, qui incorporés au polymère de base, modifient sa structure. Le polymère modifié peut donner un matériau souple et flexible au lieu d'un matériau rigide.
- **Charges et renforts** : les charges et renforts sont utilisés en grande quantité dans le polymère pour diminuer son coût et augmenter la résistance mécanique du produit fini. Exemple : fibre de verre.
- **Agents gonflants** : les agents gonflants sont utilisés pour conférer une structure cellulaire - allégée au matériau après sa mise en forme. La transformation est réalisée sous l'action de la chaleur ou par réaction chimique.

### 5.2. Les Adjuvants : [11]

Les adjuvants entrent pour moins de 10 % dans la composition du produit fini, parfois moins de 1 %.

- **Les Colorants et les pigments** : les colorants solubles sont introduits dans le polymère, les colorants insolubles sont mis sous forme de dispersion au moment de la transformation de la matière plastique.
- **Les Lubrifiants** : les lubrifiants sont destinés à faciliter la mise en œuvre de la matière en particulier au cours de l'injection, ils réduisent le frottement entre la matière et l'acier de l'outillage. Ils sont utilisés entre 1 à 2 % de la matière d'œuvre.
- **Les Stabilisants** : les stabilisants sont destinés à ralentir ou retarder une transformation de la matière. Exemple : coloration aux ultraviolets.
- **Les fongicides** : les fongicides sont destinés à empêcher l'attaque des polymères par des organismes vivants. Ils sont utilisés pour les résines cellulosiques et vinyliques plastifiées et l'acétate de vinyle.

## 6. Coloration des matières plastiques : [7]

Les matières plastiques sont colorées à différents stades de leur élaboration suivant la couleur demandé par le client.

Les résines issues des polymères sont teintées en fonction de leur couleur naturelle. Les résines naturelles foncées sont en (noir, rouge, bleu).

Les résines naturelles claires sont colorées claire ou pastel (jaune, Orange). Il existe deux types de colorant :

### 6.1. Colorant à sec:

Les granulés vierges sont mélangés dans le tambour avec le colorant choisi. Un lubrifiant peut être ajouté pour faciliter l'écoulement de la matière dans le moule.

### 6.2. Colorants dans la masse:

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

## 7. Les caractéristiques des matières plastiques :

### 7.1. Propriétés mécaniques :

Le comportement mécanique des plastiques est différent de celui des métaux. Il dépend de la structure, de la composition, du mode de fabrication, de la forme de la pièce, de la température, du temps et de l'humidité.

Le pourcentage d'allongement (A%) est plus faible pour les thermodurcissables (< 1%, se déforment peu avant rupture, sont plus fragiles et plus sensibles aux chocs) qui présentent aussi, en général, une dureté plus élevée.

La résistance en compression est souvent plus élevée que la résistance en traction : 50 à 100 % pour les thermoplastiques, parfois plus de 100 % pour les thermodurcissables. Sous charge, les plastiques se déforment instantanément dans un premier temps, comme un ressort, puis, contrairement au ressort, continuent à se déformer progressivement au cours du temps (« déformation retardée »). C'est le fluage, sorte d'écoulement très visqueux qui dure autant que la charge :

- Thermoplastique : se ramollit lorsqu'on la chauffe au-dessus d'une certaine température, mais qui redevient solide en dessous. Cette matière conserve de façon réversible sa thermoplasticité initiale.  
Exemple : PE, PVC, PP...
- Thermodurcissable : commence par se ramollir (si pas déjà mou) sous l'action de la chaleur puis se durcit progressivement pour atteindre un état solide qu'elle conservera sous forme irréversible.  
Exemple : résines phénol/formol; bakélite, galalithe...
- Elastomères : ce sont des matériaux amorphes, mais avec quelques pontages entre les chaînes macromoléculaires linéaires, ces liaisons sont assurées par des atomes C, S ou O. La réaction permettant d'établir ces liaisons covalentes est la vulcanisation. Cette opération confère aux élastomères une structure tridimensionnelle très souple et très déformable, car le taux de réticulation est faible [8].
- Résistance à la traction : La résistance à la traction varie entre 10 et 80 MPa pour un plastique à l'état compact entre 200 et 800 MPa pour un plastique renforcé courant [9].

Elasticité : La résistance élastique (module) de plastique voisine de 3000Mpa, ce que situent ces matériaux entre les bois et les caoutchoucs. Certaines charges peuvent amener quelques thermoplastiques à 160Gpa [9].

### 7.2. Propriétés thermiques, physiques et électriques : [2]

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

**La Légèreté :**

La densité de la plupart des matières plastiques est comprise entre 0.9 et 1.8 le plus souvent 1.

**La transparence :**

Certains plastiques ont un coefficient de transmission de la lumière voisin de celle du verre et bon nombre sont transparent ou translucides.

**L'isolation :**

Ce sont de bons isolants électriques, thermiques et acoustiques.

**L'asepsie naturelle :**

Les matières plastiques transformées à des températures supérieures à 150°C apportent l'asepsie aux emballages qu'elles permettent de fabriquer.

**L'inaltérabilité :**

Les plastiques résistent aux agressions extérieures et à de nombreux produits chimiques. Certains demandent une protection contre les ultra-violets.

**L'esthétique :**

Les couleurs sont variées et les possibilités de mise en œuvre sont nombreuses. L'aspect lisse et finie du matériau confère à l'objet une impression « désigne ».

**L'imperméabilité :**

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

**La glisse :**

Ils possèdent le plus souvent un faible coefficient de frottement.

**L'entretien :**

Ils sont facile à entretenir, résistent bien à la corrosion, et ils ne nécessitent aucun traitement de surface.

**L'inflammabilité :**

C'est le plus gros défaut reproché aux plastiques. Certains produits s'enflamment effectivement très vite et dégagent des fumées toxiques; d'autres ne brûlent que si la flamme est entretenue par une source extérieure et ne dégagent pas de gaz toxiques.

## 8. Principales matières plastiques propriétés et utilisation : [13]

Tab (I.4) : Principales matières plastiques.

Nom	Propriétés	Utilisation
Polyéthylène (PE)	Thermoplastique, translucide en film, souple, perméable aux hydrocarbures, aux alcools et aux gaz, résistant aux agents chimiques et rayons x.	Films, sacs, tuyaux a tubes, gaines isolants bouchons, emballages, jouets.
Polypropylène (PP)	Thermoplastique, faible densité, rigidité élevée, résistant aux rayons X, très peu perméable à l'eau, résistant aux températures élevées (135°C) et aux chocs.	Articles ménagers, emballages, carrosserie, batterie, pare-chocs, mobilier de jardin, seringues, flacons, prothèses.
Polystyrène (PS)	Thermoplastique, non toxique par ingestion, propriétés, optiques et électriques, faciles à colorer, résistant aux rayons X, aux huiles et aux graisses	Emballages, revêtement de meubles de bureau, rasoirs jetables.
Chlorure de polyvinyle (PVC)	Thermoplastique, souple ou rigide, résistant aux rayons X, acides, résistant aux rayon X, acides, bases, huiles, graisses et alcools	Articles ménagers, emballages, isolation de fils électriques, canalisation d'eau, volets et portes pliantes, articles de sport et de camping.
Polytetrafluoréthylène (PTFE) ou téflon	Chimiquement inerte, anti-adhérent, imperméable à l'eau et aux graisses, excellente tenue à la chaleur et à la corrosion.	Prothèses orthopédie, et auditives, joints, garniture, pièces.
Polyméthylacrylate de méthyle (PMMA) ou plexiglas	Thermoplastique, transparent, excellente optique, bonne tenue au vieillissement et aux intempéries.	Matériau remplace le verre, enseignes lumineuses, vitrines, fibres optiques, prothèses.
Polyamides (PA) Exemple : Nylon	Thermoplastique, excellentes propriétés mécaniques, bonne tenue en température (100°C) résistant aux rayons X, aux carburants, imperméable aux odeurs et aux gaz.	Emballages de produits alimentaires mécanismes des compteurs d'alimentation en eau, gaz électricité canalisation, carburant, chaussures.

Silicones	Fluides, lubrifiantes, anti-adhérentes, faiblement toxiques	Fluides pour transformateurs électriques, mastique, moulages complexes, revêtements anti-adhérentes, vernis, cires, traitement de brûlures.
Résine urée formaldéhyde	Thermodurcissable, facile à mettre en forme	Verres organiques, vaisselle.
Polyesters	Thermodurcissable, transparent, propriétés mécaniques à haute température, propriétés électriques, résistant aux chocs, faciles à mettre en œuvre	Textiles, emballages, bouteilles, interrupteurs, prises et fusibles pour circuits à haute tension, prothèses.
Phénoplaste	Thermodurcissable, grande dureté.	Utilisation en couche : vernis durcissables.

## 9. Le recyclage des matières plastiques :

Le recyclage est un procédé pour traiter les déchets qui permet de les refabriquer sous une autre forme [10].

Le problème du recyclage des matières plastiques est complexe, déjà Il existe plusieurs variétés de plastique, certaines sont recyclables, d'autres ne le sont pas. Ceux qui sont recyclables doivent être triés par type, car chaque type de plastique a des propriétés différentes.

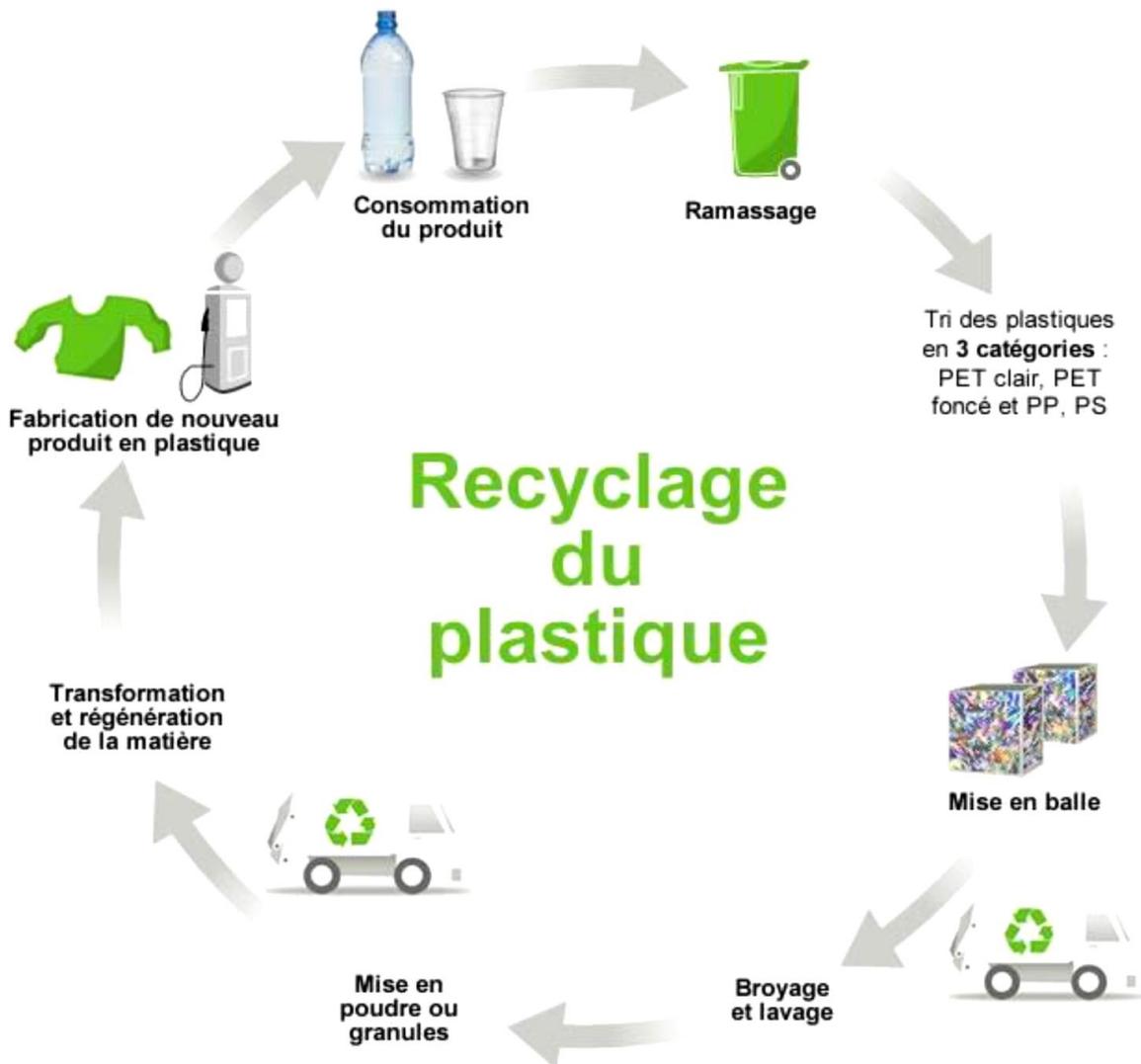


Figure I.5 : le cycle de recyclage du plastique.

### 9.1. La biodégradabilité des plastiques : [8]

Il a été reproché aux plastiques de ne pas être biodégradables, mais le verre et les métaux ne le sont pas non plus. Les plastiques dégradables existent sous plusieurs formes. Les biodégradables proprement dits sont rares, chers, surtout destinés aux usages médicaux. Les biofragmentables sont des polymères ordinaires chargés d'un composé biodégradable (généralement de l'amidon): le plastique ne se détruit pas, mais tombe en poussière.

Enfin, les photodégradables renferment un adjuvant qui les sensibilise à la lumière. En dehors de certains usages spécifiques (fils de suture résorbables, films de paillage pour l'agriculture), ces plastiques sont critiqués pour se dégrader de façon aléatoire selon les conditions climatiques, pour entretenir la prolifération de micro-organismes et donc ne pouvoir être mis au contact des aliments, et enfin pour ne pas être recyclables.

### 9.2. Les plastiques et l'environnement : [8]

Autre reproche: les plastiques, principalement dans les emballages, représentent un gaspillage de pétrole et polluent l'environnement.

Des calculs objectifs (bilan énergétique total pour la consommation de pétrole, écobilan pour l'impact sur l'environnement) permettent de comparer les dépenses et les nuisances imputables à divers matériaux pour un service donné (par exemple, transport et conservation d'un litre d'eau minérale de la source au consommateur en bouteille de PVC perdue, ou en bouteille de verre consignée, ou en boîte d'aluminium). Ces bilans sont, dans la grande majorité des cas, favorables aux plastiques, essentiellement à cause de leur très faible masse.

### 9.3. Les plastiques et la santé : [8]

Les polymères, composés à très haute masse molaire, ne sont pas solubles dans les liquides biologiques (à l'exception de quelques-uns, réservés à des usages spéciaux) et de ce fait ne sont pas toxiques. Les plastiques, en revanche, sont des mélanges de polymères et d'adjuvants, voire de restes de polymérisation, dont on pourrait craindre une activité biologique.

En pratique, aucun objet fini en plastique n'est dangereux au contact de la peau, ni pour les voies respiratoires. Cependant les producteurs sont tenus de s'assurer qu'il ne reste pas de monomères non polymérisés (formol, amines...).

En ce qui concerne les objets destinés au contact avec les aliments, ou à l'usage médical, ils doivent, de même que les jouets, être fabriqués uniquement à partir de produits expressément autorisés (principe de la liste «positive»). C'est pourquoi les plastiques sont si répandus dans le matériel médical. Les emballages alimentaires doivent non seulement ne pas libérer de composants toxiques, mais encore respecter les caractères organoleptiques (goût, odeur) de leur contenu.

### 9.4. Le système à sept codes :

Pour remédier aux problèmes de recyclage des matières plastiques, L'industrie du plastique a créé un système de 7 codes :



**PETE**

PETE ou PET : polyéthylène téréphtalate: utilisé habituellement pour les bouteilles d'eau minérale et de jus de fruits, les emballages, les blisters, les rembourrages 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, pare-chocs), 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. Potentiellement dangereux, surtout en cas de combustion (contient du styrène).



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.

## 10. Présentation de l'ABS :

L'ABS est une matière plastique aux propriétés d'avoir des surfaces exceptionnelles. Inventé en 1946 aux États-Unis par Monsieur DALY, il est principalement utilisé dans

l'électroménager, l'automobile, l'électricité, les articles de sports et produit High Tech et tout les secteurs d'activité ou l'on souhaite allier la tenue au choc un bel aspect final. Il est reconnu pour sa résistance à la rayure, son aptitude au vieillissement, son excellent aspect et sa capacité à être décoré. L'ABS est essentiellement mise en œuvre par injection.

### 10.1. Définition :

L'ABS est un copolymère thermoplastique amorphe, obtenu par la copolymérisation du styrène et l'acrylonitrile en présence de polybutadiène Les proportions peuvent varier de 15 à 35% d'acrylonitrile, 5 à 30% de butadiène et 40 à 60% de styrène Le résultat est une longue chaîne de polybutadiène sillonnée de courtes chaînes de poly (styrène-co-acrylonitrile).

- **L'Acrylonitrile:**

L'acrylonitrile (cyanure vinylique ou cyanure de vinyle) est constitué d'un groupe vinyle lié à un nitrile Sa formule semi-développée est  $\text{CH}_2\text{CHON}$  (ou  $\text{C}_3\text{H}_3\text{N}$ ) C'est un liquide incolore (& jaunâtre en raison d'impureté), son odeur est acre et légèrement piquante. Il est généralement obtenu par oxydation du propylène  $\text{C}_3\text{H}_6$  qui remplace l'Acétylène, par la présence d'Ammoniac  $\text{NH}_3$



- **Le Butadiène :**

Le Buta-1,3-diène est un hydrocarbure de formule  $\text{C}_4\text{H}_6$ , gazeux, incolore et inflammable C'est l'isomère le plus courant du butadiène, raison pour laquelle, il est souvent simplement appelé Butadiène



- **Le Styrène :**

Le styrène est un composé organique, aromatique, de formule chimique  $\text{C}_8\text{H}_8$  C'est un liquide à température et à pression ambiante. Il est utilisé pour fabriquer des plastiques, en particulier, le polystyrène La combinaison de ces trois monomères donne naissance à un copolymère polyphasé constitué d'une matrice Acrylonitrile-Styrène avec des nodules de Butadiène noyés dans cette dernière,

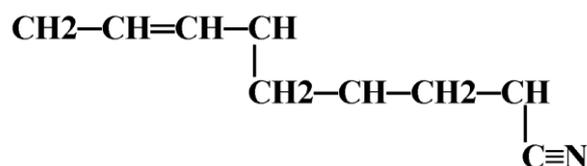


Figure I.6 : Structure chimique de l'ABS.

10.2. Fiche matière de l'ABS :

Acrylonitrile butadiène styrène			ABS	
<b>Famille :</b> Styréniques	Amorphe	Translucide Transparent	<b>Densité :</b> 1,05 ~	<b>Retrait :</b> 0,6 %
<b>Étuvage :</b> En étuve <b>Durée :</b> 2 à 4 h <b>T° :</b> 80 °C maximum		<b>Prix (kg) :</b> 2 à 4 € <b>Vitesse de rotation vis :</b> 0,1 à 0,6 m/s		
<b>T° d'injection :</b> 210 à 270 °C		<b>T° outillage :</b> 30 à 80 °C		<b>T° veille :</b> 180 °C
<b>Catégorie ISO 58 000 :</b> 4		<b>T° démoulage :</b> 70 à 100 °C		<b>KΔV :</b> 0,90
<b>T° / Produits de dégradation :</b> 200 °C / Toxiques par inhalation				
<b>Recyclage :</b> 30 % maximum		<b>Jeu d'infiltration :</b> 0,2 mm		

Figure I.7 : Fiche matière de l'ABS [16].

10.3. Caractéristique de l'ABS : [22]

a. Caractéristiques physiques et mécaniques :

Tab (I.5) : Caractéristiques physiques et mécaniques de l'ABS.

Masse volumique (g /cm <sup>3</sup> )	Résistance aux chocs (K) à 20°C	Résistance à la rupture (MPa)	Résistance à la compression (MPa)	Résistance à la flexion (MPa)	Module d'élasticité (MPa)
1.03 à 1.08	1 à 2.5	47 à 55	63 à 68	65 à 75	2200 à 2600

b. Caractéristiques thermiques :

Tab (I.6) : Caractéristiques thermiques de l'ABS.

Retrait %	Coefficient de dilatation linéaire K-1	Capacité thermique massique (j/Kg.K)	Conduction thermique (W/m/K)	Diffusivité thermique (m <sup>2</sup> /s)
0.4 à 0.6	(0.8 à 0.95)10 <sup>-4</sup>	1,6.10 <sup>-3</sup>	0.2	8,3.10 <sup>-8</sup>

**c. Condition de mise en œuvre de l'ABS :****Tab (I.7) :** Condition de mise en œuvre de l'ABS.

Température de la matière à injecter (°C)	Température du moule (°C)	Pression d'injection (bar)	Vitesse d'injection (m/s)	Préchauffage (°C)
220 à 280	60 à 80	800 à 1400	Elevée	70 à 80

**d. Caractéristiques chimique :**

Les ABS résistent :

- A l'eau.
- Aux acides de bases.
- A l'essence.
- Aux huiles minérales
- Aux graisses
- Les ABS ne tiennent pas aux acides minéraux concentrés, aux carbures aromatiques, solvants chlorés et aux esters.

**10.4. Présentation commerciale de l'ABS : [21]**

L'ABS est en général commercialisé sous forme de granulés cubiques ou de billes (après compoundage dans des mélangeurs internes), ou bien, sous forme de granulés cylindriques (mélangeurs externes), naturel ou coloré, contenant des additifs.

**10.5. Avantages particuliers :**

- Rigidité.
- Aspect agréable (surfaces dures et brillantes).
- Stabilité dimensionnelle.
- Bonne résistance aux chocs et aux rayures.
- Assez bonne tenue à la chaleur et à l'humidité.
- Moulage et formage aisés, décoration et impression facile.
- Remplissage facile mais épaisseur minimale de 0,7mm.

Toutes ces qualités ont été exploitées par l'industrie dans de nombreux domaines tel que l'industrie automobile (tableaux de bord, calandres...), l'électroménager (réfrigérateurs, capotages, carters..) la radio, la télévision, l'ameublement (poignées, moulures,...). L'outillage (carrosseries de perceuses, manches d'outils divers,...), ou encore la coutellerie (manches de couteaux à usage professionnel) ou l'informatique (disquettes, souris, boîtiers d'ordinateurs...).

**10.6. Inconvénients:**

- Opacité.
- Jaunissement a l'extérieur (nécessite d'un stabilisant).
- Transparence laiteuse.

**10.7. Application :**

- Industrie automobile et transport.

- Appareils domestiques et de jardinage.
- Electrotechnique et électronique.
- Bureautique et in informatique.
- Phono, photo, optique.
- Machines-outils.
- Sanitaire et médecine.
- Jouets.
- Sport et loisirs.

**10.8. Recyclage :**

L'ABS est de plus en plus recyclé, comme tout polymère, il est difficile de recycler l'ABS souillé par d'autres matériaux. L'ABS à recycler doit être propre. Le séchage s'impose. Il est important de savoir si l'ABS contient un produit ignifuge, pour adapter les conditions de transformation. Pour tout objet d'une qualité élevée, il est conseillé d'utiliser un faible pourcentage de matière recyclée afin de ne pas nuire aux propriétés mécaniques et à la solidité de la couleur.

**11. Conclusion :**

Durant ce chapitre, on a conclu que les matières plastiques sont des matériaux très utilisés dans divers domaines, et cela grâce de leurs propriétés (physiques, chimiques et mécaniques) qui rependent aux différentes exigences, telles que leur facilité de mise en œuvre et leur poids très légers, leurs états de surface, la diversité des moyens de transformation ainsi que leur coût relativement modique. Comme nous avons aussi spécifié la connaissance des caractéristiques de l'ABS.

Les matières plastiques offrent des possibilités bien supérieures et des applications performantes à d'autres matériaux dans de multiples domaines.

# **Chapitre II**

**Procédés de mise en œuvre des matières plastiques**

## **1. Introduction :**

La mise en œuvre consiste à transformer les résines plastiques en produits finis ou semi-finis. Et les opérations changent selon la nature de ces produits et la nature des matières plastiques utilisées.

Plus que tout autre matériau, les matières plastiques offrent un large choix de procédés de fabrication industrielle, les principaux sont :

- L'injection
- L'extrusion
- L'extrusion soufflage
- L'injection soufflage
- Le thermoformage
- Le roto moulage
- Le calandrage

Et d'autres techniques sont rarement utilisées comme l'enduction, l'enroulement filamentaire, la pultrusion et le moulage par réaction...

L'objectif de ce chapitre est présenter la mise en œuvre des matières plastiques, et les principaux procédés et plus de détails sur le déroulement de cycle d'injection plus les caractéristiques d'une presse et la construction de sa structure.

## **2. Procédé de mise en œuvre des matières plastiques :**

Les procédés de mise en œuvre des plastiques sont extrêmement variés, s'adaptant suivant les cas aux matières solides ou liquides plus ou moins pâteux, thermoplastiques ou thermodurcissables, monolithiques, homogènes ou composites. Plusieurs systèmes de classement sont généralement utilisés, aucun n'étant véritablement satisfaisant à cause des interactions des différents paramètres et des nombreux cas particuliers [14].

Suivant les cas, on sera amené à choisir entre un certain nombre de procédés, toutes les méthodes ne pouvant pas s'appliquer à un cas déterminé.

Les figures II.1 et II.2 présentent un certain nombre de solutions sans prétention d'exhaustivité.

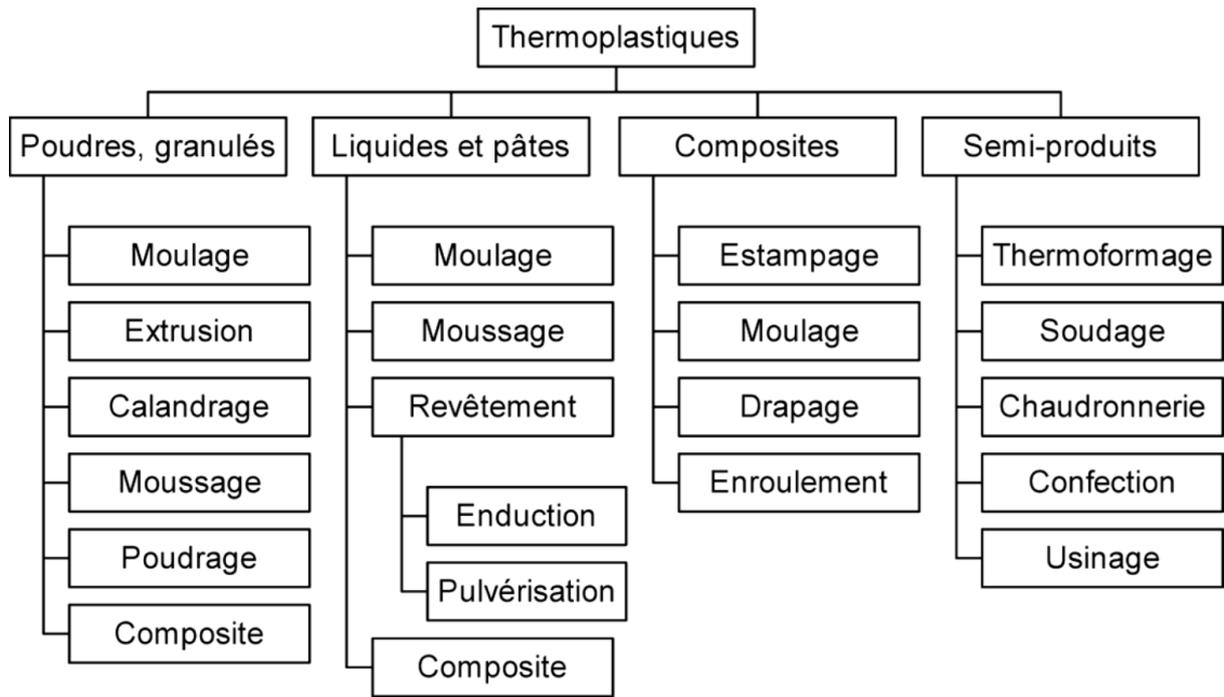


Figure II.1 : Thermoplastiques : exemples de procédés [14].

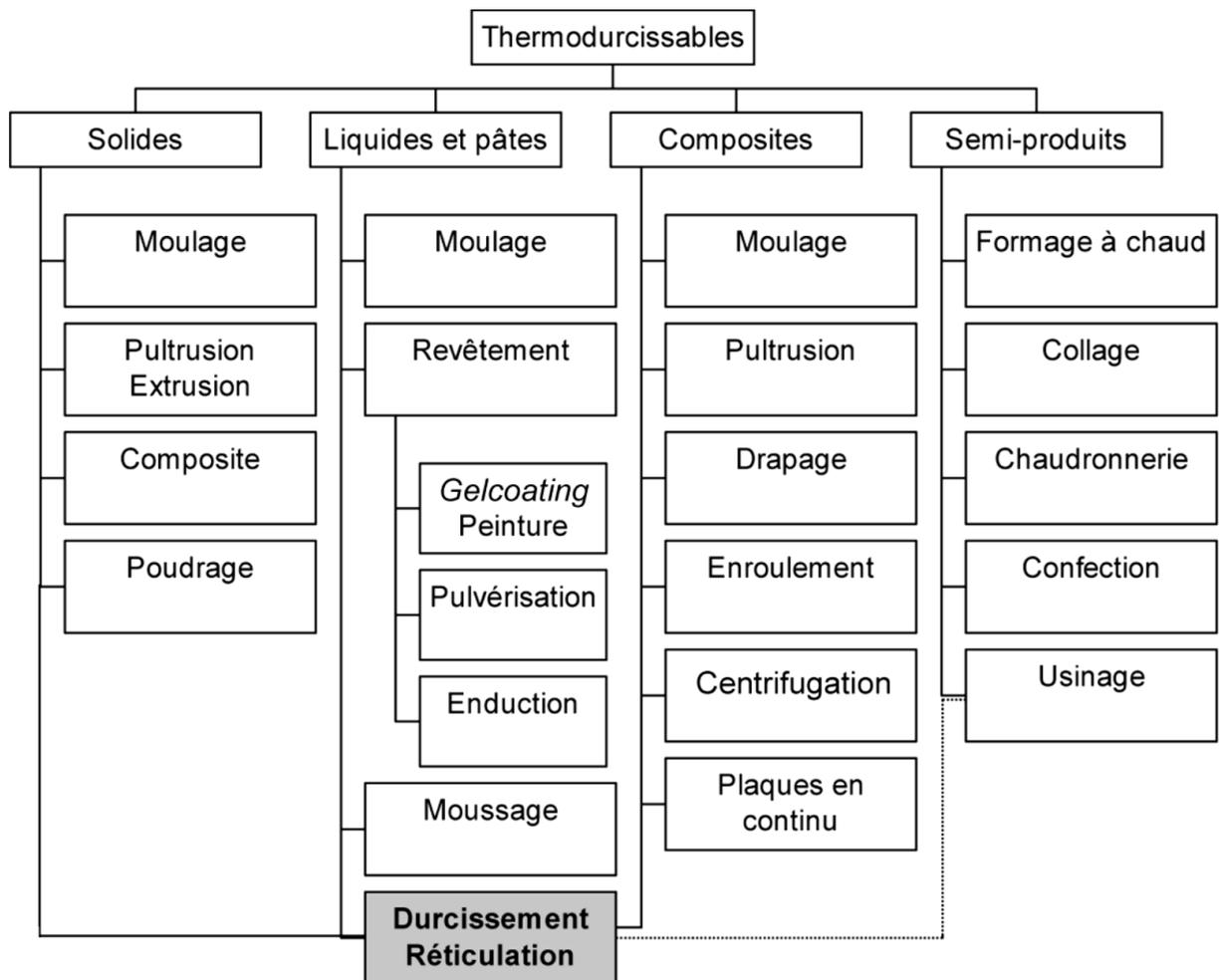
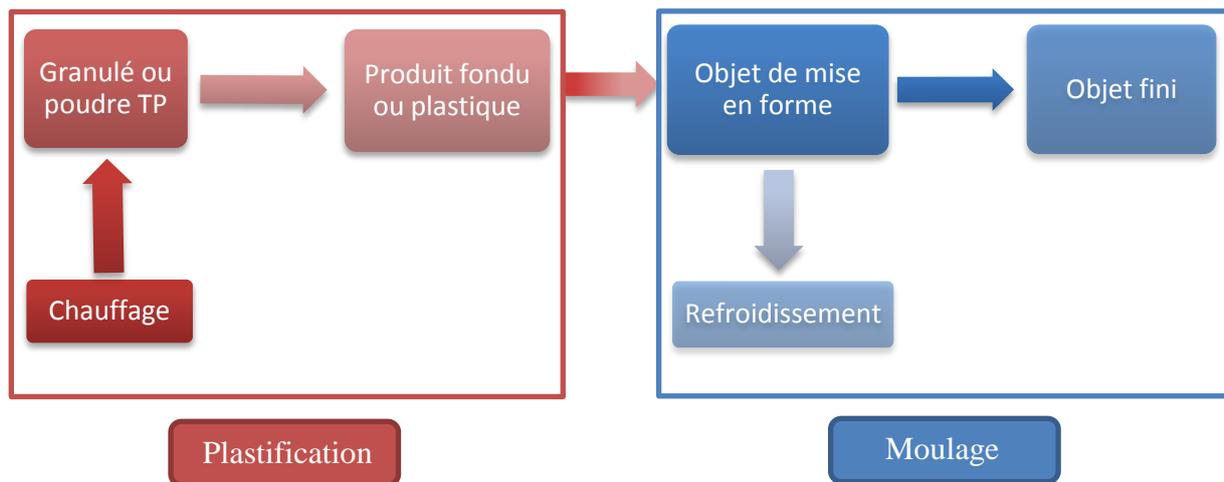


Figure II.2 : Thermodurcissables : exemples de procédés [14].



**Figure II.3 :** Schéma du principe de mise en œuvre.

### 3. Les principaux procédés de mise en forme :

Généralement l'obtention des pièces de formes données est faite par des procédés de mise en forme permettant de réaliser des séries importantes ou de produit en continu.

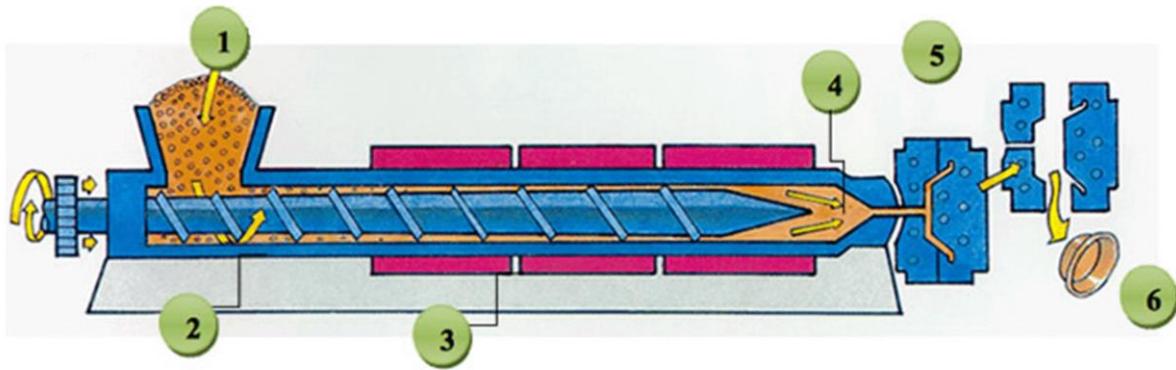
Pour les matières thermoplastiques, on emploiera principalement les procédés suivants :

#### 3.1. L'injection :

Le moulage par injection, aussi appelé injection plastique est destiné à produire très rapidement des objets en très grandes quantités. Cette technique permet d'obtenir en une seule opération des pièces finies en matière plastique, de formes complexes et finition très précise, dans une gamme de poids allant de quelques grammes à plusieurs kilogrammes.

La matière plastique sous forme de granulés, est versée dans une trémie pour alimenter une vis sans fin logée dans un tube chauffé. Elle y est comprimée, malaxée et chauffée. Ce traitement mécanique et thermique fournit une pâte fondante et homogène qui est poussée par la vis en rotation vers un orifice. La matière expulsée sous pression par la vis d'injection à travers ce trou vient remplir un moule fermé et refroidi. Au contact des parois froides, elle prend la forme du moule et se solidifie. Le moule s'ouvre ensuite pour faire sortir la pièce. Pour changer la forme de la pièce, il faut changer le moule [3].

Ce procédé nécessite l'utilisation d'une machine dite presses à injecter.



**Figure II.4 :** Procédé de mise en œuvre par injection [12].

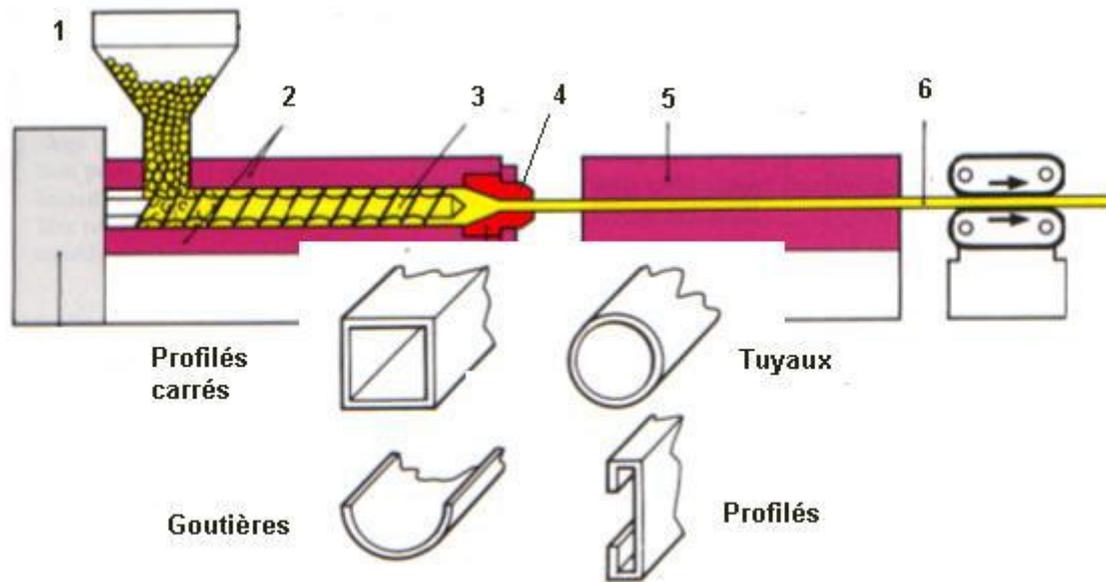
1. Les granulés sont introduits dans la trémie de la machine
2. La rotation de la vis sans fin entraîne les granulés dans le fourreau
3. Les colliers chauffants et le malaxage de la vis font fondre les granulés
4. Une fois que la quantité de matière nécessaire est fondue, elle est accumulée en bout de vis et un mouvement de translation injecte la matière dans le moule
5. Le refroidissement dans le moule permet la matière de garder la forme du moule
6. Une fois refroidie le moule s'ouvre et la pièce est éjectée un nouveau cycle recommence [12].

### 3.2. L'extrusion :

L'extrusion est un procédé de transformation thermoplastique. Les granulés thermoplastiques ou bien la poudre sont insérés dans la machine à travers une trémie et tombent dans un tube chauffé muni d'une vis sans fin. La matière chauffée et homogénéisée grâce à la vis sans fin, lorsqu'elle tourne, elle comprime et entraîne lentement les granulés thermoplastiques vers l'avant puis passe à travers une filière en continu pour être mise à la forme souhaitée. Ensuite, refroidie et sectionnée à la bonne longueur.

L'extrusion est un procédé de fabrication à haute cadence, peu coûteux et qui permet d'obtenir des formes très diverses et de grande longueur.

Appelée «extrudeuses» ou «boudineuses», ces machines d'extrusion permettent de produire des pièces pleines, creuses ou particulièrement longues (tubes, tuyaux, profilés pour portes ou fenêtres, câbles, canalisations etc.) à des cadences élevées [12].



**Figure II.5 :** procédé de mise en œuvre par extrusion [12].

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 conformé généralement sous vide (pour conserve les dimensions)
6. Les profils sont tirés en bout de ligne puis coupé a longueur et palettiser [12].

### 3.3. L'extrusion soufflage :

Cette technique permet de préparer des corps creux sans utiliser de moule pour réaliser la forme intérieure.

L'extrudeuse, généralement munie d'une tête d'équerre produit la paraison. Cette paraison est transférée dans un moule. A la fermeture du moule, l'une de ses extrémités se soude sur elle-même et l'autre s'appuie sur un dispositif de soufflage qui injecte de l'air comprimé dans la paraison et la plaque sur les parois du moule où elle vient se refroidir.

La production de pièces en soufflage s'adapte souvent à une production de très grande série : flacons, bidons, bouteilles d'eau minérale, réservoirs automobile (la plupart des contenants de grande consommation sont des produits de soufflage) [13].

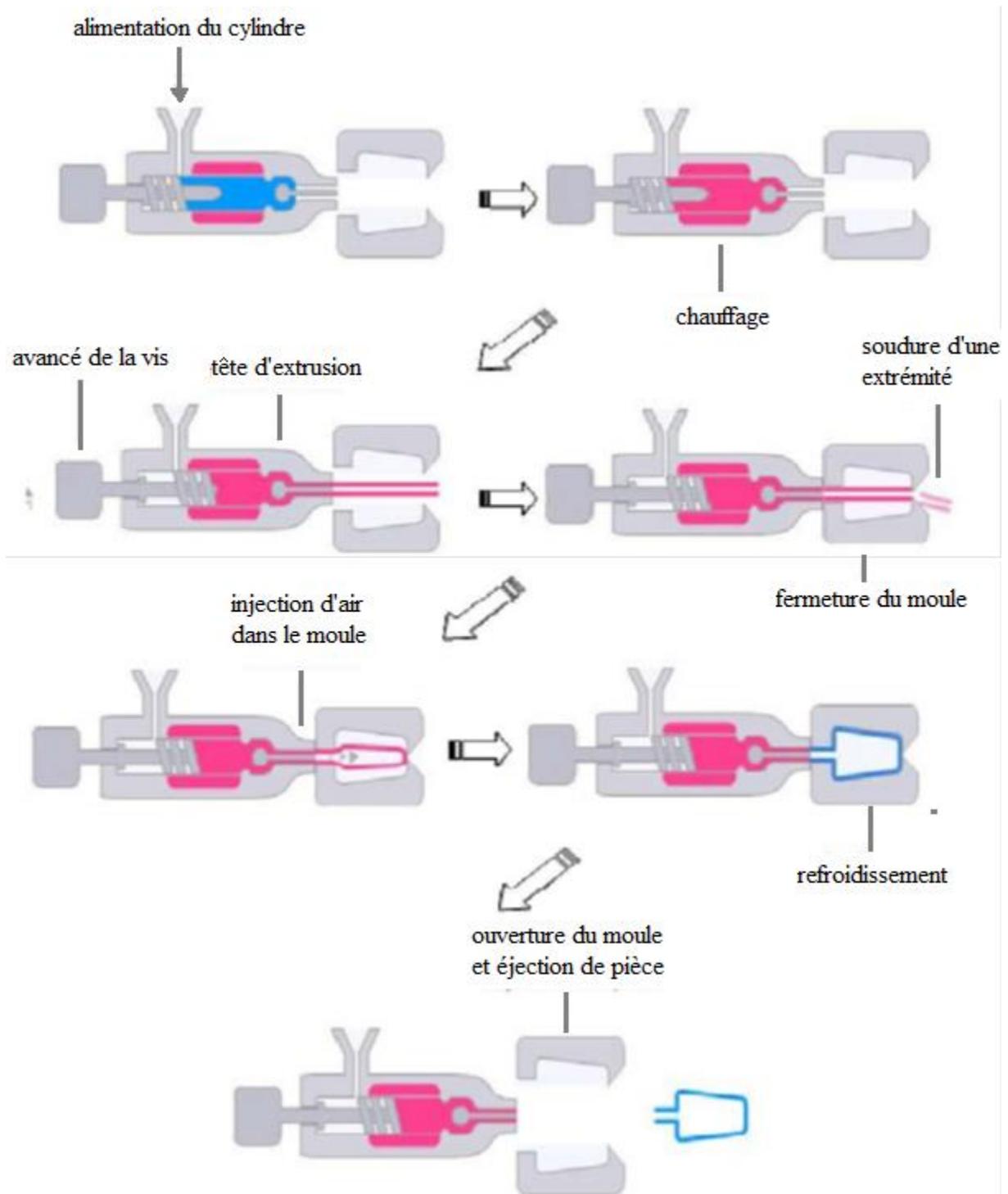
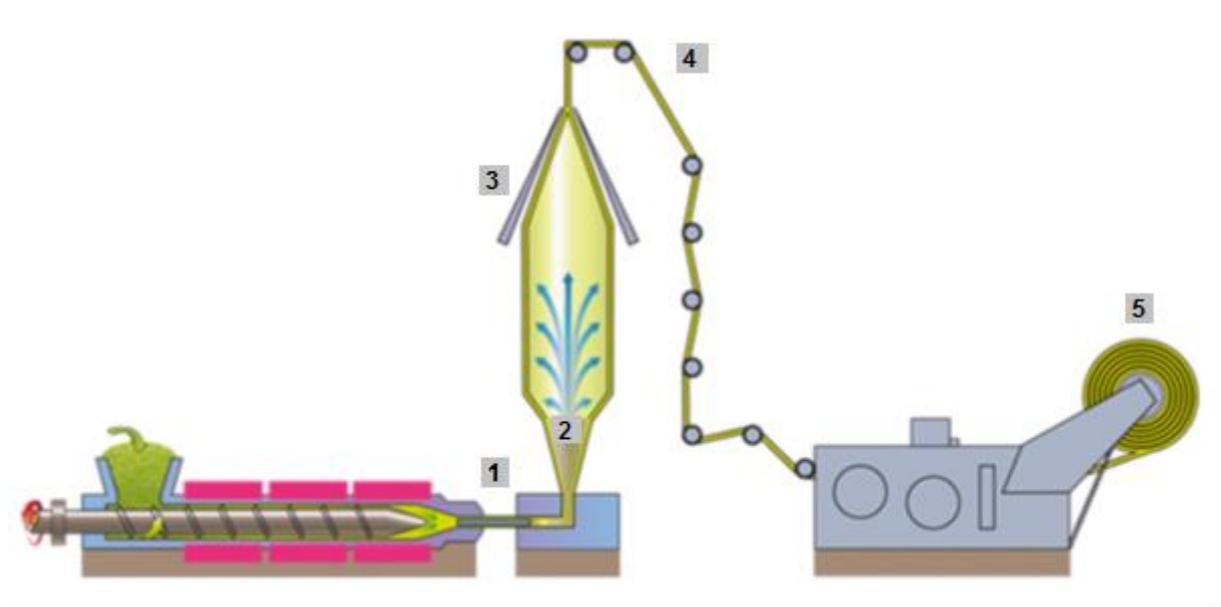


Figure II.6 : Procédé de mise en œuvre par extrusion soufflage [13].

### 3.4. L'extrusion gonflage :

Ce procédé est un variant de l'extrusion, il consiste à souffler en continu de l'air comprimé à l'intérieur de la paraison pour la faire gonfler et s'élève verticalement en une longue bulle de film. Ce procédé ne nécessite pas de moule, c'est l'air soufflé dans la matière fondue qui donne la forme et le refroidissement.

Permet de fabriquer des films plastiques d'épaisseurs très fines utilisées dans la fabrication d'emballages, de sacs-poubelles, de sacs de congélation, des poches médicales pour perfusion.



**Figure II.7 :** Procédé de mise en œuvre par extrusion gonflage.

1. La matière est extrudée et passe au travers une filière à tête d'équerre.
2. souffler en continu de l'air comprimé à l'intérieur de la paraison pour la faire gonfler, une gaine polymère précédemment formée
3. l'air soufflé donne la forme d'une longue bulle de film, Après refroidissement de la gaine.
4. Les rouleaux aplatissent le film en une gaine plane pour l'avoir découpé, plié, marqué.
5. Après avoir aplatie la gaine on l'enroule sur des bobines.

### 3.5. L'injection soufflage :

L'injection-soufflage est un procédé de mise en forme de matériaux polymères thermoplastiques qui est utilisé pour fabriquer des corps creux, tels que des flacons et bouteilles [11].

Ce procédé consiste à combiner la technique d'injection avec celle du soufflage. La matière est injectée pour former une (préforme) qui peut intégrer le vissage final de la pièce. La préforme peut être stockée, transportée ou directement réchauffée pour être ensuite soufflée à la forme voulue. L'éprouvette est alors enfermée dans un moule de soufflage en deux demi-coquilles ayant la forme désirée. Une extrémité de la préforme est pincée. De l'air comprimé (le plus souvent) est ensuite injecté dans la cavité par l'orifice de la préforme afin de plaquer la matière contre l'empreinte refroidie et figer la pièce dans sa forme finale [3].

Les principaux avantages de l'injection soufflage sont l'inexistence de déchets, une meilleure finition du produit et un meilleur contrôle de l'épaisseur. Cependant, son coût est plus élevé que celui de l'extrusion soufflage [13].

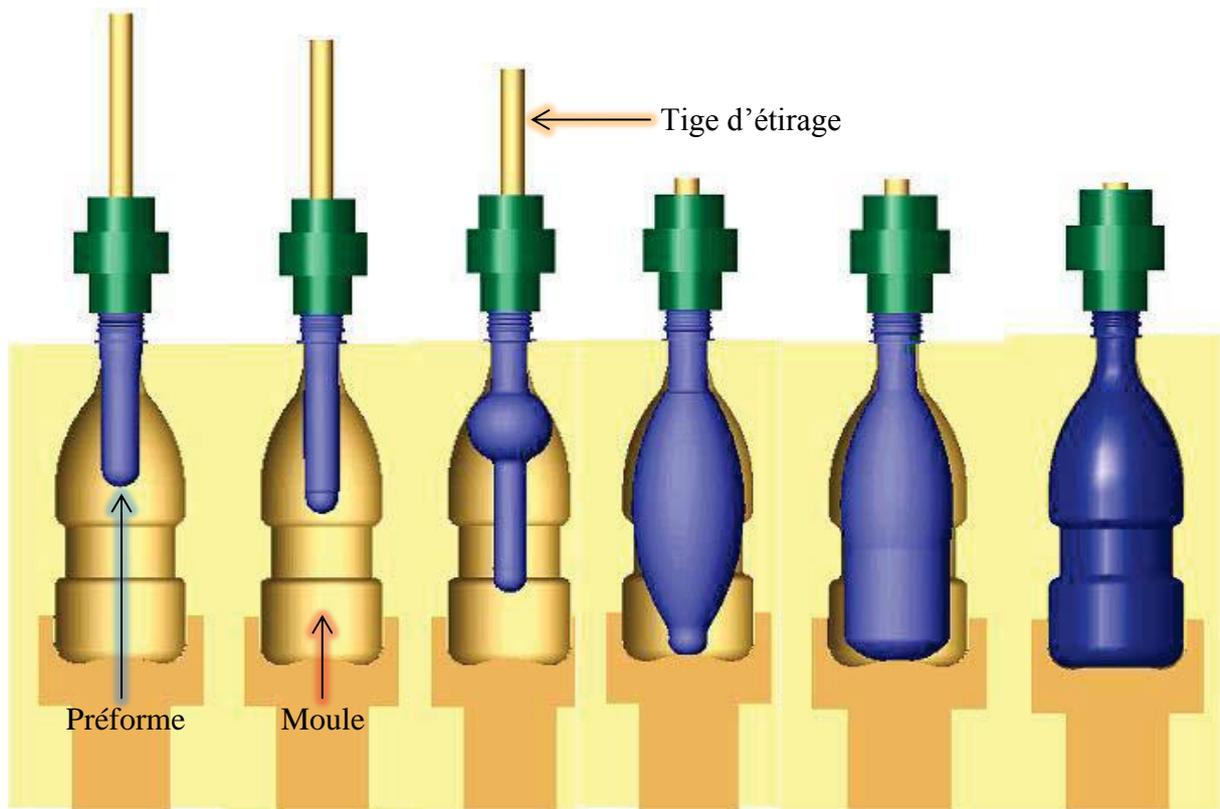


Figure II.8 : Procédé de mise en œuvre par injection soufflage [12].

### 3.6. Le thermoformage :

Le thermoformage est un procédé de transformation consistant à former à l'aide d'un moule et qui utilise des produits semi-ouvrés tels que des feuilles de plastique et des plaques et les transforme en objets finis à large domaine d'applications.

Dans ce procédé, une feuille de thermoplastique est placée contre une forme, et chauffée par rayonnement pour être amenée au-dessus de la transition vitreuse ; la feuille ramollie adhère aux bords de la forme dans laquelle on fait un vide partiel. La feuille est aspirée au contact de la forme contre laquelle elle est refroidie. On forme ainsi beaucoup d'emballages (pots de yaourt par exemple). On utilise plutôt des thermoplastiques amorphes car le ramollissement est progressif au-dessus de la transition vitreuse [15].

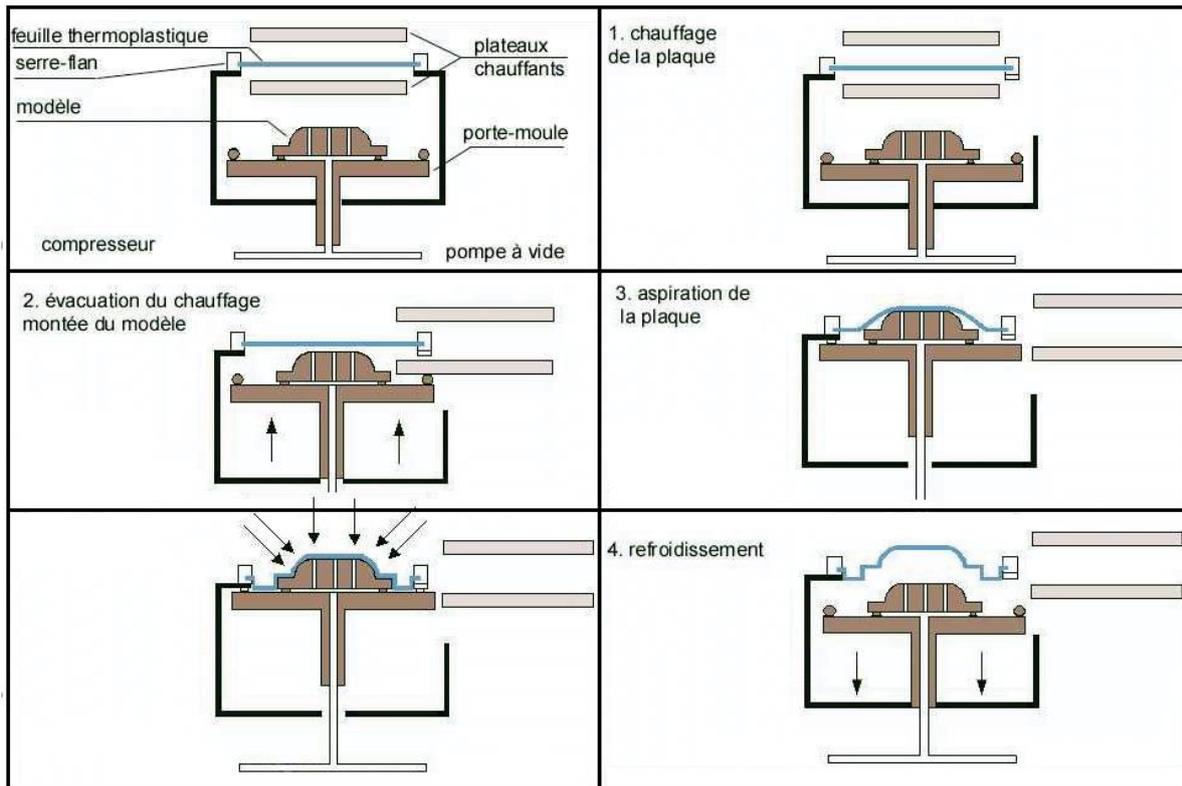


Figure II.9 : Procédé de mise en forme par thermoformage [25].

1. Chauffage de la plaque thermoplastique par un plateau chauffant supérieur et inférieur
2. Une fois la température de thermoformage est atteinte, retraitement des appareils de chauffage et élévation du plateau portant le moule générant
3. Aspiration d'air (entre la plaque et le moule) pour que la feuille adhère au moule et prend sa forme
4. Refroidissement de la plaque thermoformée et descente du moule, Une fois le moule descendu, la pièce peut être enlevée puis décortiquée pour enlever les chutes de production.

#### La thermoformeuses :

L'offre en thermoformeuses est très diversifiée, allant des machines manuelles très simples et peu onéreuses jusqu'aux machines très spécifiques produisant un seul type d'article en passant par tout un éventail de modèles standards, mono-station ou multi-stations, traitant des films ou des feuilles de 0,1 à 8 mm en rouleaux ou en feuilles.

Certaines machines incorporées dans des lignes de conditionnement de produits alimentaires de grande consommation peuvent thermoformer 10 000 à 48 000 packs à l'heure [14].

#### Applications : [14]

Les applications sont très diverses, des petites aux grandes pièces, des prototypes jusqu'à la production en série, des produits d'utilisation générale jusqu'aux applications de pointe, par exemple :

- transports : pièces de carrosserie pour voitures, motos, poids lourds ou véhicules spéciaux ; toits de tracteurs, capots, garnitures intérieures... ;
- bureautique : habillages, capots... ;
- appareils électroménagers : portes de réfrigérateurs, portes de maisons, appareils sanitaires... ;
- construction navale : habitacles, coques, planches à voile ;
- aéronautique : pare-brise... ;
- matériel de présentation : PLV, dômes, présentoirs... ;
- emballage : pots de yaourt, plateaux, blisters, moules pour chocolat, pelliculage, palettes... ;
- matériel industriel : habillages, capots, récipients, conteneurs, viseurs de masques, valises... ;
- divers : masques de carnaval, jouets, tondeuses à gazon...

### 3.7. Le calandrage :

Le procédé, analogue à celui utilisé pour les métaux, sert au laminage de produits plats de grande largeur et de longueur quasi illimitée en thermoplastiques ou en caoutchoucs [14].

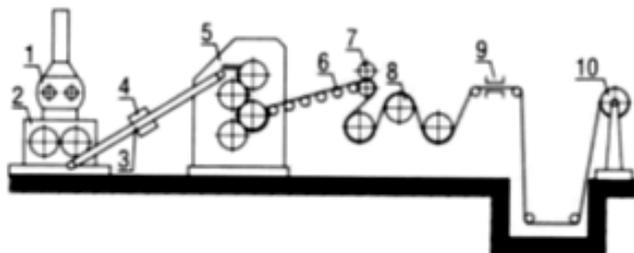
Cette technique est généralement employée pour produire des feuilles et des films de thermoplastiques tels que PVC rigide et souple, EVA, polypropylène, ABS... d'épaisseur minimale de l'ordre de 25  $\mu\text{m}$ . Le principe consiste à :

- plastifier ou fondre le thermoplastique par passage dans une extrudeuse ou un mélangeur ;
- laminer le thermoplastique plastifié ou fondu entre des cylindres tournant en sens inverses pour obtenir un film ou une feuille d'épaisseur constante. Les épaisseurs sont dans une gamme de 80-800  $\mu\text{m}$  avant étirage et 25  $\mu\text{m}$  et plus après étirage ;
- refroidir le polymère pour lui redonner sa consistance d'origine [14].

#### Les chaînes de calandrage : [11]

Suivant la nature du matériau à calandrer on distingue deux types de chaînes de calandrage :

- Une chaîne de calandrage-alimentation par mélangeur interne (technique généralement utilisée dans le cas du PVC).
- Une chaîne de calandrage-alimentation par extrudeuse.



**Figure II.10 :** Chaîne de calandrage-alimentation par mélangeur interne [11].

- |                          |                                      |
|--------------------------|--------------------------------------|
| 1. malaxeur interne      | 6. Transporteur                      |
| 2. mélangeur à cylindres | 7. Cylindres graveurs                |
| 3. Transporteur          | 8. Tambours de refroidissement       |
| 4. Séparateur magnétique | 9. Dispositif de cisailage des bords |
| 5. Calandre en -Z-       | 10. Enrouleur                        |

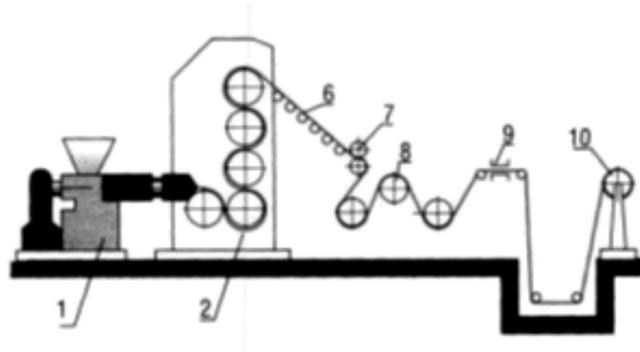


Figure II.11: Chaîne de calandrage-alimentation par extrudeuse [11].

1. Extrudeus
2. Calandre en -L-

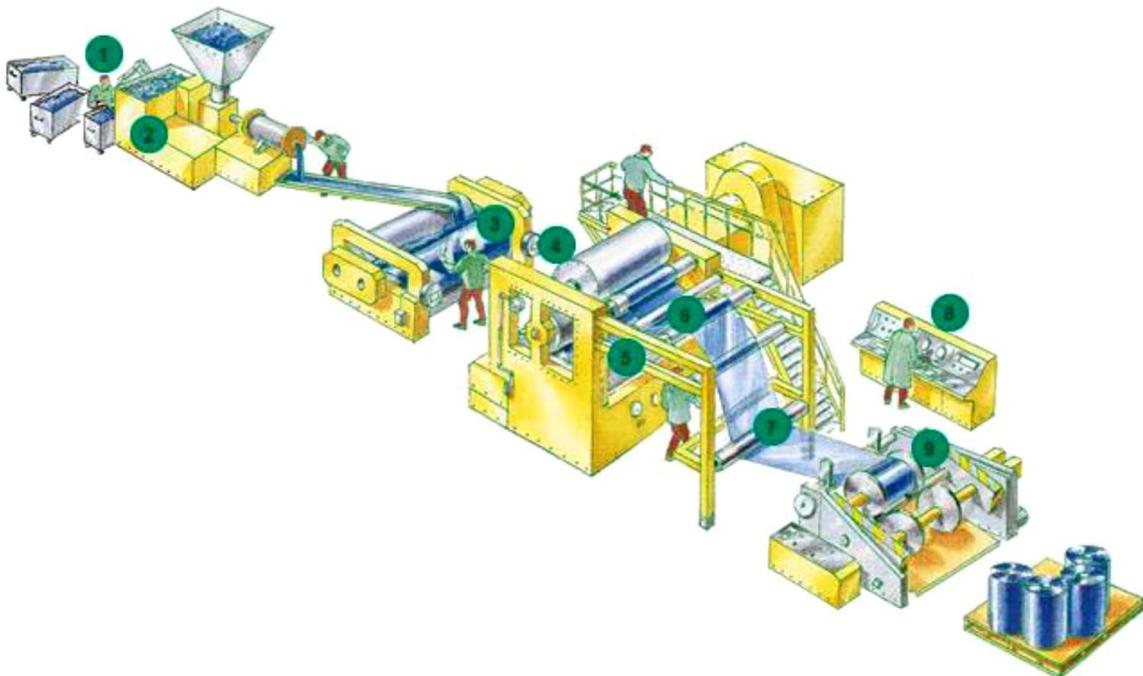


Figure II.12 : Procédé de mise en œuvre par calandrage [12].

1. Formulation : Mélange de plastique, additifs, stabilisants, charges divers (suivant l'application finale du produit)
2. Mélangeur pour homogénéiser la matière : la matière est chauffée puis malaxée dans une vise sans fin spéciale (différente de l'injection et l'extrusion) pour donner une pate épaisse
3. Gélification de la matière entre 2 calandres chauffées : la matière passe plusieurs fois entre les rouleaux pour être bien homogénéisée.

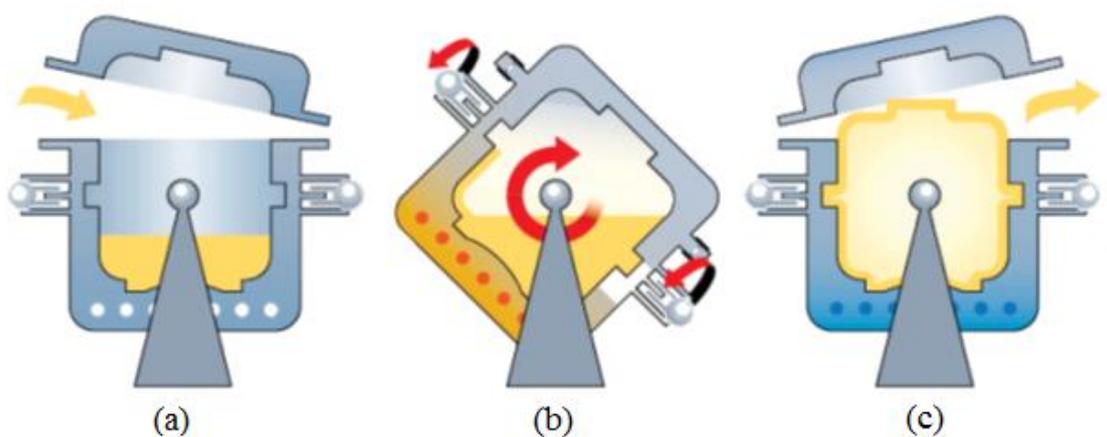
4. Réglage des paramètres de gélification (température calandres, pressions, vitesse de rotation ...)
5. Calandrage : calibrage et grainage de la feuille. La matière passe entre des calandres chauffées à différentes températures. L'écartement, la pression, le type de rouleaux vont donner les dimensions et les aspects des films
6. Refroidissements et stabilisations le passage dans le chemin de rouleaux permet le refroidissement du film ou de la feuille
7. Tirage
8. Réglage et paramètres de la ligne (vitesse d'avance, espacement rouleaux ...)
9. Mise en bobine ou empilage des feuilles suivant les dimensions et épaisseurs [12].

### 3.8. Le roto-moulage :

Le roto-moulage, ou moulage par rotation, est un procédé de fabrication de corps creux qui utilise la chaleur et la force centrifuge pour fondre et mouler le polymère sur la surface interne d'un moule. Les principales étapes consistent à (**Figure II.13**) :

- a. introduire dans un moule froid la quantité de résine nécessaire sous forme liquide ou pulvérulente ;
- b. mettre le moule en rotation suivant un ou deux axes perpendiculaires dans un four chauffé entre 200 et 450 °C suivant le matériau utilisé. Sous l'effet de la force centrifuge, le matériau est plaqué contre les parois internes du moule, où il gélifie (plastisols) ou fond (poudres de PE ou PA) pour former une paroi continue ;
- c. refroidir le moule en le maintenant en rotation pour assurer la solidification de la pièce, démouler [14].

Ce procédé convient à la formation d'objets de grand volume à paroi peu épaisse pour lesquels le moulage par injection serait d'un coût prohibitif à cause des tailles du moule et de la presse [15].



**Figure II.13** : Procédé de mise en forme par roto-moulage.

## 4. Détails sur l'injection :

Parmi tous les procédés qu'on a énumérés, l'injection plastique est le procédé le plus utilisé pour l'obtention de la plupart des pièces en plastique.

Le matériau thermoplastique est préalablement rendu liquide par chauffage. Il est alors injecté sous haute pression. Jusqu'à 1800 bar, dans la cavité du moule. On doit ensuite attendre que la matière plastique soit suffisamment froide et rigide avant d'ouvrir le moule et d'en éjecter la pièce sans risque de déformation, l'ensemble de ces étapes est assuré par une machine qui s'appelle : Presse d'injection [3].

#### 4.1. Presse à injection :

Le nom de presse est dû au fait que le moule est fortement fermé et comprimé dans une presse hydraulique ou électrique spéciale.

Les presses à injection sont classées par tonnage pouvant varier de 5 tonnes à 9 000 tonnes. Plus le tonnage est élevé, plus la presse peut mouler les pièces de grande surface projetée (dans le plan d'ouverture du moule) [17].

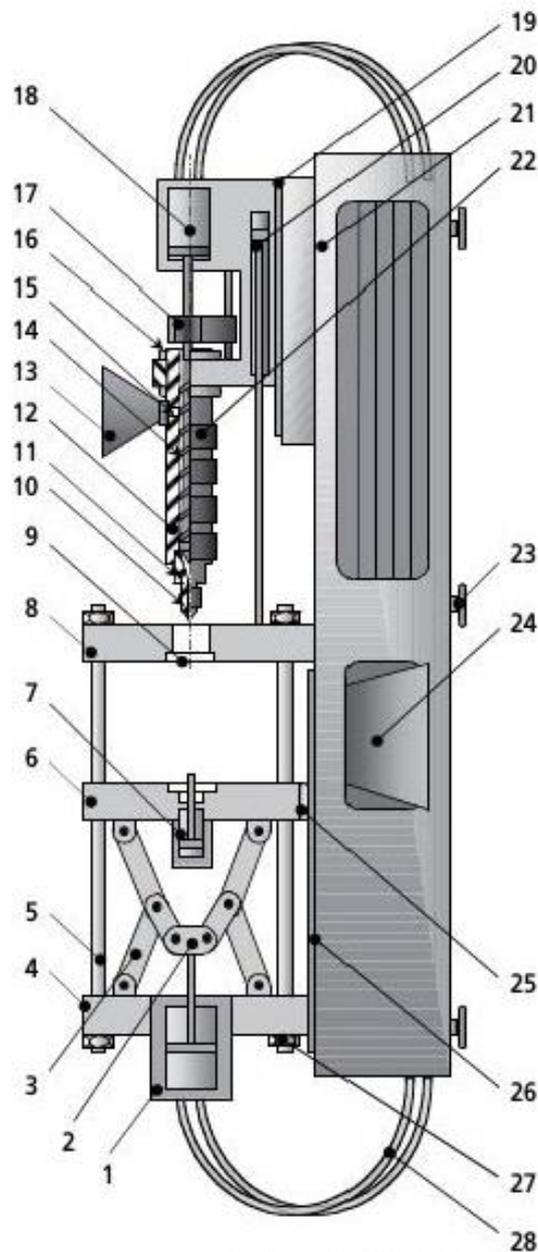


Figure II.14 : Schéma d'une presse à injecter [16].

- |   |  |
|---|--|
| 1. Vérin de fermeture   | 15. Goulotte                           |
| 2. Croix de verrouillage  | 16. Écrou de fixation du fourreau      |
| 3. Bielle (l'ensemble des bielles forme une genouillère 5 points) | 17. Moteur hydraulique                 |
| 4. Sommier  | 18. Vérin d'injection                  |
| 5. Colonne  | 19. Glissière du groupe d'injection    |
| 6. Plateau mobile   | 20. Vérin d'approche                   |
| 7. Vérin d'éjection   | 21. Bâti                               |
| 8. Plateau fixe   | 22. Collier de chauffage               |
| 9. Trou de centrage du plateau fixe                               | 23. Patin                              |
| 10. Buse (machine)  | 24. Goulotte d'évacuation (des pièces) |
| 11. Nez de pot (ou tête de fourreau)                              | 25. Patin de plateau mobile            |
| 12. Fourreau  | 26. Glissière du groupe de fermeture   |
| 13. Trémie  | 27. Écrou de colonne                   |
| 14. Vis de plastification   | 28. Flexible hydraulique               |

#### 4.2. Les différentes architectures des presses d'injection :

Il existe plusieurs presses d'injection plastique (presse à vis sans fin, à plateau tournant, à piston, à vis versa ... etc.), Mais suivant le sens d'injection, on distingue trois configurations de presse possible :

##### Presses horizontales :

Dans la presse horizontale, le moule est difficile à mettre en place, il prend une position verticale par rapport à l'axe de la vis ou du piston qui est horizontal, son ouverture provoque alors la sortie immédiate de la pièce par gravité après éjection, d'où un gain de temps est automatisé possible de l'emballage des produits fabriqués [17].

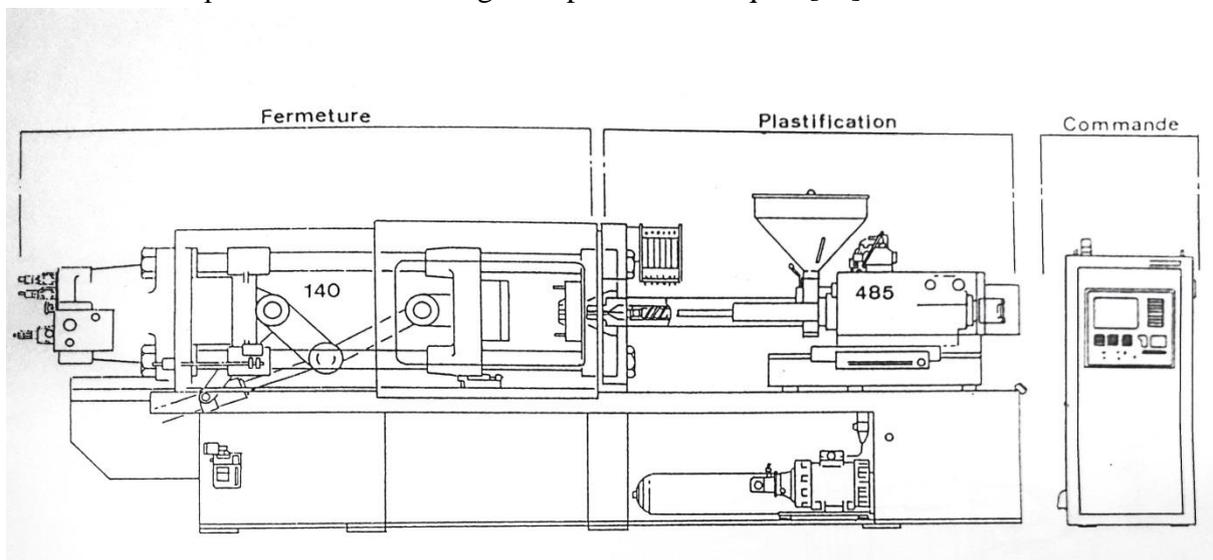


Figure II.15 : Presse injection horizontale [18].

C'est l'architecture la plus rencontrée.

Avantages :

- bonne stabilité (charge au sol mieux répartie)
- bonne accessibilité chargement matières

- marche automatique aisée chute des pièces par gravité.

Inconvénients :

- encombrement au sol important
- recentrage de moule délicat (flexion des colonnes) [18].

### Presses verticales :

Dans ce cas, la presse à moins d'encombrements, l'axe de la vis est vertical et l'ouverture du moule est dans un plan horizontal.

Ce type de presse s'utilise pour des moules comportant des insertions de prisonniers métalliques mais le démoulage de la pièce nécessite un transfert [17].

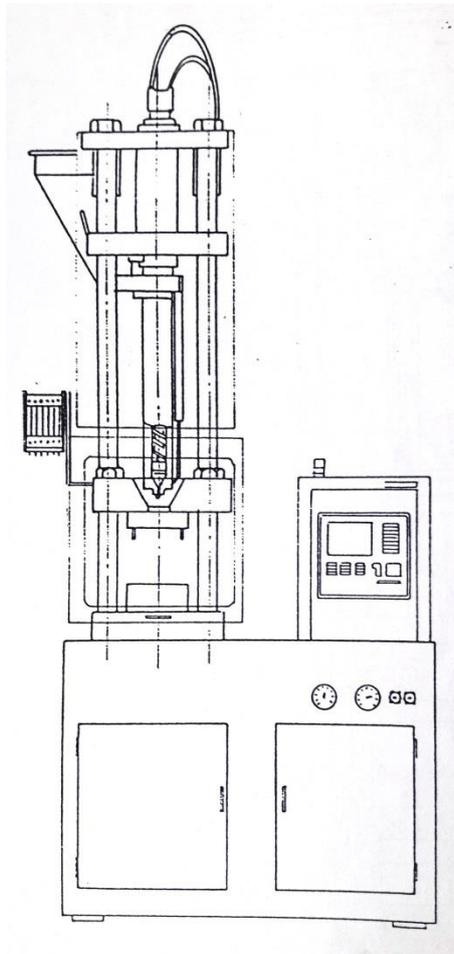


Figure II.16 : Presse verticale [18].

Ce sont les premières presses qui sont apparues sur le marché.

Avantages :

- faible encombrement au sol
- facilité de montage du moule
- pose d'inserts facilitée.

Ce dernier avantage lui permet à l'heure actuelle d'être encore utilisées.

Inconvénients :

- chargement de matière peu accessible (hauteur trémie)
- charge au sol importante
- nécessité de travailler avec des systèmes d'obturations
- cycle automatique possibles que par utilisation de manipulateurs [18].

#### Presses modulables : [18]

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

#### 4.3. Les différentes unités d'une presse d'injection :

Une presse est composée principalement de trois parties : Unité d'injection, le moule et l'unité de fermeture du moule.

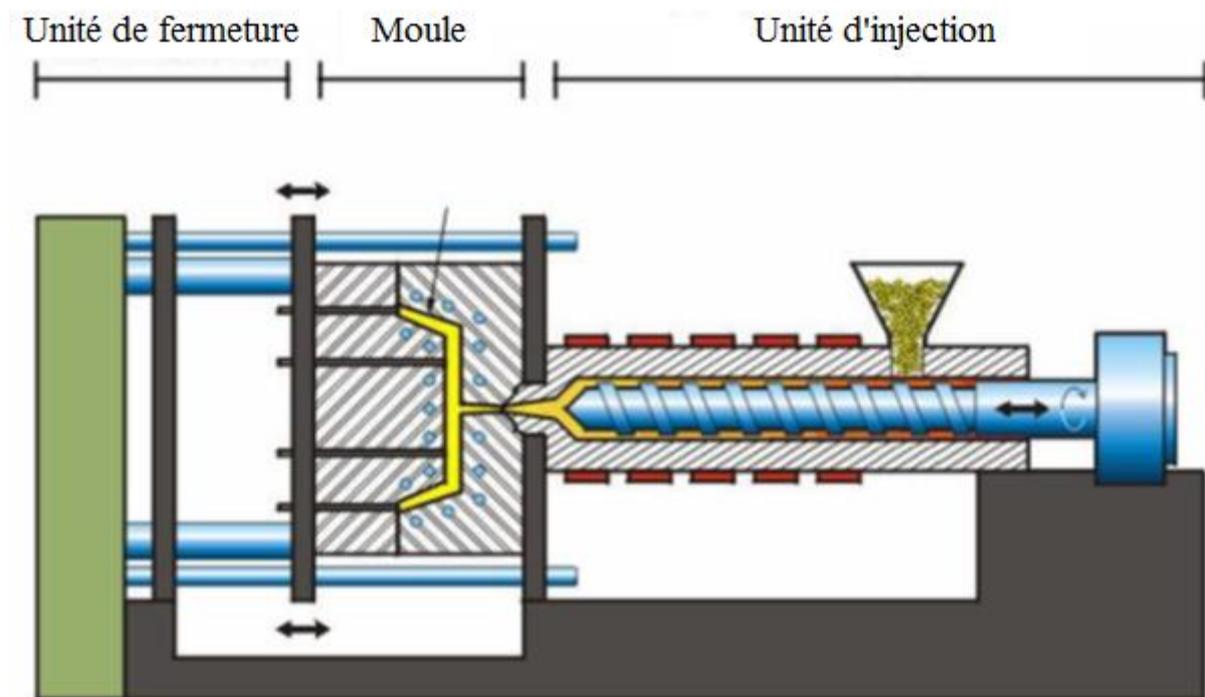


Figure II.17 : Dispositif d'une presse d'injection.

##### 4.3.1. Unité d'injection :

Les systèmes d'injection comprennent la vis, le dispositif de chauffage, le dispositif d'injection dans le moule.

La vis est responsable du transport de la résine jusqu'au moule, de sa plastification, de la mise en pression de la masse fondue, du dosage de la matière dans le moule. Pour que la vis assure correctement son rôle, son profil doit être adapté au thermoplastique à traiter mais il existe des types de vis standards acceptant plusieurs types de polymères. Le diamètre, le rapport  $L/D$  (longueur/diamètre), la vitesse de rotation doivent être adaptés au volume des pièces à injecter. Le matériau de construction et le traitement de surface doivent également

s'adapter au thermoplastique à injecter pour présenter à la fois une bonne résistance à la corrosion et à l'usure [14].

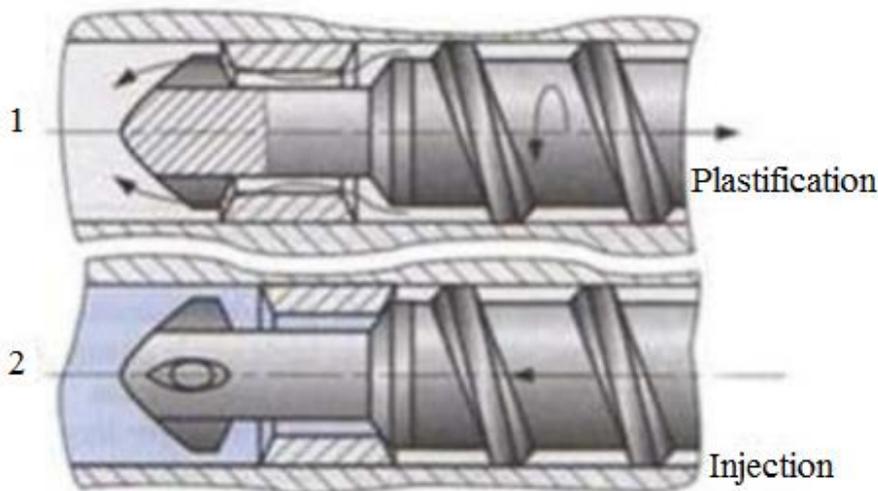
L'unité d'injection assure les tâches suivantes :

- Recevoir la matière première
- Etablir le contact entre le moule et l'unité d'injection
- Injecter la matière plastifiée dans des conditions établies à l'aide d'un système vis-piston [17].

#### **Système vis-piston :**

Le dispositif (figure) remplit les deux fonctions de plastification et d'injection en un seul mécanisme. Pour la plastification, la vis tourne et plastifie la matière. Les granulés sont chauffés, fondus, et homogénéisés pendant leurs transports de la trémie vers la buse. Pour stocker la quantité de matière nécessaire à l'injection d'une pièce, le dispositif vis-piston peut reculer dans le fourreau de la machine pour doser la quantité voulue de matière plastifiée devant la vis, la vis arrête de tourner et de reculer. Pour injecter, un vérin hydraulique pousse la vis, celle-ci plaque le clapet sur son siège, la matière ne peut plus refluer vers l'arrière l'ensemble injecte sous pression dans le moule la matière dosée.

Pendant cette phase, l'hydraulique peut être asservie pour harmoniser le remplissage du moule en fonction de la pièce et de la matière éjectée. C'est le système le plus répandu [17].



**Figure II.18 :** vis-piston.

#### **4.3.2. Unité de fermeture :**

Le système de fermeture, qui peut être mécanique, hydraulique, électrique, mixte mécanique-hydraulique, permet la fermeture et le verrouillage des parties mobiles et fixes du moule [14].

##### **4.3.2.1. Conceptions classiques des systèmes de fermetures : [16]**

Pour aider à la compréhension, les principes de conception et les schémas présentés dans ce paragraphe ont été simplifiés. La majorité des presses sont équipées de colonnes qui assurent le parallélisme du plateau fixe et du sommier arrière :

### a. Système de fermeture hydraulique :

Le système de fermeture le plus simple est le système hydraulique à un seul vérin (Figure II.18).

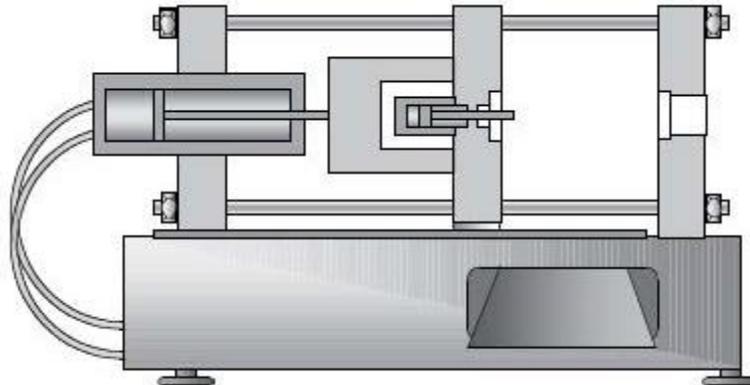


Figure II.19 : Système de fermeture hydraulique à un seul vérin.

La réalisation est simple si la force de fermeture n'est pas importante. Par contre, les vitesses de fermeture restent faibles car le remplissage d'un vérin de fermeture de grosse section oblige à pomper un fort volume d'huile hydraulique. On réserve ce type de fermeture aux presses de petite capacité (force de fermeture inférieure à 500 kN).

### b. Système de fermeture hydraulique à deux vérins en parallèle:

Afin d'obtenir des vitesses de fermeture plus conséquentes, les fabricants de presses ont choisi de dissocier le système effectuant les mouvements du système de verrouillage du moule (figure II.19). Le petit vérin (1) assure une fermeture rapide, le gros vérin (2) aspire l'huile dans le réservoir hydraulique (comme le ferait une seringue). En fin de fermeture de l'outillage, une haute pression appliquée dans le gros vérin assure le verrouillage. L'ouverture du moule s'effectue dans l'ordre inverse. Ce type de fermeture oblige à réduire la distance entre le réservoir d'huile et le vérin de verrouillage, il est de surcroît fort consommateur d'huile hydraulique. De ce fait ce système n'est plus employé pour réaliser de grosse presse (plus de 10 000 kN).

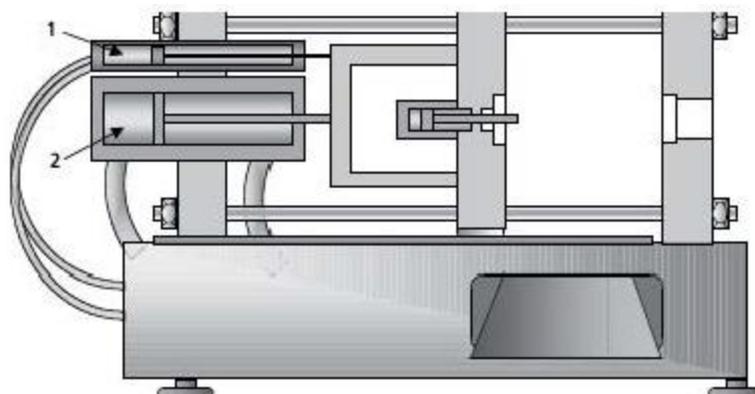


Figure II.20 : Système de fermeture hydraulique à deux vérins en parallèle.

### c. Système de fermeture hydraulique à deux vérins en série :

Pour réduire le volume d'huile et simplifier la réalisation du vérin de verrouillage, il est préférable de placer les deux vérins en série plutôt qu'en parallèle.

La fermeture se déroule en trois temps (figure II.20): fermeture rapide avec le vérin d'approche (1), fermeture de la noix (2) dans une gorge de la chandelle (4), puis verrouillage avec le gros vérin (3). La complexité de ce type de fermeture la réserve aux grosses presses (plus de 5 000 kN).

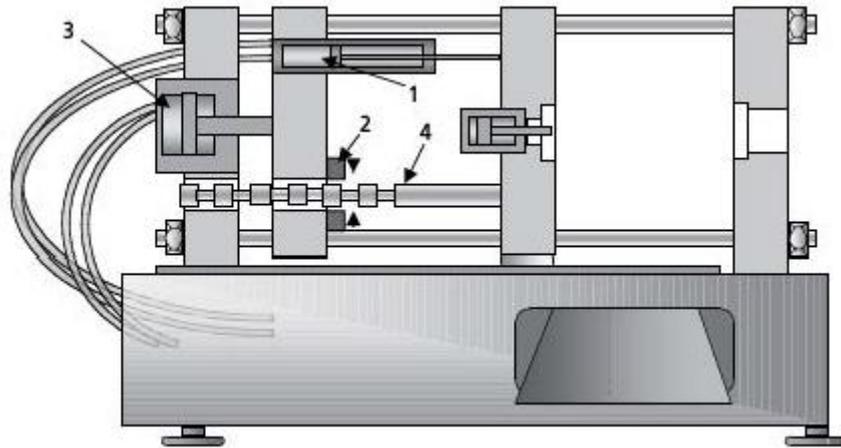


Figure II.21 : Système de fermeture hydraulique à deux vérins en série.

### d. Système de fermeture mécanique :

Pour obtenir une vitesse de fermeture élevée et une force de verrouillage importante avec un seul vérin, il est possible d'utiliser un système de démultiplication mécanique appelé *grenouiller cinq points* (figure II.21). Les bielles (1 et 2) doivent s'aligner lorsque le moule se verrouille, il faut donc pouvoir déplacer le sommier pour placer le système de fermeture dans la bonne position. Le déplacement du sommier est réalisé par les quatre écrous de colonne (3) dont la manœuvre est motorisée. Ce type de fermeture, dite fermeture mécanique, est le plus rapide. Elle est utilisée pour le moulage en grandes cadences (bouchons, emballages en paroi fine, etc.). Par contre, son entretien plus complexe, sa tendance à fatiguer les colonnes, son irrégularité des efforts de fermeture et son risque de coincement réduisent son utilisation pour des moulages plus classiques.

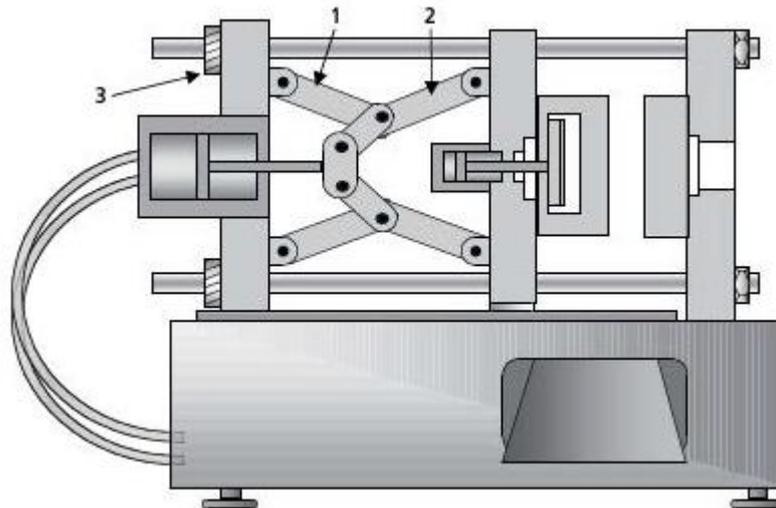


Figure II.22 : Système de fermeture mécanique.

**e. Système de fermeture mixte :**

Certains constructeurs ont choisi de faire effectuer le mouvement de fermeture par un système à démultiplication mécanique et le verrouillage par un vérin hydraulique de gros diamètre (figure II.22). Ce type de fermeture, dite mixte, présente d'excellentes performances, mais au prix d'une certaine complexité de réalisation, qui la renchérit.

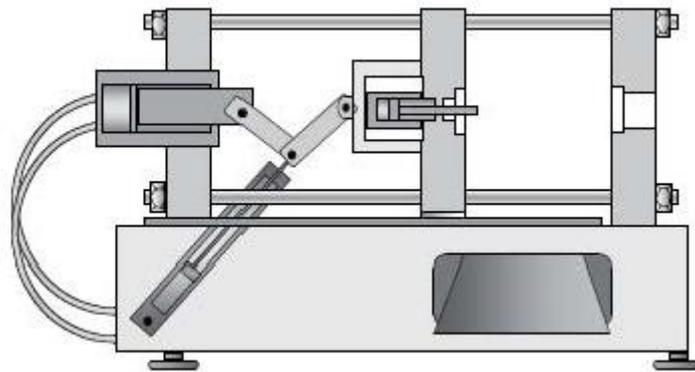


Figure II.23 : Système de fermeture mixte.

**4.3.2.2. Caractérisation d'un système de fermeture :**

- **Force de fermeture :**

La force de fermeture est la force nécessaire pour maintenir le moule fermé lors de l'injection. Cette force est calculée par rapport à la pression exercée dans le moule pendant l'injection. Elle doit être supérieure à la pression d'injection. Il est obligatoire d'exercer un verrouillage du moule, sinon lors de l'injection, il se produit une ouverture et du toilage sur les pièces. La pression de verrouillage doit-être de 20 à 25% supérieur à la pression d'injection.

- **Course de fermeture ou d'ouverture :**

Elle conditionne la profondeur maximale des pièces moulables (épaisseur du moule).

La course d'ouverture doit être au moins égale au double de cette profondeur. La course de fermeture peut-être réglable en vue d'obtenir un gain sur le temps d'ouverture lorsque les pièces produites sont peu profondes.

- **Dimensions des plateaux :**

Elles fixent les valeurs extrêmes possibles pour l'une des dimensions transversales du moule. Et nous assure la fixation du moule.

- **Épaisseur du moule minimale :**

Il est inutile d'obtenir une fermeture complète des plateaux lorsqu'aucun moule n'est monté dessus. La distance entre plateaux en position moule fermé, représente alors le moule d'épaisseur minimale exploitable.

- **Épaisseur du moule maximale :**

Si l'on veut conserver, pour la course d'ouverture de la presse, la valeur maximale possible en utilisant un moule plus épais que le moule minimal (cas fréquent), il est nécessaire de prévoir un réglage permettant de reculer le plateau mobile par rapport à la position correspondant à celle du serrage minimal. Ce réglage, ajouté à l'épaisseur du moule minimal, donne l'épaisseur maximale de moule possible dans ces conditions.

- **La force d'éjection :**

La force d'éjection est la force exercée par la presse sur le dispositif d'éjection du moule.

#### **4.3.3. Le moule :**

Les moules sont constitués de blocs métalliques suffisamment rigides comprenant une ou des cavités (ou empreintes) reproduisant la forme de la ou des pièces à obtenir, à quelques corrections dimensionnelles près, dues aux phénomènes de dilatation thermique, retrait, relaxation de contraintes, etc. L'ensemble recevant la résine sous haute pression doit être soigneusement étudié pour éviter les fuites et autres bavures mais aussi les coincements et déformations. Bien évidemment, le moule doit permettre le démoulage des pièces sans dommages ni pour elles ni pour le moule [14].

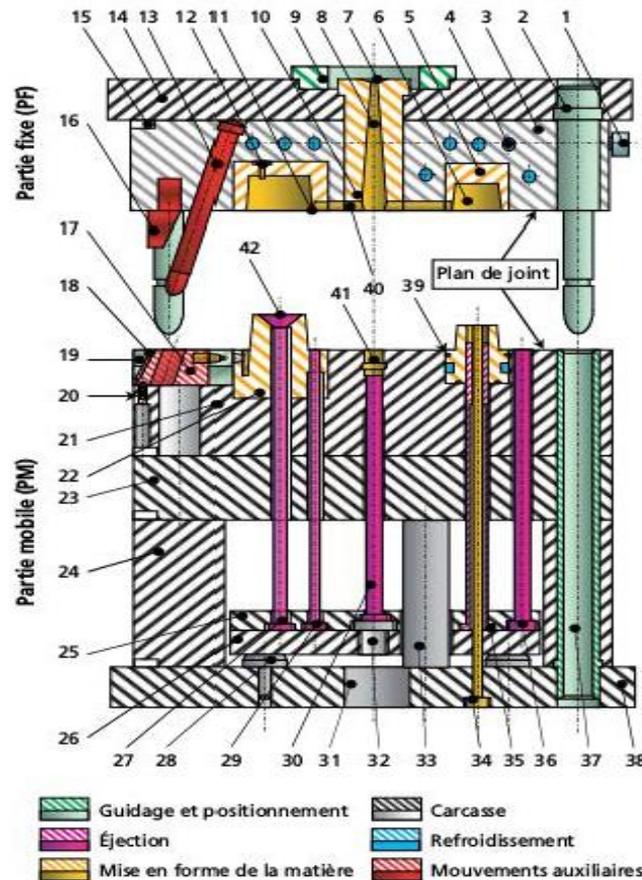


Figure II.24 : moule d'injection [16].

- |  |   |
|--|---|
| 1. Embout de régulation (raccord rapide) | 22. Bloc empreinte de partie mobile   |
| 2. Colonne de guidage                    | 23. Plaque intermédiaire de PM  |
| 3. Plaque porte-empreinte de partie fixe | 24. Tasseau (ou entretoise)   |
| 4. Circuit de régulation                 | 25 et 26. Batterie d'éjection' : contreplaque d'éjection (25) et plaque d'éjection (26) |
| 5. Bloc empreinte de partie fixe         | 27. éjecteur porte-soupape  |
| 6. Empreinte de partie fixe              | 28. Repos d'éjection  |
| 7. Portée de buse moule                  | 29. éjecteur  |
| 8. cheminée de buse                      | 30. éjecteur arrache-carotte  |
| 9. Rondelle de centrage                  | 31. Passage d'éjection  |
| 10. Buse moule                           | 32. Système d'attelage d'éjection   |
| 11. Seuil d'injection                    | 33. Pilier (ou chandelle)   |
| 12. Broche                               | 34. Broche centrale d'éjecteur tubulaire  |
| 13. Doigt de démoulage                   | 35. éjecteur tubulaire  |
| 14. Plaque semelle de partie fixe        | 36. Rappel d'éjection (ou RAZ)  |
| 15. Prise de pince                       | 37. Douille de guidage  |
| 16. Verrou de tiroir                     | 38. Plaque semelle de partie mobile   |
| 17. Tiroir (ou chariot)                  | 39. Joint torique   |
| 18. Plaquette d'usure du tiroir          | 40. Canal d'alimentation  |
| 19. Rainure de guidage du tiroir         | 41. Arrache-carotte   |
| 20. Bonhomme à bille (ou verrou à bille) | 42. Soupape d'éjection  |
| 21. Plaque porte-empreinte de PM         |   |

**4.4. Les Phases De Cycle : [14]**

Le cycle d'injection d'une pièce se déroule en cinq phases :

1. plastification :

Dans cette première phase, l'extrémité du fourreau est obturée par la buse et la vis tourne en reculant pour accumuler en tête de vis le polymère plastifié et chaud ;

2. remplissage :

Lorsque la quantité voulue de la résine nécessaire à l'injection d'une moulée est plastifiée, la buse s'ouvre et la vis fait office de piston pour injecter sous haute pression et à grande vitesse le polymère dans le moule fermé refroidi à une température nettement inférieure à celle de la résine injectée ;

3. compactage :

En se refroidissant dans le moule, le polymère se contracte, ce que l'on compense partiellement en maintenant la pression pendant que l'on continue à injecter du polymère fondu. Le processus cesse lorsque la matière contenue dans le canal d'alimentation reliant la buse de la presse à injecter au moule est solidifiée ;

4. refroidissement et maintien :

Le refroidissement du polymère, lent en raison de sa faible conductivité thermique, est poursuivi jusqu'à une consolidation physique suffisante de la pièce ;

5. éjection :

L'opération de démoulage est manuelle ou plus souvent automatisée. Pour des raisons économiques, l'éjection intervient le plus rapidement possible, dès que la pièce est manipulable sans déformation, et le refroidissement complet n'est obtenu qu'après la sortie du moule.

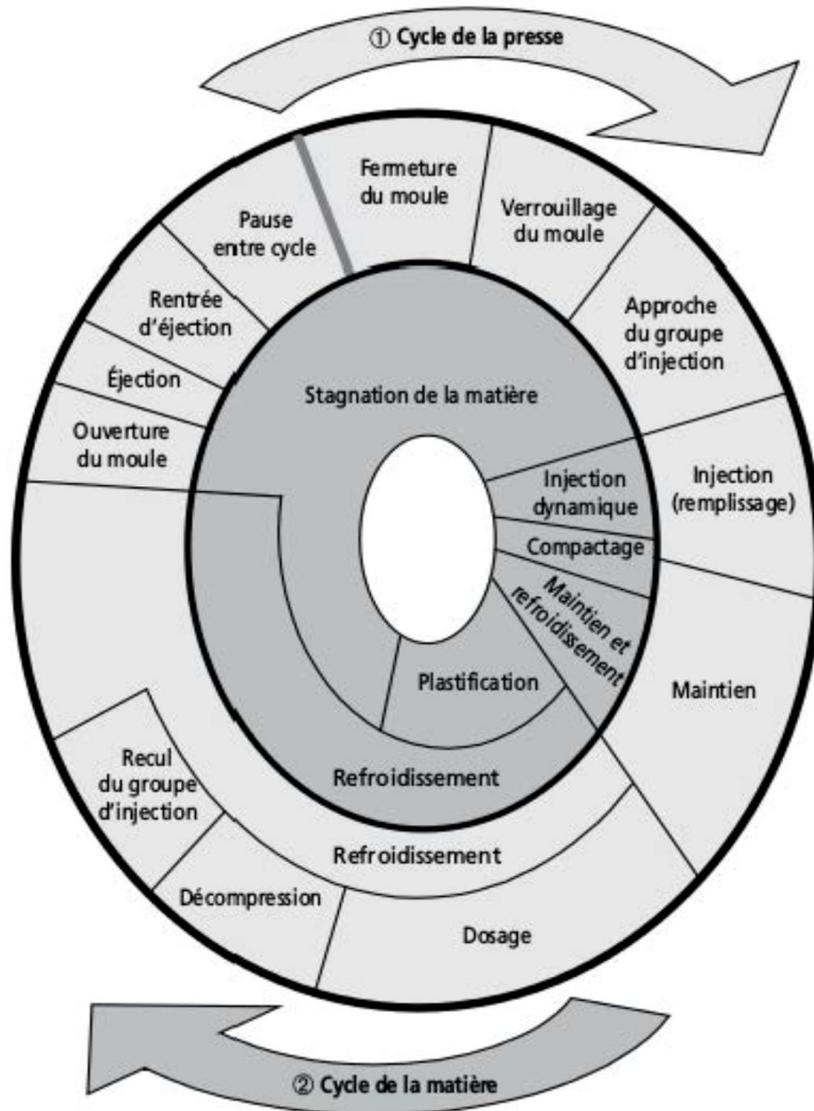


Figure II.25 : Schéma détaillé de cycle du presse à injecter [16].

#### 4.5. Le choix d'une presse à injecter : [1]

Le choix d'une presse à injecter répond à plusieurs critères en fonction des pièces à réaliser :

- **La capacité d'injection maximum** : fréquemment donnée en masse de polystyrène standard ou en volume (cm<sup>3</sup>). La capacité d'injection réelle est comprise entre 30 et 70% de cette capacité maximale, car dépendant du comportement en phase fondue de la matière et des limites de sécurité machine.
- **La force de fermeture** : exprimée en tonne. Elle correspond à la force maximum au-delà de laquelle le moule s'ouvrirait sous la pression de la matière.
- **La distance entre les plateaux** : qui définit l'épaisseur maximum du moule.
- **La distance entre les colonnes** : qui définit la largeur maximum du moule.
- **La pression maximum d'injection** : qui renseigne sur la pression maximum à laquelle la matière pourra être injectée.

## 5. Grands axes d'évolution des procédés de transformation : [14]

Les grands axes d'évolution des procédés de transformation découlent soit des progrès techniques des procédés eux-mêmes, soit des tendances générales exposées précédemment et concernent :

- la réduction des coûts par action sur les matières premières, la consommation d'énergie, la réduction des déchets et des non-conformités, l'automatisation, l'intégration de fonction, le recyclage ;
- la rapidité de la fabrication, qui passe par une révision des principes de conception réduisant les étapes et facilitant la fabrication, la réduction des temps de cycle, les techniques « in mould » (décoration, étiquetage, assemblage dans le moule...), la co-transformation (comoulage, coextrusion), l'*e-manufacturing*, ou fabrication rapide, etc. ;
- la facilité de transformation grâce à l'utilisation de la modélisation des écoulements et transferts thermiques pour la conception des outillages, à l'utilisation de grades de faible viscosité, au contrôle en ligne et au pilotage automatique des unités de fabrication, à l'adoption de procédés alternatifs... ;
- la réduction de la pollution, qui doit être prise au sens large, ne se limitant plus à la diffusion d'éléments toxiques mais s'étendant aux empreintes carbone et eau, ainsi qu'au remplacement des polymères et ingrédients d'origine pétrolière par des produits issus de sources renouvelables.

## 6. Conclusion :

Les procédés de mise en œuvre des plastiques sont extrêmement variés, durant ce chapitre on s'est basé sur le procédé de l'injection plastique, car est le procédé le plus utilisé, et le choix de ces procédés doit résulter d'un consensus entre le concepteur de la pièce et le transformateur en fonction de la matière, du matériel utilisé, du coût acceptable et des conditions d'utilisation de la pièce. De même, pour suivre les exigences du marché, l'actualisation permanente des designs est nécessaire, pour cela, le changement de moule nous permet de donner des nouvelles formes aux produits.

# **Chapitre III**

**Étude et Conception du moule d'injection**

## 1. Introduction :

Un moule est un ensemble mécanique de très grande précision qui permet de fabriquer des milliers de pièces avec des géométries complexes, dont l'objectif est de les fabriquer d'une manière automatique.

La conception d'un moule d'injection plastique influe de manière décisive sur plusieurs éléments comme la qualité et l'économie de la pièce injectée, l'aspect de la pièce, sa ténacité, sa résistance mécanique, ses cotes, sa forme et son coût dépendent de la qualité du moule. Aussi sa conception fait appel à des méthodologies complexes et bien spécifiques, que nous allons voir dans ce chapitre.

## 2. Les facteurs influençant la conception :

Les facteurs influençant la conception d'un moule et le choix des solutions sont à retenir par les intervenants dans le cycle de vie d'un moule :

- **Concepteur moule** : spécialiste des dessins d'étude moule (CAO), de l'organisation du moule, de sa cinématique et avoir une bonne connaissance des éléments standards et de leur utilisation. Il doit aussi maîtriser le choix des aciers, la thermique et des améliorations de l'aspect et des performances de la pièce injectée (tensions internes, ligne de soudure, brûlures).
- **Le spécialiste de l'usinage adapté au moule** : parcours d'outil en CNC, faisabilité en électro érosion, contrôle et métrologie.
- **Le processus d'exploitation** : le responsable de production, les régleurs qui veillent au démarrage, réglages et la production et le service de maintenance associé.

Ces facteurs influençant forment l'environnement du moule ils peuvent être des familles suivantes :

- **Pièce** : formes, poids, épaisseur, nombre, cadence, tolérances, versions, aspect
- **Facteurs humains** : les idées nouvelles
- **Matière** : caractéristiques rhéologiques et thermiques, coloration, nature, prix
- **Le mouliste** : le parc machine, la capacité des machines
- **Le délai** : utilisation de carcasse standard avec l'empreinte rapportée en prétraité.
- **Les facteurs économiques** : l'investissement, l'amortissement
- **La presse** : le parc disponible, le montage
- **La main d'œuvre** : qualification, disponibilité, habitudes, coût
- **Les accessoires** : robots, tapis, convoyeur, régulateur, frigo [11].

## 3. Définition et fonctionnement :

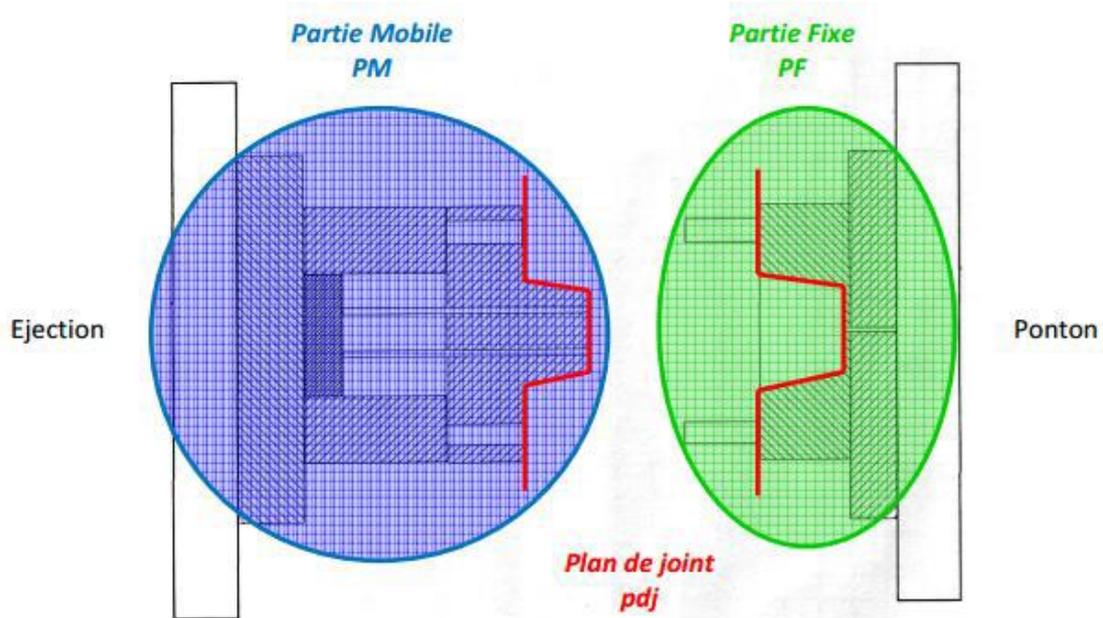
Un moule standard est schématiquement constitué de deux parties :

- Une partie s'adaptant sur le plateau fixe des presses : c'est le côté INJECTION,

« Partie fixe ».

- Une partie fixée sur le plateau mobile : c'est le côté EJECTION, « Partie mobile ».

La zone marquée de rouge est appelé « plan de joint » (pdj). C'est toute la surface où les 2 parties citées précédemment sont en contact.



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

Plus détaillé il est constitué :

- d'une carcasse et d'un ensemble structural assurant la résistance mécanique : plaques de fixation avant et arrière, plaques porte empreintes, plaques intermédiaires... ;
- d'une ou plusieurs empreintes. Leur nombre doit être soigneusement étudié en fonction de la pièce, du polymère et de la presse qui sera réellement utilisée. Il faut, en général, prévoir le nombre maximal d'empreintes qui peuvent être alimentées par l'unité d'injection tout en assurant la fermeture correcte du moule et en vérifiant que les séries à fabriquer justifient l'augmentation du coût du moule provenant de la multiplication du nombre d'empreintes. Pour les objets creux ou comportant des ouvertures, le moule peut inclure un ou plusieurs noyaux pour les parties creuses de la pièce et des poinçons créant des ouvertures dans ses parois ;
- d'un ensemble d'alimentation : contre-buse, canaux, seuils... Les objectifs de réduction des déchets ont amené à l'utilisation de canaux chauds en blocs chauds portés à la température de transformation, ce qui empêche la solidification du polymère. On évite ainsi la formation des carottes dont le recyclage est onéreux. En contrepartie, le moule est plus complexe et donc d'un prix plus élevé ;
- d'un système de guidage assurant le positionnement correct des diverses parties pendant tout le cycle de fonctionnement : colonnes de guidage, bagues de centrage... ;

- d'un système de refroidissement (canaux de circulation, régulateur-circulateur de liquide de refroidissement...) assurant la consolidation physique des pièces par reprise d'un module de rigidité suffisant ;
- d'un système de démoulage : éjecteurs, plaque d'éjection, rappel d'éjection, queue d'éjection, arrache-carotte... [14].

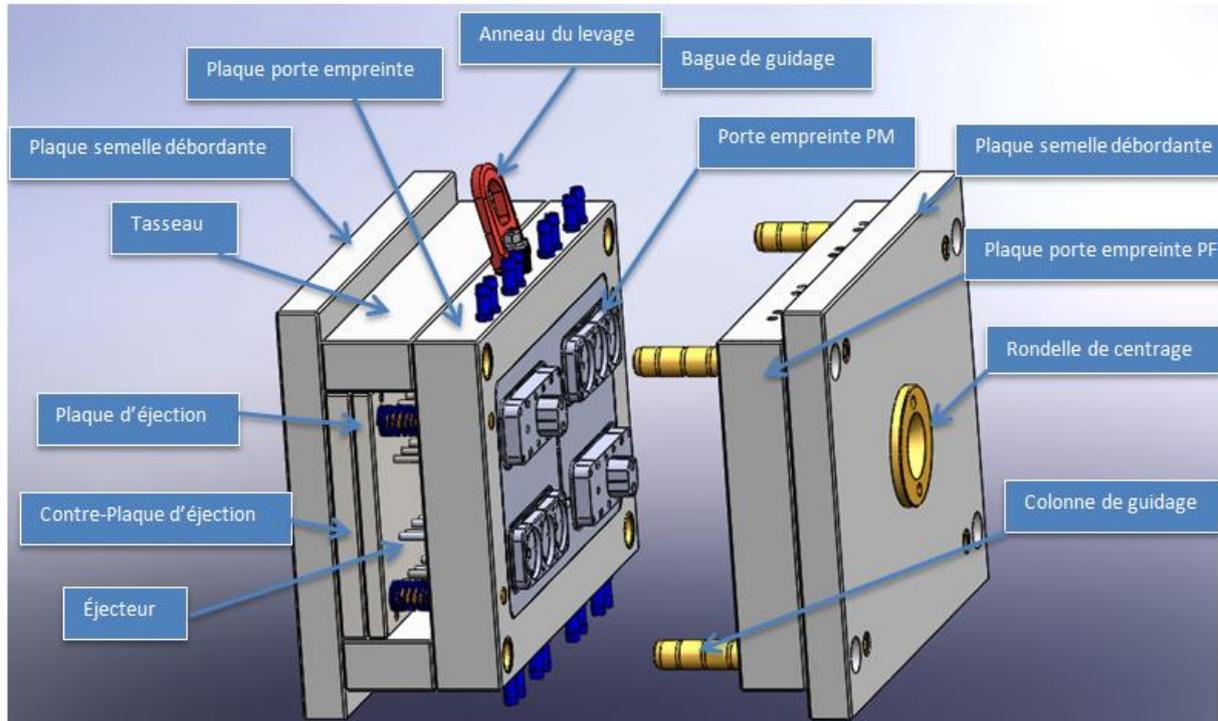


Figure III.2 : Vue en 3D du moule d'injection plastique.

#### 4. Conception et choix du moule d'injection plastique :

Parfois le prix du moule avoisine ou peut dépasser celui de la machine, pour cette raison, on doit respecter le choix de ses différents paramètres pour sa réalisation [13].

##### 4.1. Dimensionnement et choix de machine :

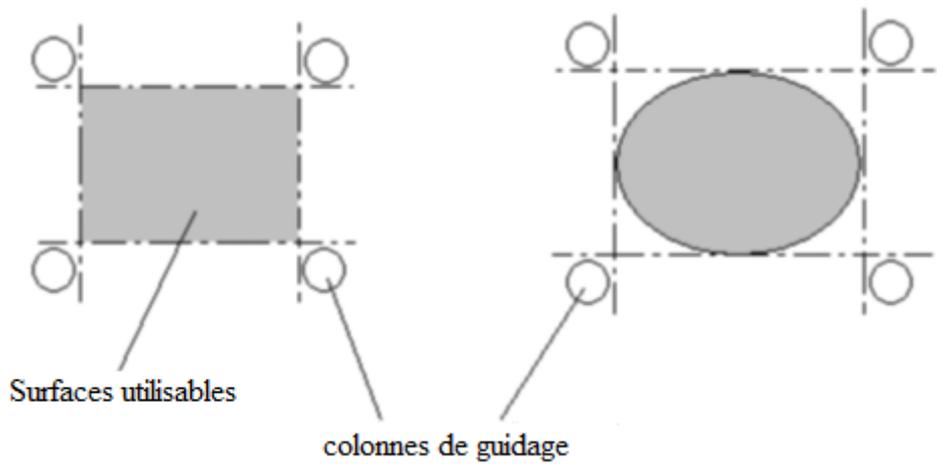
La grandeur du moule dépend principalement de la machine. Le constructeur est souvent soumis au handicap que représente la grandeur de la machine existante. Parmi ces handicaps, nous citerons à titre d'exemple:

- Le volume injecté comme quantité, devait être transporté par la course de la vis piston vers l'empreinte.
- La capacité de plastification qui est la quantité de matière plastique à préparer pour obtenir une matière moulable.
- Le verrouillage de l'unité de fermeture doit résister à la puissance maximale due à la tension interne dans l'empreinte.
- La surface de montage qui résulte de passage entre colonnes [13].

**4.2. Le nombre et la disposition des empreintes : [16]**

Le nombre d'empreintes est en fonctions de trois critères, qui sont :

- La capacité d'injection de la machine ;
- Critère techniques (distance entre colonnes de guidage) ;
- Critères économiques (le cout, délai de livraison, ... etc.).



**Figure III.3 :** Nombre d'empreintes en fonctions de critère techniques et économiques.

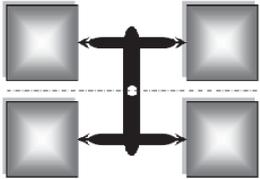
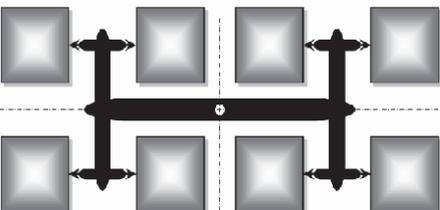
➤ **Disposition des empreintes dans le plan de joint :**

C'est des aspects les plus importants de la conception des moules à empreintes multiples, les règles élémentaires à respecter sont :

- Grouper les empreintes dans un cercle ayant pour centre la carotte
- Le remplissage des empreintes doit être simultanées et températures identiques
- Les canaux d'alimentation seront toujours les plus courts possibles
- Prévoir suffisamment de place entre les empreintes pour la régulation ainsi que l'éjection
- L'épaisseur des parois entre les différentes empreintes doit être suffisante pour éviter les déformations dues à la pression dans l'empreinte.

**Tab (III.1) :** Disposition des empreintes dans le plan de joint [6].

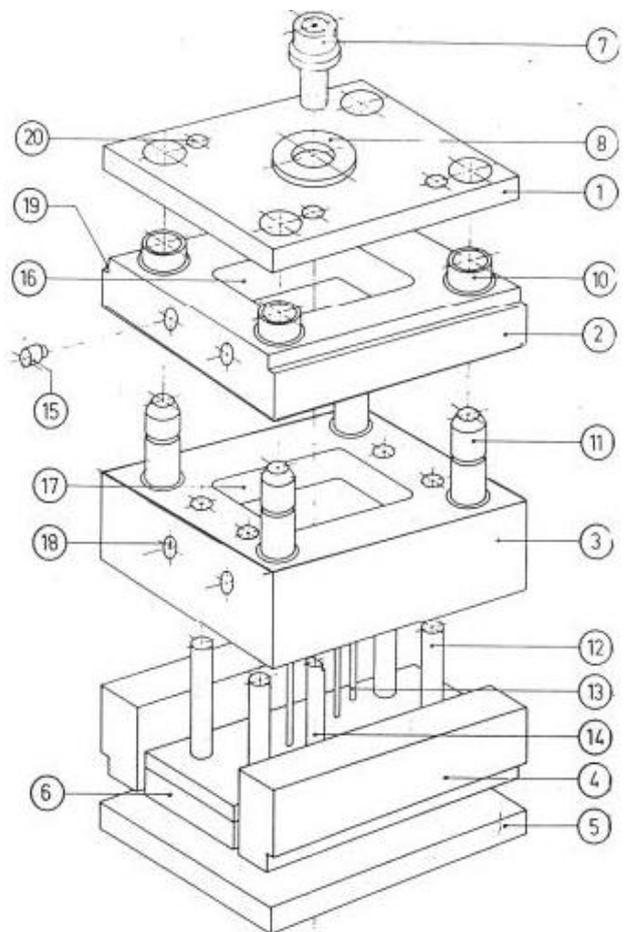
Répartition	Avantages	Inconvénients
<p><b>Répartition en étoile</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Même longueur d'écoulement vers toutes les empreintes</li> <li>- Disposition favorable pour démoulage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le nombre d'empreintes a placé est limité</li> </ul>

<p><b>Répartition en lignes</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Placement d'un nombre plus élevé d'empreintes qu'avec la répartition étoile</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Différentes longueurs d'écoulement jusqu'aux empreintes</li> </ul>
<p><b>Répartition symétrique</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Même longueur d'écoulement jusqu'aux empreintes, pas de reprise du seuil d'injection nécessaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grand volume de carotte</li> <li>- beaucoup de perte</li> <li>- refroidissement trop rapide de la matière à mouler</li> </ul>

4.3. Architecture du moule :

4.3.1. Terminologie :

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



- Batterie d'éjection
- Guidage moule

Figure III.4 : Vue éclatée d'un moule d'injection.

#### 4.3.2. Eléments standards :

- **La buse moule:** permet le passage de la matière du fourreau vers l'empreinte.
- **La rondelle de centrage:** Permet le centrage du moule sur les plateaux de la machine (presse), dans le but de centrer la buse moule à la buse machine.
- **Plaque arrière côté injection:** Permet de fixer la rondelle de centrage, la buse moule et les bagues de guidage, ainsi que le bridage.
- **Bague de guidage:** Permet le guidage des colonnes de guidages.
- **Plaque porte empreinte côté injection:** Permet la fixation de la bague de guidage, contient le circuit de régulation de température.
- **Colonnes de guidage:** Permet de guider la partie mobile PM sur la partie fixe PF pour aligner parfaitement l'empreinte.
- **Plaque porte empreinte côté éjection:** Permet la fixation des colonnes de guidage, contient le circuit de régulation.
- **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.
- **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.
- **Tasseaux d'éjection :** Permet d'obtenir une course optimum de la batterie d'éjection.
- **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.
- **Batterie d'éjection:** Permet la translation des arraches carottes, 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.

### 4.3.3. Les différentes familles des moules :

On trouve plusieurs architectures différentes des moules et parmi les modèles les plus utilisés, on cite quelques exemples :

#### 4.3.3.1. Moule à deux plaques (injection directe): [17]

Ce type de moule présente une architecture très simple. Il est privilégié en termes de coût de fabrication et d'entretien.

Ce mode d'injection est utilisé pour des moules mono et multi empreintes produisant des pièces de grandes dimensions. La carotte est contenue dans le volume tronconique de la buse d'injection par lequel le polymère fondu transite directement de la buse de la machine vers la cavité.

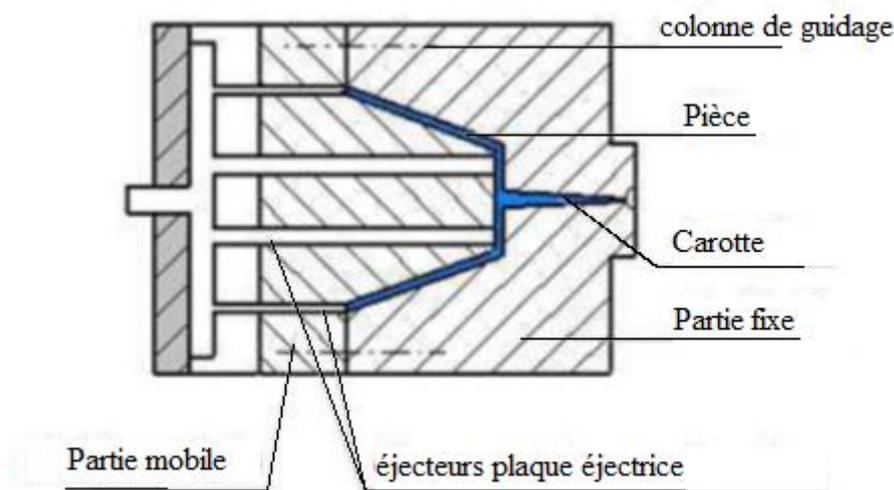


Figure III.5 : Exemple de moule à deux plaques (moule standard).

#### 4.3.3.2. Moule à trois plaques: [17]

Ce type de moule est essentiellement utilisé pour des pièces encombrantes multi seuils, nécessitant un décarottage automatique et un gain de temps. C'est en fait un moule à deux plaques, modifié par une plaque centrale entre les plaques mobile et fixe de la presse.

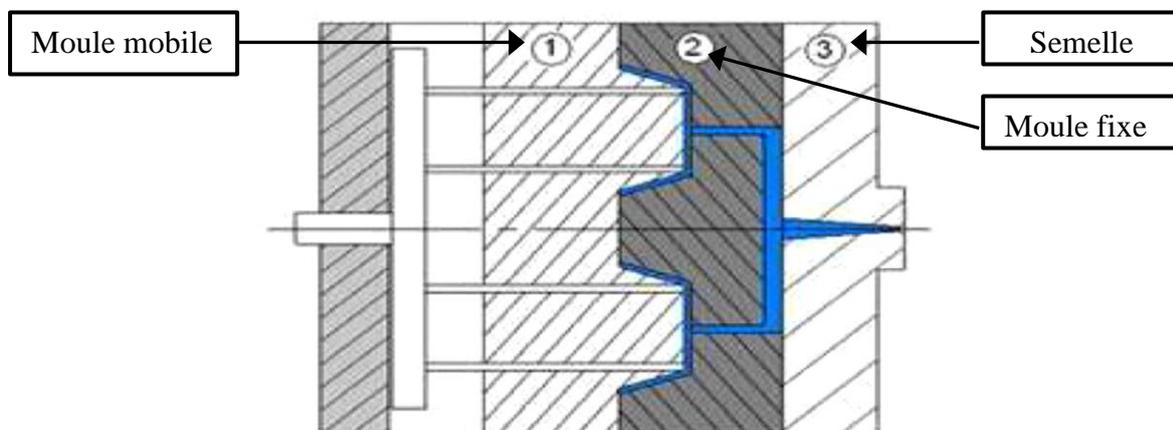


Figure III.6 : Moule à trois plaques.

#### 4.3.3.3. Moule à tiroirs : [17]

Ce moule permet de sortir des pièces offrant des parties en contre-dépouille, différents plans de joint ou des trous. Le tiroir se retire à l'ouverture de la partie mobile pour permettre l'éjection de l'injection.

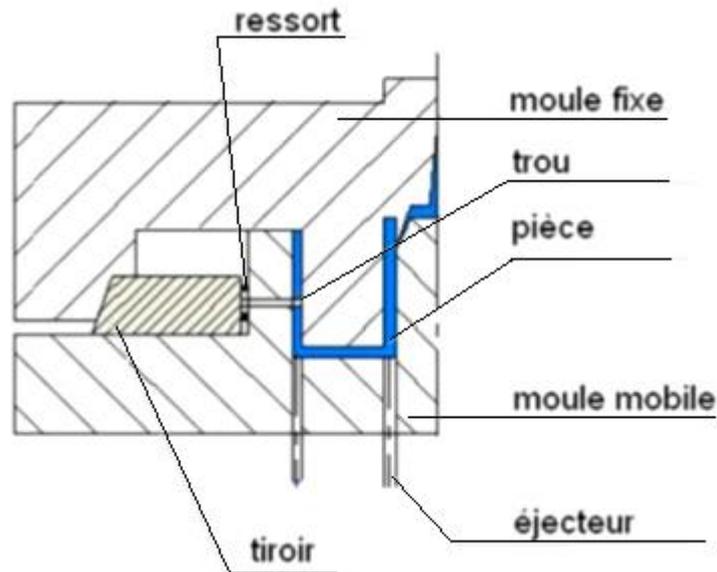


Figure III.7 : Moule à tiroirs.

#### 4.3.3.4. Moule à coquilles : [17]

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. Les phases d'ouverture de ce type de moule sont similaires à celles du moule à trois plaques, les sens d'ouverture par contre les différencient.

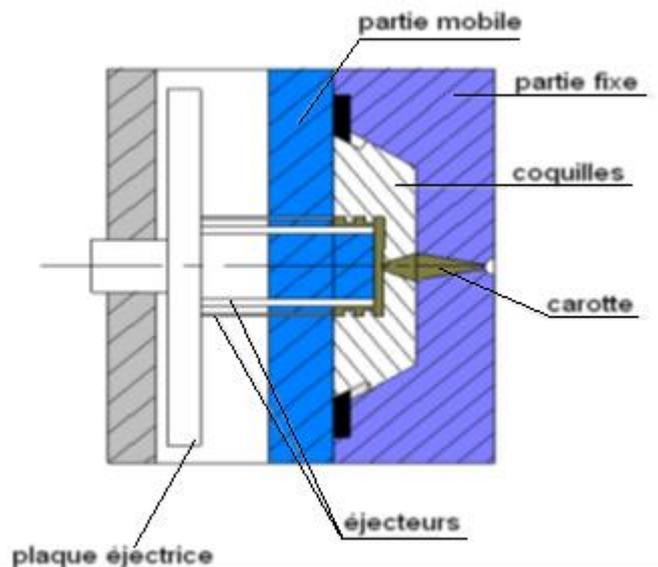


Figure III.8 : Moule à coquille.

#### 4.3.3.5. Moule à canaux chauffants : [17]

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

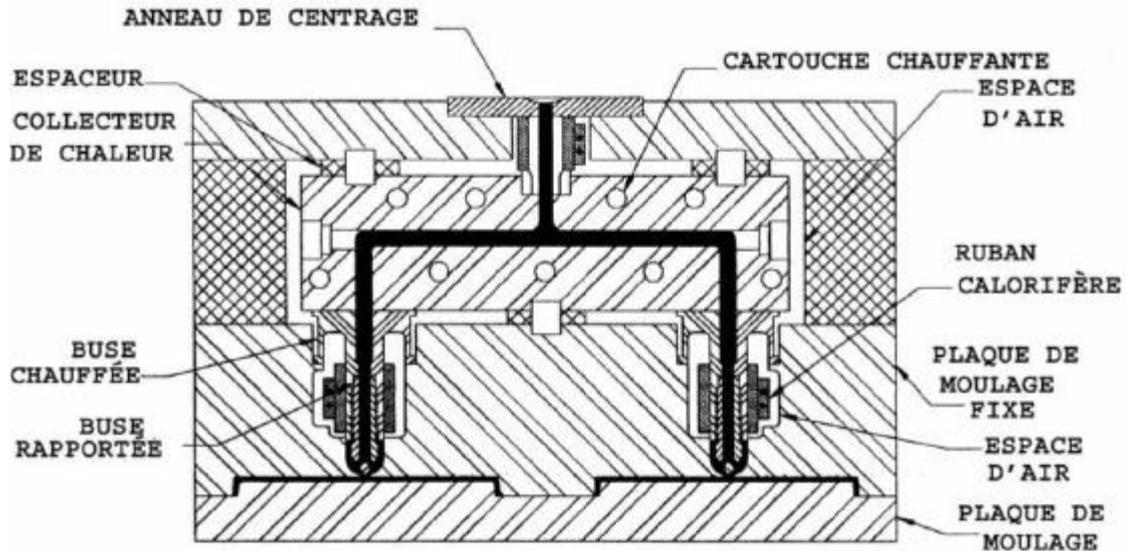


Figure III.9 : Moule à canaux chauffants [17].

#### 4.4. Alimentation du moule:

L'injection de la matière plastique, à l'état visqueux, vers l'empreinte est assurée à partir de la buse du moule par un réseau de canaux et on peut distinguer deux façons d'alimentation:

Pour économiser la matière et faciliter son écoulement on applique la formule suivante pour la détermination de la section des canaux d'alimentation [18].

$$S = K \cdot M \cdot L$$

S = Section du moule (m<sup>2</sup>)

K = Viscosité de la matière (m/kg)

M = Masse de la pièce (kg)

L = Longueur du canal

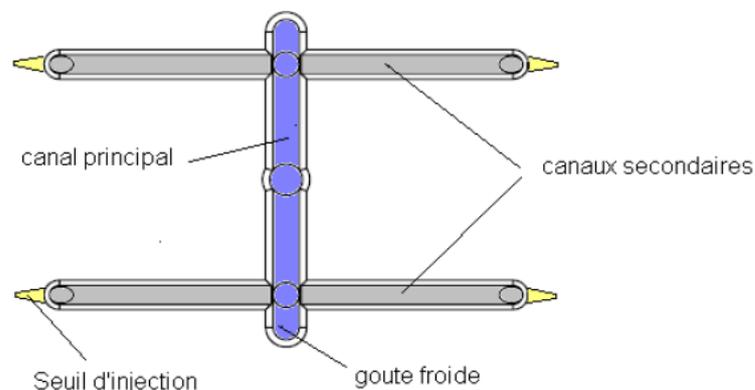


Figure III.10 : Représentation d'un système d'alimentation.

#### 4.4.1. Système d'alimentation du moule :

##### 4.4.1.1. Rôle du système d'alimentation :

Le rôle du système d'alimentation doit répondre aux critères suivants :

- Matière à mouler entraînant le moins possible la formation de ligne de soudure.
- Moindre gêne pour le flux de matière.
- Moindre sollicitation du poids total d'injection.
- Démoulage facile de la pièce injectée.
- Longueur de canal la plus courte possible, afin de limiter les pertes de pression, de température et de matière.
- Section assez grande afin de permettre une pression de maintien efficace pendant tout le temps de solidification.
- L'injection ne doit, dans la mesure du possible pas influencer le temps de cycle.
- Liaison avec la plus grande épaisseur de parois de la pièce injectée.

##### 4.4.1.2. Composition du système d'alimentation

Dans les moules à plusieurs empreintes, le système d'alimentation est composé d'un canal principal, des canaux secondaires et des seuils d'injection. Le canal principal doit se prolonger au-delà du point de dérivation du canal secondaire pour constituer un puits à goutte froide. Il faut réduire au maximum la longueur des canaux pour diminuer les pertes de charges.

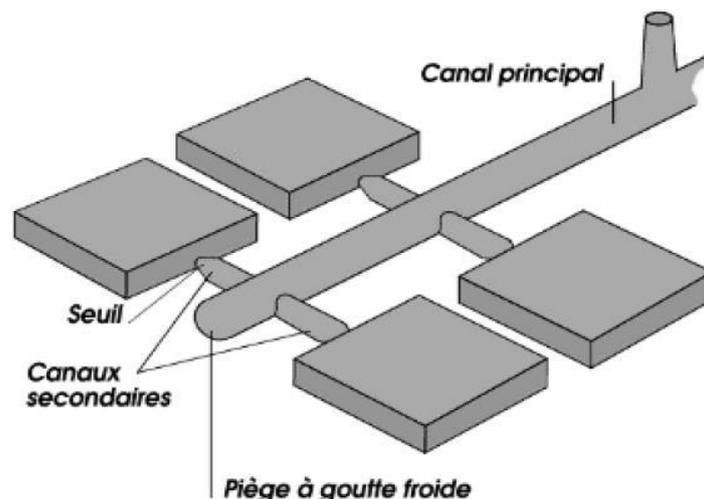


Figure III.11 : Composition d'un système d'alimentation.

Plus de détails sur les composants du système d'alimentation :

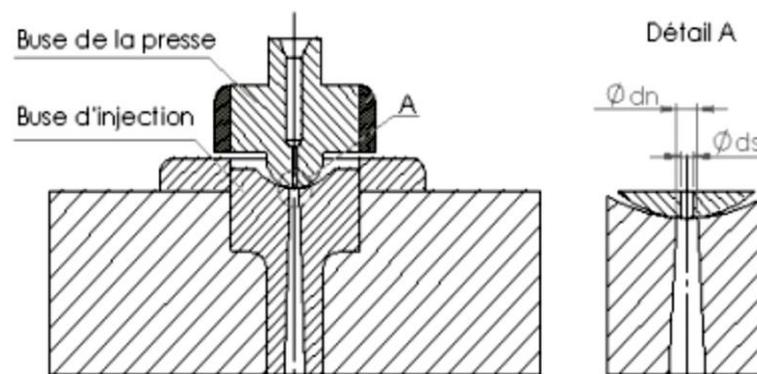
### a. Les canaux principaux et secondaires :

Ils assurent le passage de la fondue du pied de buse jusqu'au seuil. Ce sont des éléments généralement longs et donc susceptibles d'être la source d'une importante perte de charge. La forme théorique la plus propice est la forme parabolique ou trapézoïdale [13].

### b. La buse :

Elle supporte l'appui du nez de presse. L'étanchéité à ce niveau doit être parfaite. Le contact se fait plus souvent selon deux rayons. Le rayon de la buse du moule étant supérieur par rapport à celui du nez de presse. Le canal de la buse de presse doit être cylindrique et inférieur au début de la cheminée du moule. Un éjecteur central court avec contre dépouille est souvent placé au bas de la cheminée. Il permet de recevoir la goutte froide et le maintien de la grappe en partie mobile [19].

- Contact plan : rarement utilisé nécessité de grande pression de contact.
- Contact courbé : plus souvent utilisé pour un meilleur contact.
- $d_n \geq d_s + 1$ .



**Figure III.12 :** Contact courbé entre buse de la presse et buse d'injection [9].

Afin d'extraire la carotte de la buse lors de l'ouverture du moule, il faut :

- Une cheminée de forme conique est croissante.
- Sans aspérités, la cheminée doit avoir une conicité de 4° environ (8%).
- Rayon Buse Moule > Rayon Buse Presse pour éviter les bavures.
- Diamètre de base > Largeur canal primaire ou épaisseur maxi de la pièce.

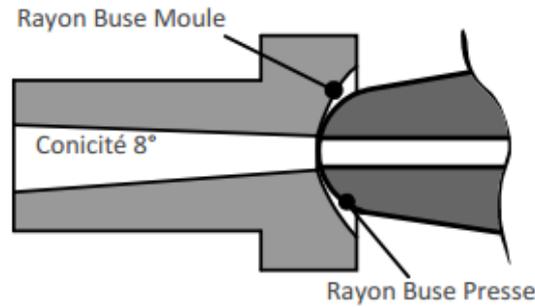


Figure III.13 : Contact courbé entre buse de presse et buse d'injection.

### c. La carotte :

La carotte conduit la matière plastique depuis l'orifice d'entrée du moule jusqu'au plans de joint. Elle est perpendiculaire aux plans de joint.

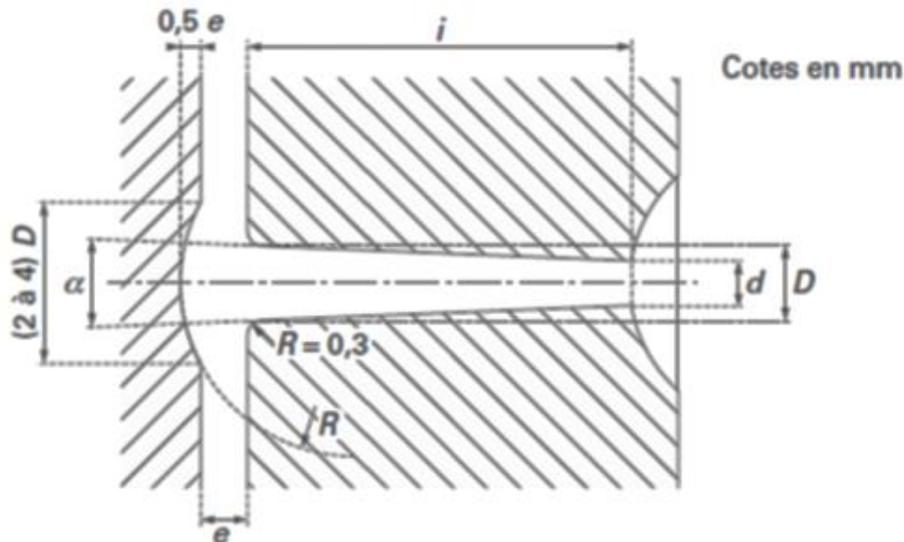


Figure III.14 : Réalisation de la carotte.

$$d = e_{max} + 1.5 \text{ mm}$$

$$i_{max} = (15 \text{ à } 20) d$$

$$\alpha = 2 \text{ à } 4^\circ$$

### d. Le seuil d'injection :

Les seuils d'injection relient la pièce aux canaux de distribution. Sa forme, sa grandeur, son emplacement sont soumis à de nombreuses exigences [18].

Comme :

- la géométrie et la taille du produit moulé.
- son esthétique.
- le mode de remplissage.
- les propriétés mécaniques prédéfinies du produit.
- le sens de démoulage ainsi que les caractéristiques de la matière utilisée.

### e. Goutte froide :

Quantité de polymère refroidi qui peut se former dans le nez entre les injections.

Si elle n'est pas prise en compte dans la conception du système d'alimentations, la goutte froide peut bloquer le point d'injections. Pour éviter que les points d'injections soient bloqués, vous pouvez ajouter au système d'alimentations un piège à goutte froide.

#### 4.4.2. Les différents types d'alimentation :

##### a. Injection capillaire :

###### Utilisation :

- Le profil du seuil capillaire est tubulaire, carré, ou rectangulaire. Ce seuil peut être représenté dans la face frontale ou latérale de l'empreinte.
- Moule multi-empreintes avec injection centrale.

###### Avantages :

- Décarottage automatique.
- Faible trace sur la pièce.
- Remplissage correcte.

###### Inconvénients :

- Uniquement pour les matières fluides.
- Perte élevée à cause de volume de la carotte.
- Coût du moule élevé.

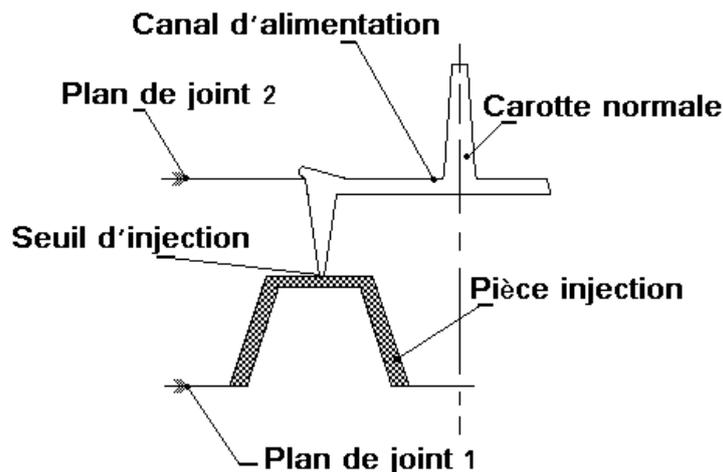


Figure III.15 : Injection capillaire.

##### b. Injection à carotte directe : [20]

Les carottes directes sont employées le plus souvent avec des canaux chauds, ainsi que sur les prototypes. Cette méthode consiste à aligner la cavité avec la carotte ou sous le canal chaud. Elles sont utilisées pour les matières à mouler sensibles à la température visqueuses et pièces à parois épaisses de haute valeur technique. Elles présentent des avantages et des inconvénients :

###### Avantages

- Bonne qualité.
- Bonne stabilité dimensionnelle.
- Phase de maintien efficace.

###### Inconvénients

- Usinage après arrachage de la carotte.
- Point d'injection visible.
- Décarottage mécanique.

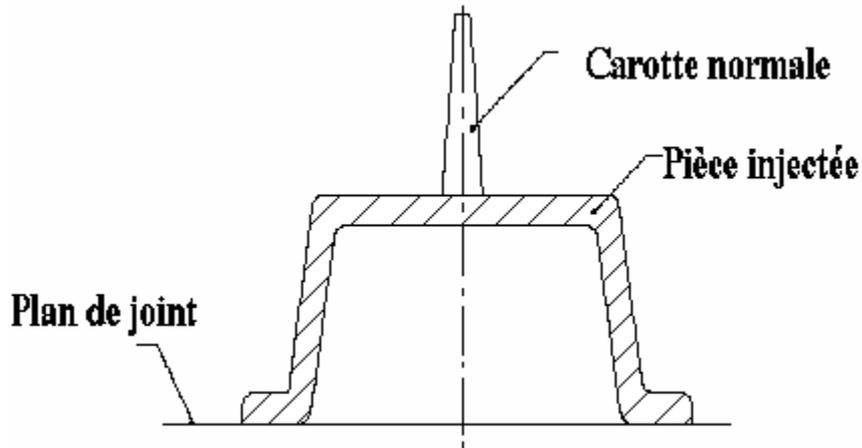


Figure III.16 : Injection à carotte directe.

**c. Injection en sous-marin**

Utilisé avec des systèmes multi empreintes pour produire des petites pièces en matériaux amorphes avec seuil latéral, et dans un but de d'égrappage automatique.

**Avantages**

- D'égrappage automatique
- l'une des méthodes les plus employées car ils se détachent d'eux-mêmes

**Inconvénients**

- Lignes de soudure
- grosse perte de pression
- Phase de maintien peu efficace.

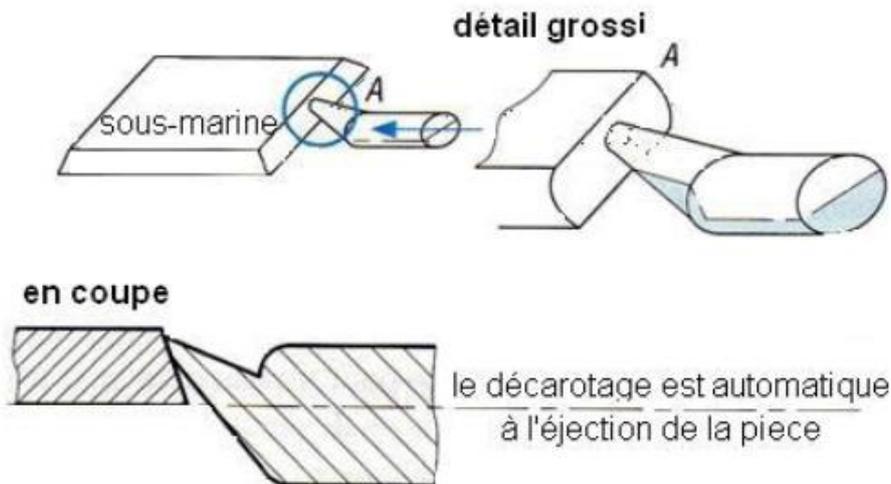


Figure III.17 : Injection en sous-marin.

**d. Injection en nappe :**

Pour l'injection de pièces plates ou de grandes surfaces qui doivent présenter un voilage minimal. Elles sont utilisées comme plaques ou baquettes.

**Avantages**

- Pas de ligne de soudure.
- Bonne qualité.
- Bonne stabilité dimensionnelle.

**Inconvénients**

- Esthétisme.
- Usinage après arrachage de la carotte.
- Opération de reprise.

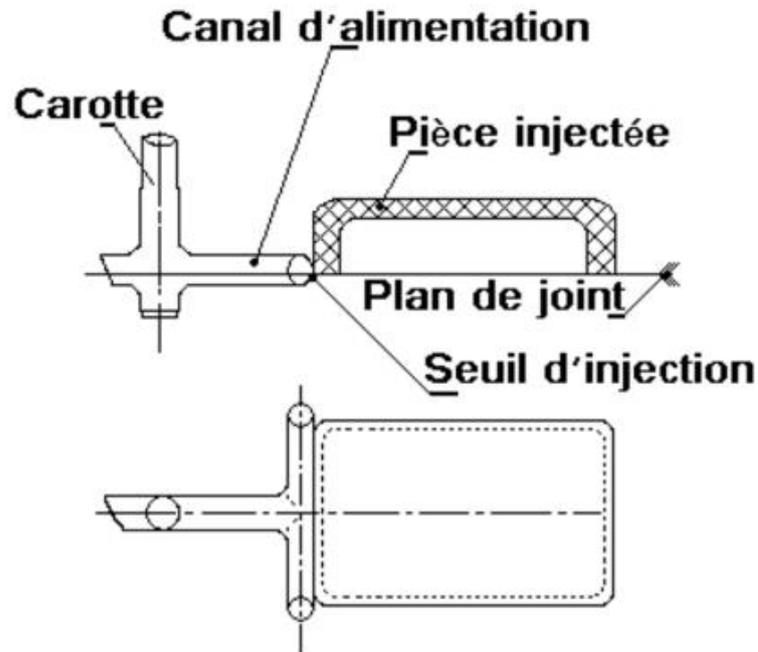


Figure III.18 : Injection en nappe.

**e. Injection annulaire :**

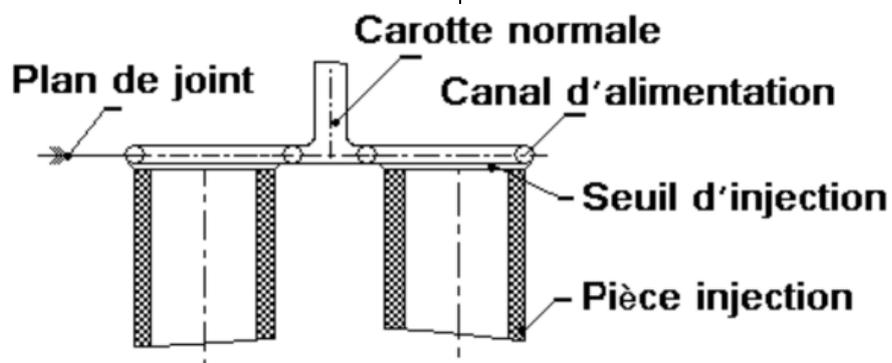
Pièces en forme d'anneaux ou coquilles avec emplacements latéraux.

**Avantages**

- Même épaisseur de parois en circonférence.
- Remplissage uniforme de l'empreinte.
- Pas de lignes de soudure.

**Inconvénients**

- Usinage après arrachage de la carotte.
- Opération de reprise pour enlever la carotte.



**Injection annulaire**

Figure III.19 : Injection annulaire.

#### 4.4.3. Différents formes des canaux d'alimentation :

La forme et le diamètre des canaux d'alimentation sont des facteurs importants dans la réussite de la conception des moules car ils sont placés directement dans la plaque du moule, leur température correspond donc à celle du moule, d'où l'appellation de canaux isothermes. La matière contenue dans le canal d'alimentation se solidifie avec le refroidissement de la pièce et doit être démoulée comme la pièce après chaque injection.

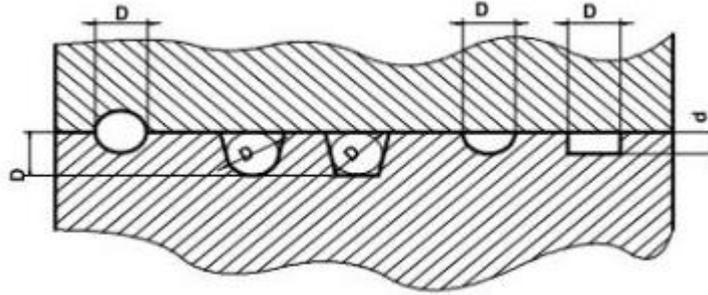


Figure III.20 : Différents formes des canaux d'alimentation.

##### a. Canaux circulaires :

Ils garantissent un débit maximal de matière et un temps de refroidissement moyen. L'état de surface doit être de bonne qualité pour réduire les pertes de charge.

##### Avantages :

- C'est le canal le plus performant, il offre une section d'écoulement maximale pour un périmètre minimal.

##### Inconvénients :

- Usinage sur 2 plaques du moule. Cependant avec les machines à commande numérique cet inconvénient disparaît.
- Utilisation difficile avec les moules 3 plaques.
- Impossibilité dans le cas de canaux sous chariot.

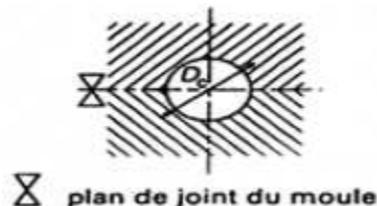


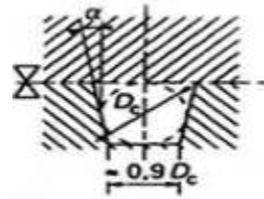
Figure III.21 : Canaux à section circulaire.

##### b. Canaux semi-circulaires :

Facilement usinable, ces solutions favorisent les pertes de chaleur et donc un refroidissement plus important et elle a un mauvais écoulement.

**c. Canaux à section trapézoïdale :**

Ils garantissent un débit moyen et un refroidissement plus rapide



∞ plan de joint du moule

**Figure III.22 :** Canaux à section trapézoïdale.

**Avantage :**

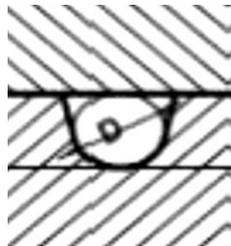
- Usinage sur une seule plaque.
- Utilisation avec les moules 3 plaques.
- Outil spécial plus facile à affûter.

**Inconvénients :**

- Perte de matière par rapport au canal rond.
- Obligation d'utilisation d'outil non-standard.

**d. Canal parabolique :**

C'est un type qui se rapproche le plus du canal circulaire plus dépouille pour déporter le plan de joint.



**Figure III.23 :** Canaux à section parabolique.

**Avantage :**

- Usinage sur une seule plaque.
- Utilisation avec les moules 3 plaques.
- Idéal pour le choix de canaux sous chariot.

**Inconvénients :**

- Difficulté pour la réalisation de l'outil spécial : affûtage délicat.
- Obligation d'utilisation d'outil non standard.
- Perte de matière par rapport au canal rond.

#### 4.5. Systèmes de refroidissement :

Le processus de moulage par injection des thermoplastiques en fusion est toujours suivi d'un refroidissement avant éjection.

Le système de refroidissement est formé d'un circuit d'eau fermé et intégré à l'intérieur du moule. Le refroidissement (à eau) est réglé suivant les caractéristiques thermiques de la matière plastique [23].

##### 4.5.1. Circuit de refroidissement :

L'échange thermique entre le plastique injecté et le moule est un facteur décisif dans les performances économiques d'un moule d'injection. La chaleur doit être extraite du matériau thermoplastique jusqu'à ce qu'il ait atteint l'état stable recherché pour pouvoir être démoulé. Le temps total de refroidissement intègre la séquence de compactage, même si celle-ci est décomptée séparément, puisque le matériau injecté échange de l'énergie avec le moule dès qu'il est en contact avec la surface moulante. L'énergie calorifique qu'il faut extraire dépend :

- Du mélange plastique (température, masse, chaleur spécifique).
- De la température de démoulage.

##### 4.5.2. Description du circuit de refroidissement :

Le système de refroidissement peut être un simple circuit linéaire ou en spirale. Pendant le refroidissement, la pièce peut subir une déformation ou un gauchissement dû à une différence de vitesse de refroidissement suivant la partie du moule. Cette déformation peut être supprimée par une variation de température.

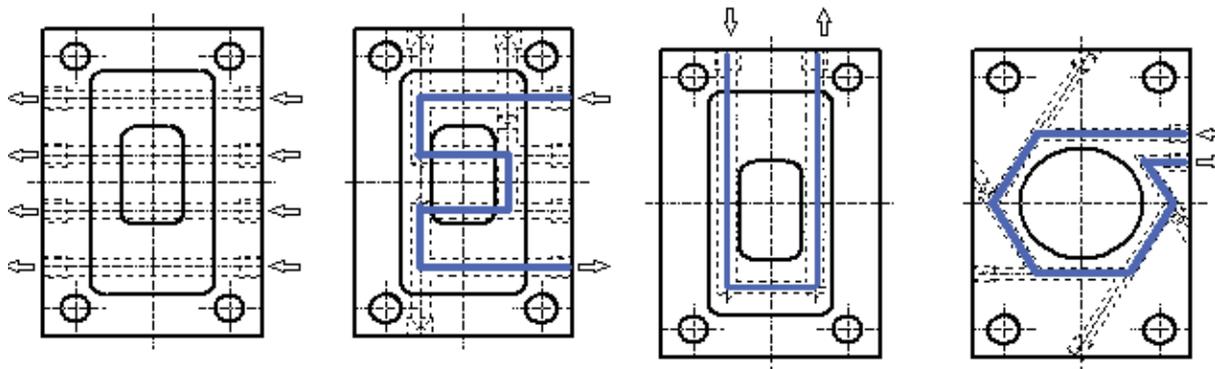


Figure III.24 : Circuit de refroidissement des plaques de moules.

##### 4.5.3. Les canaux refroidissement :

On refroidit les moules par rapport à la température d'injection du polymère, on perce des trous pour faire circuler un liquide de refroidissement. Les diamètres couramment utilisés vont de  $\varnothing 6$ ,  $\varnothing 8$ ,  $\varnothing 10$ ,  $\varnothing 12$  au-delà des diamètres créés un flux laminaire néfaste à l'absorption des calories. L'importance du standard des raccords de raccordement peut aussi jouer sur le dimensionnel.

Le choix du diamètre dépend de l'épaisseur de la paroi des pièces pour cela aussi le tableau (III.2) est recommandé [16].

Tab (III.2) : Choix du diamètre des canaux de refroidissement.

Épaisseur en [mm]	Diamètre en [mm]
≤ 2	6 à 10 mm
2 à 4	10 à 12 mm
4 à 6	12 à 15 mm

#### 4.5.4. 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.

$$Tr = \frac{e^2}{\pi^2 D} \ln \left[ \frac{8}{\pi^2} \left( \frac{Ti - Tm}{Te - Tm} \right) \right]$$

Tr : temps de refroidissement (sec) ;

D : diffusivité thermique de la matière injectée (mm<sup>2</sup>/s) ;

Ti : température d'injection (°C) ;

Tm : température du moule (°C) ;

Te : température d'éjection (°C) ;

e : épaisseur de la pièce (mm) ;

#### 4.5.5. Temps de cycle :

La durée du cycle est essentiellement liée à la nature de la matière injectée, à la qualité des pièces à réaliser ainsi qu'aux vitesses de chauffe et de refroidissement. 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.).

#### 4.6. Le retrait :

Le retrait est la différence entre les dimensions de la pièce obtenue juste après le démoulage et les dimensions mesurées après refroidissement.

Le retrait se mesure entre 24 et 72 heures après le démoulage. Il détermine les dimensions réelles de la pièce. Son évaluation précise est toujours difficile quelque soit la matière plastique, car le retrait dépend :

- De la matière utilisée.
- Des conditions de mise en œuvre.
- De la forme de la pièce.
- Du circuit de refroidissement.

Le retrait augmente avec :

- L'augmentation de la pression d'injection ;
- La diminution de la section du seuil ;
- L'augmentation de l'épaisseur de la pièce ;
- L'augmentation de la température.

#### 4.7. Dégazage du moule :

Au cours du remplissage du moule, il y a nécessité d'évacuer l'air prisonnier dans l'empreinte du moule et ce grâce aux éjecteurs et au plan de joint.

Une évacuation insuffisante de l'air gêne le remplissage et peut même donner lieu à de carbonisations vu la température élevée de l'air lors d'une injection rapide pour un processus d'évacuation plus faible. Il est nécessaire de procéder à l'usinage d'évents supplémentaires qui peuvent être réalisés sur le plan de joint, sur les éjecteurs ou sur les parties rapportées dans le moule.

L'air est généralement évacué par le plan de joint, mais dans certains cas, il est nécessaire de procéder à l'usinage d'évents supplémentaires.

Une éventation mal conçue, lors d'une injection rapide, provoque une compression d'air considérable à l'intérieur de l'empreinte. Cette augmentation de pression peut conduire à :

- Un retardement du remplissage de l'empreinte.
- Une pression prématurée sur le polymère.
- Des brûlures de polymère (effet diesel).

L'effet diesel : c'est une auto-inflammation de l'air ou de gaz monomère n'ayant pas réussi à s'échapper du moule, provoquant sur les pièces des traces noires (matière carbonisée). Elles se trouvent en général :

- Proche des lignes de soudures.
- Dans les alvéoles borgnes.
- Sur les bords des pièces.

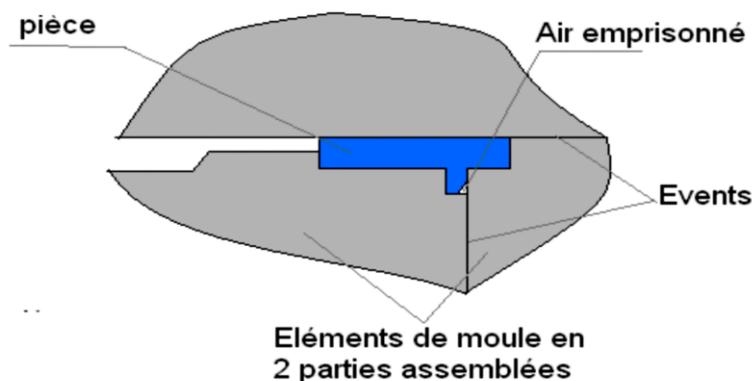


Figure III.25 : Events.

#### 4.8. Fixation du moule :

Le maintien en position du moule sur les plateaux fixe et mobile est assuré par vis ou brides.

#### 4.8.1. Fixation par vis :

##### Avantages :

Fixation très simple et fiable, il n'y a pas de besoin de cales (la plaque du moule faisant office de cales. Bonne accessibilité pour le serrage.

##### Inconvénients :

Les trous taraudés doivent avoir des entraxes identiques sur tous les plateaux de presses pour permettre l'interchangeabilité des moules.

#### 4.8.2. Bridage :

C'est aussi le procédé qui demande le plus de soin et d'attention lors du montage. En effet, il faut que la cale qui sert d'appui pour la bride soit de hauteur équivalente à la plaque du moule ou très légèrement supérieure. Sinon le bridage n'est pas solide et les vis risquent de se tordre. Il faut que la vis qui sert à bloquer la bride soit le plus près possible de l'objet à brider.

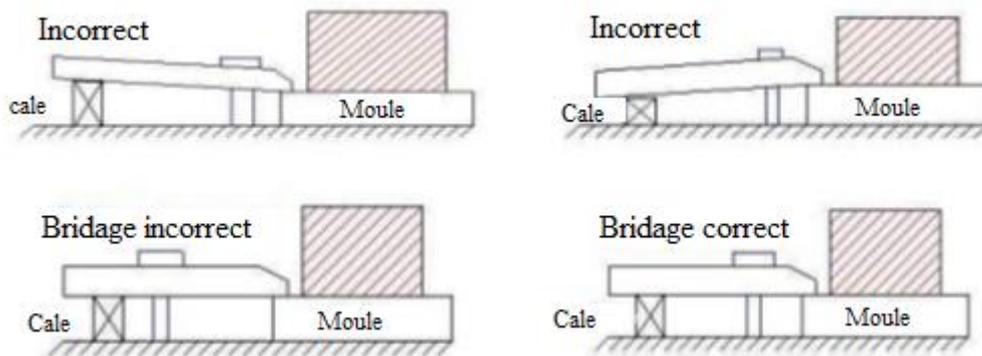


Figure III.26 : Bridage.

#### 4.9. Choix du plan de joint :

Le plan de joint est la surface qui libère la carotte à l'ouverture du moule et la surface de contact entre l'empreinte fixe et l'empreinte mobile.

On peut trouver un ou plusieurs plans de joint dans un moule. Les facteurs qui influent sur le nombre de plan sont :

- La géométrie de la pièce.
- Le nombre d'empreinte.
- Le type d'injection.
- Le principe de démoulage.

#### 4.10. L'éjection des pièces :

L'éjection des pièces, après refroidissement et ouverture du moule, doit être facilement réalisée, sans rupture de la pièce ou déformation permanente avant le refroidissement définitif.

#### 4.9.1. Types d'éjection : [9]

##### a. Ejection coté bloc mobile :

Sous l'effet du retrait, les pièces moulées se contractent sur les formes moulantes en saillie. Les noyaux sont montés du côté de la partie mobile.

##### b. Ejection de contre-dépouille :

Les contre-dépouilles sont placées de préférence du côté du bloc mobile. Les tiroirs animés d'un mouvement de translation sous l'action des doigts de démoulage dégagent les contre-dépouilles.

##### c. Éjection par dévêtis sage :

Les pièces avec des encastremets profonds placés du côté mobile sont éjectées par une plaque dévêtis sage. Le retrait peut bloquer la pièce dans le moule.

##### d. Ejection coté bloc axe :

Suivant la position du point d'injection, l'éjection par plaque de dévêtis sage peut être reportée sur la plaque fixe. Ce procédé est appelé également éjection inversée

##### e. Ejection annulaire :

Pour l'éjection des pièces comprenant des encastremets de petites dimensions, le dispositif d'éjection par plaque de dévêtis sage peut être accompagné d'un éjecteur annulaire.

#### 4.9.2. Choix des éjecteurs :

##### a. Ejecteurs cylindriques :

L'éjection par des éjecteurs cylindrique est la plus courante. Pour les petites dimensions afin de limiter les risques de flambage, on utilise des éjecteurs épaulés.

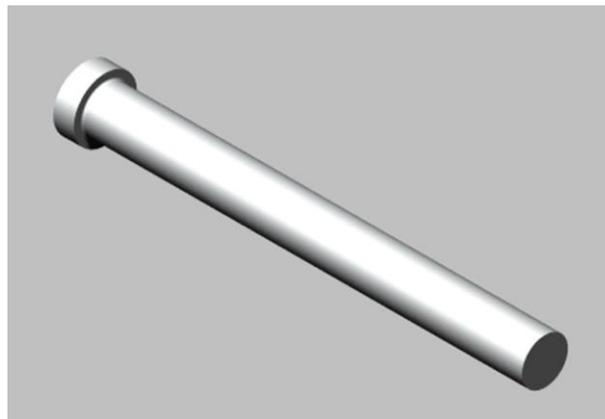


Figure III.27 : Ejecteur cylindrique.

##### b. Ejecteur à lame :

Les lames usinées ou rapportées permettent d'éjecter des pièces peu épaisses. Les éjecteurs à lame doivent être guidés pour éviter les risques de flexion ou de flambage.

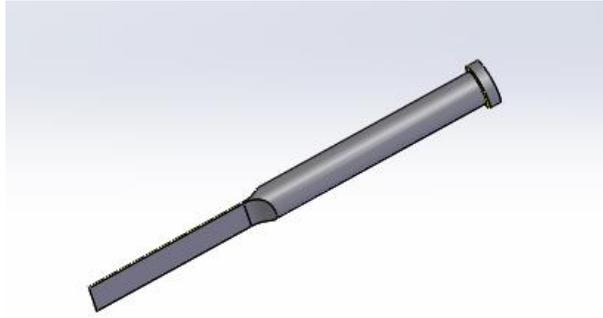


Figure III.28 : Ejecteur à lame.

**c. Ejecteur tubulaire :**

L'éjection tubulaire est employée pour les pièces présentant un encastrement assez profond. Un éjecteur tubulaire associé à une broche permet de réaliser facilement des trous ou formes en creux.

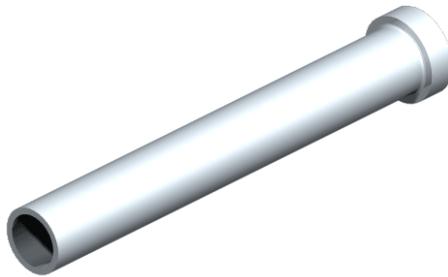


Figure III.29 : Ejecteur tubulaire.

**d. Ejection des carottes :**

Au cours de chaque cycle d'injection, la carotte accrochée aux canaux d'alimentation doit être dégagée de la buse du moule. Mais elle a tendance à adhérer au conduit tronconique. La solution retenue consiste à laisser la carotte sur la grappe démoulée avec les canaux [9].

**e. Ejecteur latéral :**

Dans le cas d'une éjection latérale, les dimensions des éjecteurs doivent être déterminées en fonction de l'épaisseur de la paroi et de la résistance de la matière [9].

Si :

- $e < 2,5$ ; éjecteur  $\varnothing 3$ .
- $e = 3$ ; éjecteur  $\varnothing 5$ .
- $e = 3$ ; éjecteur  $\varnothing 10$ .

## 5. Matériaux utilisés pour la fabrication des moules :

La carcasse d'un moule sera réalisée à partir d'éléments standards en acier prétraité ou traité, proposés par des fabricants comme: DME, HASCO, RABOURDIN,...; Pour les dimensions, se reporter aux catalogues correspondants.

Les exigences de plus en plus sévères auxquelles doivent satisfaire les outils utilisés pour la transformation des matières plastiques nécessitent la mise au point spécifique d'aciers à outils présentant des caractéristiques d'utilisation déterminées en fonction des différentes applications [11].

Les outils employés pour la transformation des matières plastiques sont essentiellement sollicités par des pressions et une usure importante. Certains types de matières plastiques peuvent également être à l'origine de sollicitations par corrosion [11].

Tab (III.3) : Choix des matériaux.

Matériaux	Observation	Emploi
C45 (XC48) Acier non allié	Acier mi-dur	Plaque éjectrice ; contre plaque éjectrice
C35 (XC38) Acier non allié	Acier mi-dur	Les vis CHC et H
105 W Cr6 Acier faiblement allié	Acier extra-dur Résistance à l'usure par frottement ; dureté élevée ; acier trempable ; travail à chaud	Buse, bague de guidage
S235 (E24) Acier à usage général	Acier ordinaire	Bague de centrage ; semelles mobile et fixe ; plaque de sécurité et tasseaux
36 Ni Cr Mo 16 (35NC D16) Acier faiblement allié	Bonne résilience ; résistant à la corrosion ; résistance mécanique à chaud	Ejecteurs ; empreintes mobile et fixe ; tige de rappel ; arrache carotte et goupille ; butée de course d'éjection
CC 493 K (Cu Sn 7Zn 4Pb7) Cuivre moulé	Inoxydable	Tétines
X 200 Cr12 (Z200C)	Résiste à la corrosion; inoxydable ; trempable	Colonnes de guidage ; tige de guidage
55Si 7 (55S7) Acier faiblement allié	Acier dur, Résiste à la flexion et la torsion	Ressorts de rappel
42 Cr Mo 4	Acier doux	Porte empreinte mobile et fixe

## 6. Présentation du sujet :

Une entreprise de fabrication des appareillages électriques et les accessoires se voit dans l'obligation d'améliorer certains produits, ainsi appliqué des modifications sur les anciens moules d'injection plastique.

Parmi ces produits, la multiprises simple sans câble, qui se compose de deux parties (supérieure et inférieure).

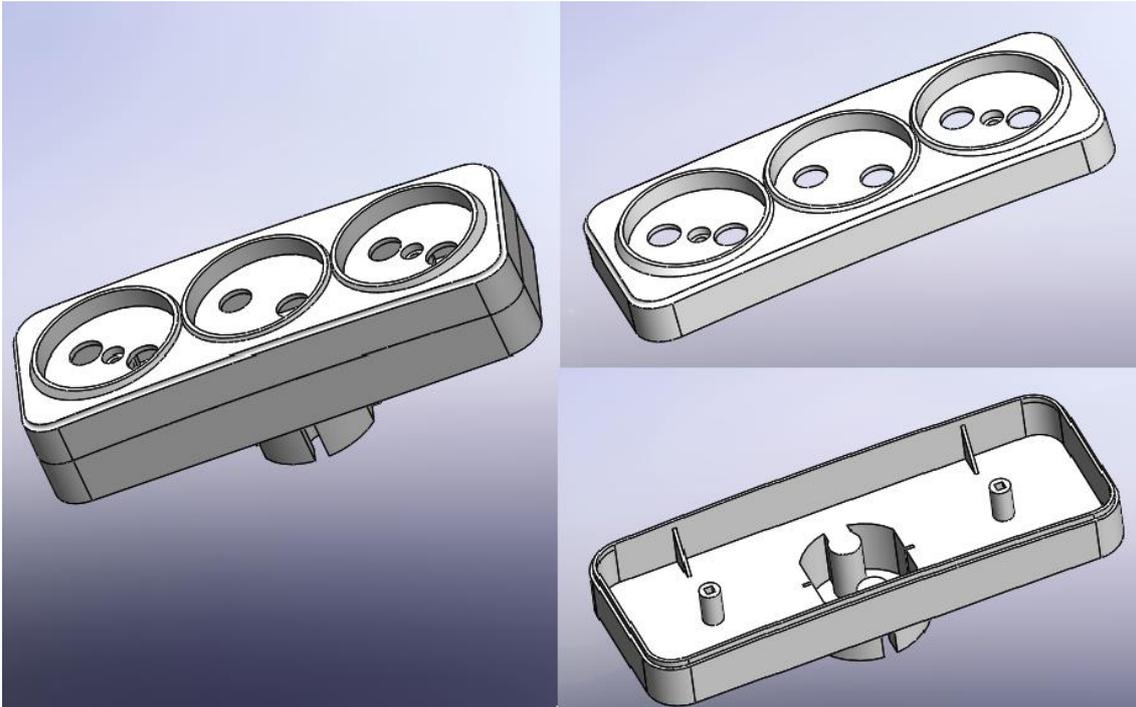


Figure III.30 : Présentation du modèle en 3D.

### 6.1. Travail demandé :

Le travail consiste en l'étude et la conception d'un moule à injection plastique d'une multiprises simple sans câble en ABS à multi-empreintes.

Notre travail se répartie en deux étapes :

#### 1. Conception du moule sur logiciel Solidworks :

Consiste à concevoir les empreintes de la pièce et toute la pièce du moule avec l'outil informatique sur logiciel Solidworks, et exécuter une simulation sur SolidWorks Plastics.

#### 2. Calcul et vérification dimensionnel :

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

## 7. Simulation de l'injection plastique avec SolidWorks Plastics :

Une simulation réaliste avec des applications poussées qui permettent à l'utilisateur d'étudier, 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 de la fiabilité des produits avant la réalisation de prototypes physiques aussi coûteux que chronophages.

### 7.1. SolidWorks Plastics :

SolidWorks Plastics regroupe toutes les fonctionnalités nécessaires pour la conception de pièces plastiques et moules par injection plastique. Dès les premières étapes du processus

de conception, SolidWorks Plastics permet d'optimiser la fabricabilité des pièces et des moules, tout en anticipant la conception du système d'alimentation, afin d'éviter les modifications coûteuses des moules. Avec ses fonctionnalités de simulation avancées, 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 [24].

### **Description :**

Le logiciel de simulation de moulage par injection plastique SolidWorks Plastics est capable de prévoir l'écoulement du plastique en fusion au cours du processus de moulage par injection, la méthode de fabrication utilisée pour produire plus de 80% des produits en plastique. La possibilité de prévoir l'écoulement du plastique permet d'anticiper les défauts de fabrication. Par ailleurs, SolidWorks Plastics peut simuler les déformations de pièces et prévoir le refroidissement optimal des moules, les paramètres de fabrication ou la matière plastique utilisée. SolidWorks Plastics permet de corriger, voire éliminer, les éventuels défauts, tout en faisant des économies d'énergie, de ressources naturelles, de temps et d'argent [24].

### **Pourquoi choisir SolidWorks Plastics ?**

Avec SolidWorks Plastics, nous disposerons d'une solution logicielle qui nous permet :

- D'éviter les modifications coûteuses des moules en créant et analysant des représentations des lignes de refroidissement ;
- D'améliorer la qualité des pièces plastiques et des moules ;
- De réduire les délais de mise sur le marché [24].

### **7.2.Exécution de la simulation :**

Après avoir fait le maillage du modèle (les deux composants de la pièce) qui sera traitée comme une empreinte de moule était réalisée, ainsi avoir dessiné les canaux d'alimentations et les équilibrés, aussi spécifie la matière correspondante (ABS) et introduit les caractéristiques techniques de la presse, on passe à l'exécution de la simulation.

La **Figure III.31** nous montre le maillage avec l'élément coque tétraédrique à quatre nœuds, trois degrés de liberté dans chaque nœud proposé par SolidWorks Plastics et la disposition des 4 multi-empreintes aussi les canaux d'alimentations avec seuils sous-marine.



Figure III.31 : La disposition des empreintes.

**7.3. Résultats de la simulation :**

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

Le **Tab (III.4)** nous présentent 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 les conditions du processus d'injection qui sont créés par SolidWorks Plastics.

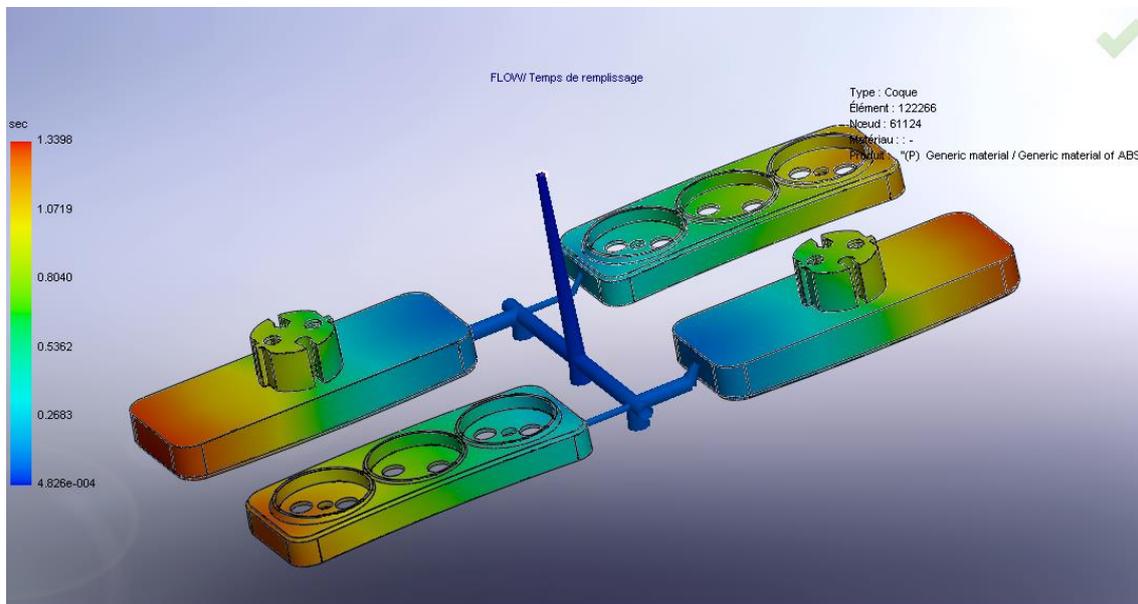
**Tab (III.4) :** Résultats de la simulation

Caractéristiques des empreintes et canaux d'alimentation	
Volume totale	98,94 cm <sup>3</sup>
Volume des canaux d'alimentations	8.24 cm <sup>3</sup>
Volume des empreintes	90.70 cm <sup>3</sup>
Poids des empreintes	99.95 g
Caractéristiques de la matière plastique utilisée	
Nom du groupe	ABS
Nom de matière	(P) Generic material / Generic material of ABS
Température de matière	230.00 °C
Température de Transition vitreuse	50.00 °C
Température d'éjection	90.00 °C
Conditions du processus d'injection	
Temps de remplissage	1.33 sec
Température d'Injection Matière Principale	230 °C
Température des parois du moule	50 °C
Température initiale de l'air dans la cavité	25 °C
Pression initiale de l'air dans la cavité	235 MPa
Pression d'injection Requise	128.85 MPa
Débit d'injection max. (machine)	194 cc/s
Temps de Refroidissement Moyen	5.8700 sec
Temps de Maintien de Pression	3.2 sec

#### 7.4. 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 de moulage 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 fondue. La **Figure III.32** montre des zones en bleues vertes et rouges, 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 au même temps parce que les canaux d'alimentations sont équilibrés.



**Figure III.32** : Temps de remplissage.

#### 7.5. Pression d'injection en fin de remplissage :

La pression de fin remplissage est 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 III.33** montre que la pression maximale se produit au point d'injection (127.59 MPa) et la pression minimale se trouve au niveau de la fin des deux empreintes de la partie inférieure du modèle (0 MPa)

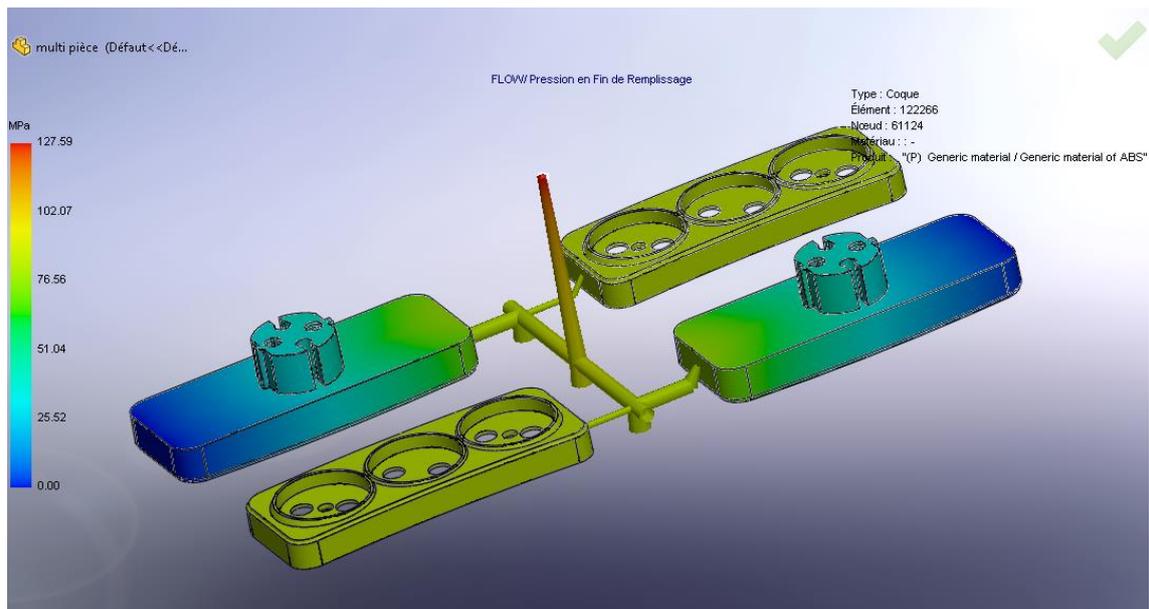


Figure III.33 : Pression d'injection en fin de remplissage.

### 7.6. Retrait volumique en fin de remplissage :

Le retrait volumique indique des zones potentiellement préoccupantes en pourcentage du volume original. Des taux de retrait élevés se produiront 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 (ABS) est 0.6%.

La **Figure III.34** montre que le retrait maximal en fin de remplissage est 9.82% sur les deux empreintes de la partie inférieure du modèle. Par contre le retrait volumique sur les deux autres empreintes est d'environ 3.7%.

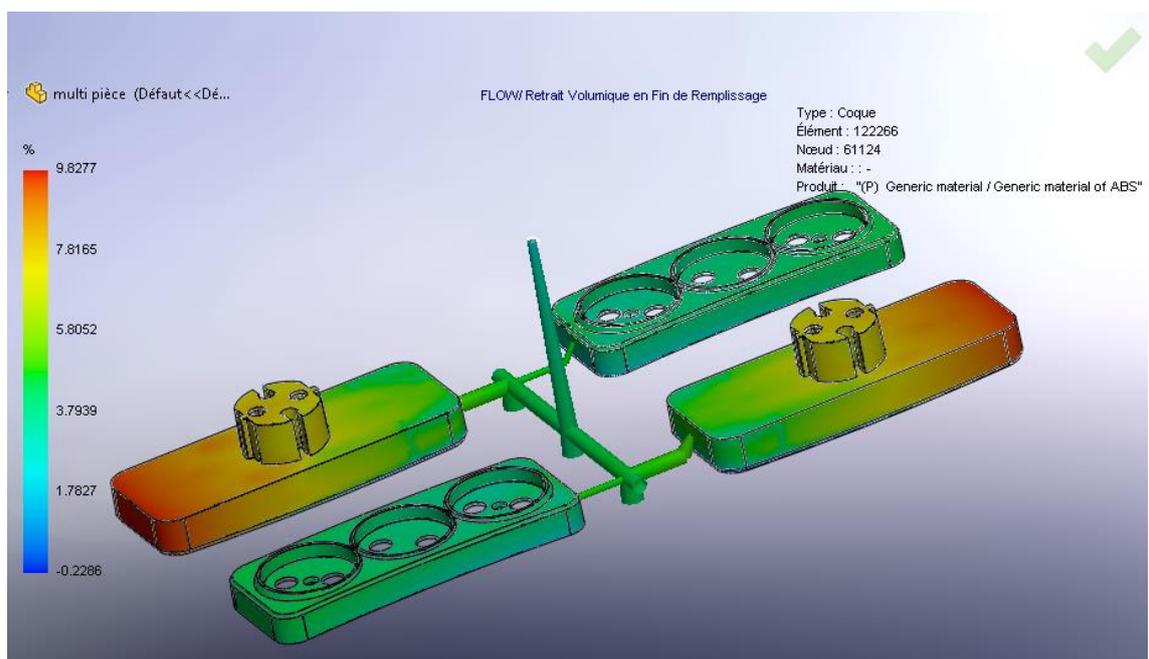
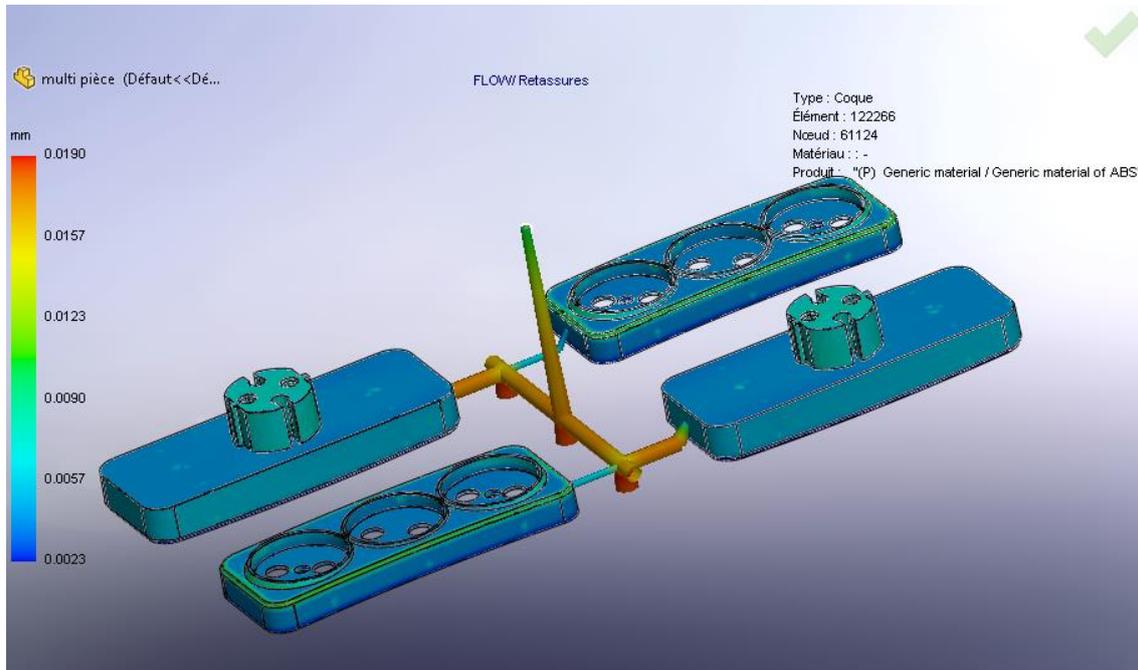


Figure III.34 : Retrait volumique en fin de remplissage

### 7.7. Les retassures :

Les retassures s'agissent d'un affaissement local des surfaces des zones épaisses du modèle. On les retrouve souvent derrière les nervures et bossages.

La **Figure III.35** nous montrons les concentrations des retassures sur les quatre pièces, on peut également noter que leurs concentrations sont presque négligeables dont la valeur maximale de ces retassures ne dépasse pas 0.012 mm.



**Figure III.35** : Concentration des retassures.

### 7.8. Les lignes de soudure :

Les lignes de soudure se forment lorsque deux ou plusieurs fronts d'écoulement du plastique fondu se rejoignent et elles peuvent être causées par les surfaces d'obturation du moule, les caractéristiques du noyau du moule ou les variations d'épaisseur de la paroi qui provoquent une promotion ou une hésitation du front d'écoulement. Les lignes de soudure sont inévitables dans les pièces comportant des trous traversant.

La **Figure III.36** montre quelque ligne de soudure placé aux points de rencontre de la matière plastique, ou bien sous l'effet des trous traversant.

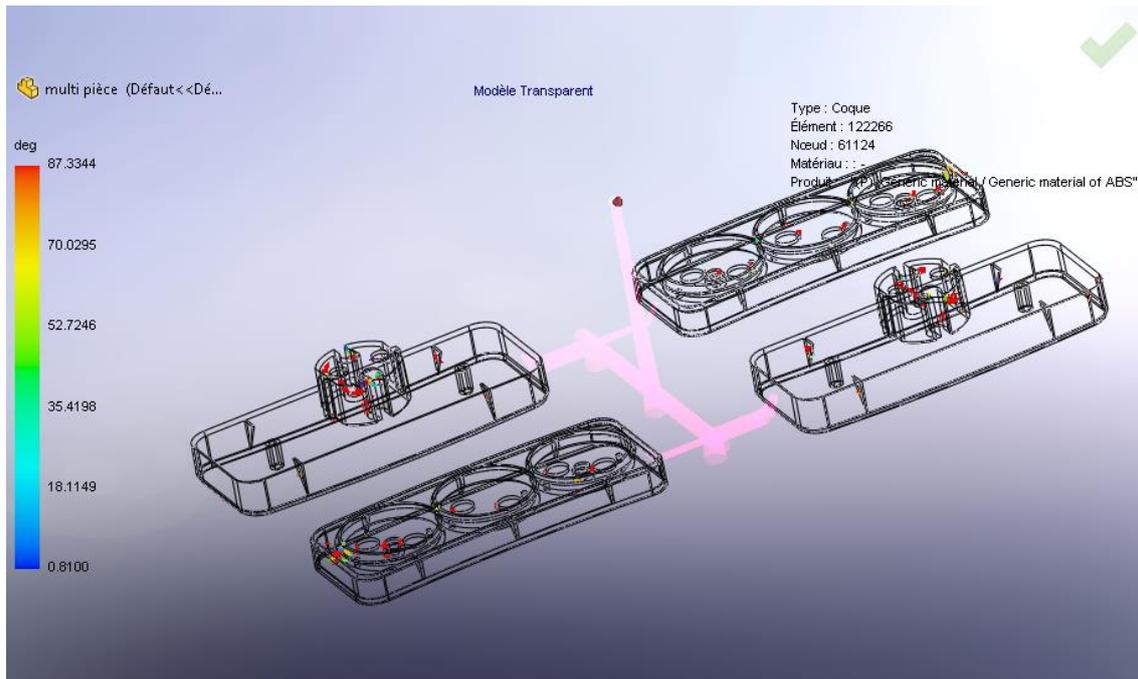


Figure III.36 : Lignes de soudure.

### 7.9. Bulles d'air :

Les bulles d'air se forment à cause de l'air emprisonné ce qui empêche la matière plastique de remplir le volume, si l'air dans la cavité du moule ne peut pas être évacué dans l'atmosphère pendant la phase de remplissage. Il peut en résulter un remplissage et un conditionnement incomplet à l'emplacement du piège à air, voire un trou de passage dans la pièce en raison de l'air emprisonné. Dans le pire des cas, l'air piégé peut être comprimé, brûler et provoquer des brûlures sur la pièce moulée ou endommager le noyau du moule et les surfaces de la cavité.

La **Figure III.37** nous montrons l'existence des bulles d'air sur les quatre empreintes, mais l'analyse des événements par SolidWorks Plastics à donner 0 donc on a pas besoin de placer des événements dans le moule, la pression initiale de l'air dans la cavité 0.1 MPa, la Température égale à 25°C.

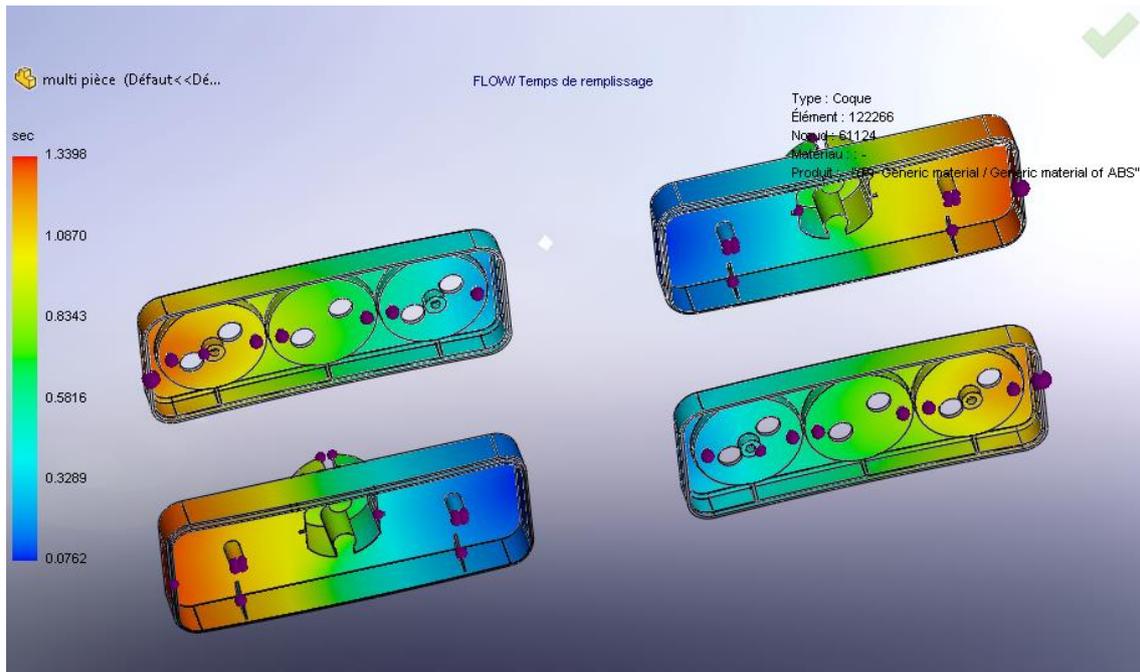


Figure III.37 : Bulles d'air.

### 7.10. La facilité de remplissage :

La Figure III.38 montre les résultats de facilité de remplissage des quatre empreintes on peut également remarque que toutes les empreintes sont en vert, ce qui nous témoigne qu'elles sont remplir complètement et sans difficultés.

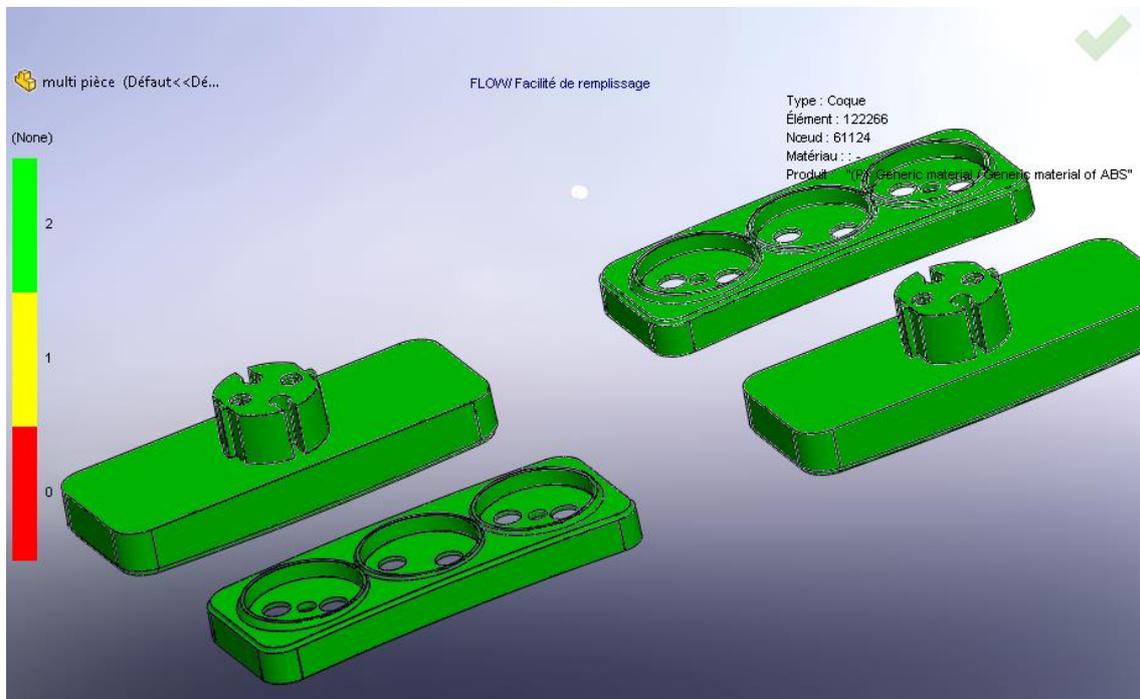


Figure III.38 : La facilité de remplissage

## 8. Calcule et vérification :

### 8.1. La capacité d'injection de la machine:

Chaque machine a une capacité d'injection (voir le **Tab (III.5)**) ; donc on choisit la machine en fonction du poids des pièces et de la carotte.

**Tab (III.5) :** Capacité d'injection.

Machine	Capacité d'injection (g)
	ABS
25T	45
75T	100
150T	230
180T	416
220T	450
350T	850
550T	1360
650T	2590

#### a. La masse de la pièce :

On a déterminé la masse de notre pièce (les quatre empreintes) à partir de SolidWorks Plastics.

$$m = 99.95g.$$

#### b. La masse de la carotte :

En sachant que la masse volumique de l'ABS est de  $1.05 \text{ g/cm}^3$ . On a trouvé que la masse de la carotte est de 8.65g.

#### c. La masse de la moulée :

Notre moule produit dans chaque cycle quatre multi-empreintes et une carotte, la machine utilisée doit donc pouvoir injecter une quantité suffisante "M".

$$M = 99.95 + 8.65 = 108.6g$$

On constate alors que notre machines JW-180SE (180T) support cette masse.

### 8.2. Caractéristiques techniques de la presse à injecter utilisé :

La presse à injecter utiliser dans notre étude est de référence JW-180SE, le **Tab(III.6)** contient de caractéristique technique de cette machine.

Tab (III.6) : Fiche technique de la presse à injecter JW-180SE.

Référence de la machine	JW-180SE
Diamètre de la vis D	50 mm
Pression d'injection (MAX)	235 MPA
Capacité de planification	111 Kg/h
Taux d'injection	185 cm <sup>3</sup> /sec
Volume max d'injection	471 cm <sup>3</sup>
Hauteur du moule (min-max)	150-450 mm
Course d'ouverture	600-1000 mm
Taille de plateau	720 x 720 mm
Système de fermeture	Système hydraulique
Force de fermeture	180 Tonnes
Force d'éjecteur hydraulique	5.3 Tonnes
Course d'éjecteur hydraulique	130 mm

**8.3.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 III.38**.

Les dimensions de notre moule sont :

Longueur : 446mm

Largeur : 346mm

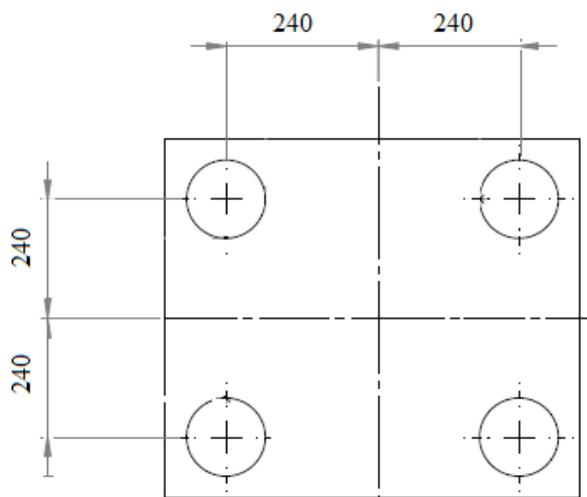


Figure III.39 : Schéma d'un plateau d'une presse 180T.

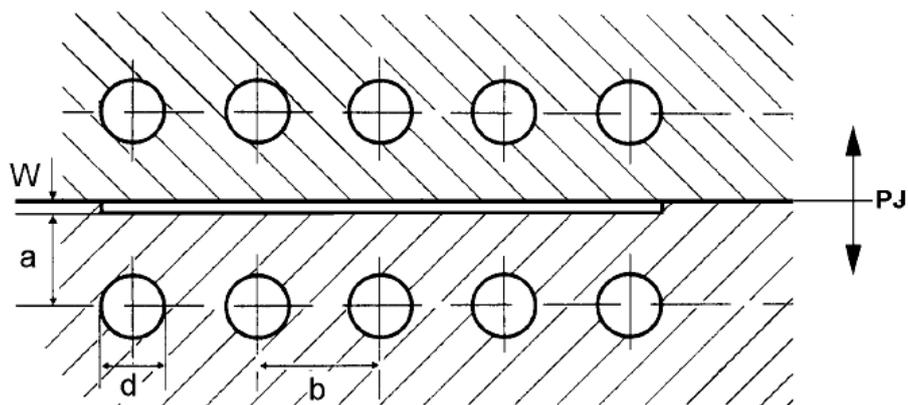
**8.4.Les métaux utilisés pour notre moule :**

Tab (III.7) : Classification des métaux pour la construction des moules.

Eléments du moule	Matières	Désignations
Pièce moulée	ABS	
Semelle mobile	C45	
Semelle fixe	C45	

Empreinte mobile	X 19 Ni Cr Mo 6	
Porte empreinte mobile	17NiCrMo 6	
Empreinte fixe (noyau)	X 19 Ni Cr Mo 6	
Porte empreinte fixe	17NiCrMo 6	
Buse d'injection	35 Ni Cr 15	Recuit
Bague de centrage	C35	
Plaque éjectrice	C45	
Contre plaque éjectrice	C45	
Tasseau	C45	
Colonne de guidage	16MnCr5	Cémenté, trempé
Bague à collerette	16MnCr5	Cémenté, trempé
Douille de centrage	Acier allié	Cémenté, trempé
Colonne de guidage d'éjection	Acier	Nitruré
Ejecteur pièce	C45G	Nitruré
Ejecteur arrache carotte	C45G	Nitruré
Ressort	51 Si 7	
Goupille	Acier non allié	Trempé
Pipette de raccordement	Acier	Cadmié

**8.5.Dimension et emplacement de circuits de refroidissement :**



"W" : épaisseur de paroi de la pièce (mm)	"d" : diamètre des canaux (mm)	"a" : entre-axe vis à vis des empreintes	"b" : entre-axes des canaux
2	8 - 10		
2 - 4	10 - 12	1,5 - 2 d	2 - 3 d
4 - 6	12 - 14		

**Figure III.40 :** Dimension et emplacement de circuits de refroidissement.

Dans notre cas :

L'épaisseur pièce est  $< 2$  mm

Donc :

$$d = 8 \text{ mm}$$

$$b = 2 \times D = 16 \text{ mm}$$

$$a = 2.5 \times D = 20 \text{ mm}$$

### 8.6. Temps de refroidissement :

SolidWorks Plastics a calculé le temps de refroidissement mais nous avons essayé de calculer le temps de cycle et faire une comparaison entre le temps de refroidissement trouvé par SolidWorks Plastics ( $T_r = 12.03$  s) et le celui calculé théoriquement par l'équation suivante :

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

- $e$  : l'épaisseur moyenne de la pièce ;
- $T_i$  : température d'injection ;
- $T_e$  : température d'éjection ;
- $T_m$  : température du moule ;
- $D$  : la diffusivité thermique du l'ABS :  $D = \frac{\lambda}{\rho \cdot c}$

Dont :

- $\lambda$  : est la conductivité thermique du matériau,  $(\lambda = 0,2256 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$
- $\rho$  : est la masse volumique du matériau,  $(\rho = 1020 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3})$
- $c$  : est la chaleur spécifique du matériau,  $(c = 1386 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$

AN :

$$D = \frac{\lambda}{\rho \cdot c} = \frac{0.2256}{1020 \times 1386} = 1.59 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$$

Donc :

$$T_r = \frac{5^2}{3.14^2 \times 0.159} \text{Ln} \left[ \frac{8}{3.14^2} \left( \frac{230 - 50}{120 - 50} \right) \right] = 11.72 \text{ s} \approx 12.03 \text{ s}$$

### 8.7. Calcul du temps de cycle :

Le temps de cycle de presse à l'injection ne se résume pas uniquement au temps de refroidissement de la pièce moulée. Mais il comporte aussi :

$$T_c = T_r + T_i + T_m + T_e + T_o + T_f$$

Où :

- **Tr** : temps de refroidissement ;
- **Ti** : temps d'injection (remplissage) ;
- **Tm** : temps de maintien pression ;
- **Te** : temps d'éjection ;
- **To** : temps d'ouverture moule ;
- **Tf** : temps de fermeture moule.

Donc :

$$T_c = 12.03 + 1.33 + 3.2 + 1 + 5 + 5$$

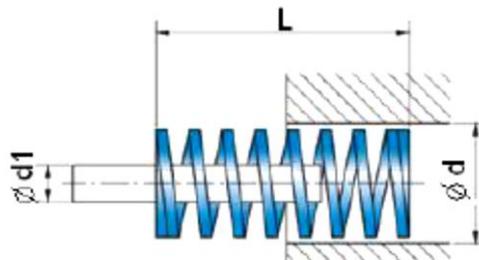
$$T_c = 27.56 \text{ s}$$

### 8.8. Le choix des ressorts :

La presse 180T n'est pas équipée d'un système de retour de la batterie éjectrice (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.

Le choix des ressorts dépend essentiellement de :

- La course d'éjection qui assure le démoulage des pièces (37mm).
- La charge à supporter (Poids de la batterie éjectrice  $P=277.85 \text{ N}$ ).
- L'encombrement ( $d_1=12.5\text{mm}$ ,  $d_2=25\text{mm}$ ), voir la **Figure III.41**.



**Figure III.41** : Schéma de dimensionnement d'un Ressort.

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 reparti 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 :

$$F = \frac{P}{n}$$

AN :

$$F = \frac{277.85}{4} = 69.46N$$

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 III.42 :** Classification des ressorts par couleur.

Le ressort qui répond à nos exigences est un ressort de couleur violet **Réf.356** et qui a les caractéristiques suivantes :

- $D1=12.5\text{mm}$
- $D=25\text{ mm}$
- $F=875\text{ N}$
- $L=51\text{ mm}$
- $A=51 \times 25\%= 12.8\text{ mm}$
- Section rectangulaire  $S=2.1 \times 4$ .

## 9. Conclusion :

Dans cette partie, on a fait l'étude et la conception du moule, détaillé les démarches de cette étude, noté les facteurs qui influence cette étude, présenté et discuté les résultats de la simulation, vérifié les calculs.

A partir de ce chapitre, On peut conclure que pour une bonne conception d'un moule d'injection plastique, le concepteur ne doit pas négliger les paramètres qu'on à illustrer; Et le bon choix de ces paramètres nous garantit un produit fini de bonne qualité et réussis.

# **Conclusion générale**

# Conclusion générale

Le monde d'aujourd'hui vit une situation de concurrence, cela nous mène à produire au plus bas coût possible et dans un temps réduit. Pour cela, on recherche des méthodes plus réalistes et plus adaptées. La maîtrise des outils technologiques actuels est nécessaire, comme l'utilisation des logiciels de conception et de fabrication.

Le procédé d'injection plastique n'a cessé d'être perfectionné pour devenir actuellement l'un des procédés les plus utilisés pour la mise en œuvre, il nous permet d'avoir des produits finis de haute qualité, de formes très complexes et une grande cadence de production en série.

Le moule d'injection pièces en matière plastique fait partie de ces outils qui nécessitent un soin très particulier lors de sa conception ainsi que dans la phase de sa réalisation, et d'en savoir plus sur les matériaux utilisés pour leur fabrication.

Ce travail avait pour objectif d'étudier la faisabilité de produire un moule multi-empreintes d'une multiprise en matière plastique (ABS) par le procédé d'injection. La démarche de la recherche de cette étude s'est articulée autour de trois axes principaux :

Tout d'abord, on a commencé par une étude bibliographique sur les matières plastiques et ses caractéristiques mécaniques, physiques, chimiques et thermiques en générale et particulier sur l'ABS qu'on a trouvé que c'est le matériau le mieux adapté à notre modèle

Deuxièmement une étude approfondie sur la mise en œuvre des matières plastique, et les principaux procédés (l'injection, l'extrusion, l'extrusion soufflage, l'injection soufflage, le thermoformage, le roto moulage, le calandrage). De même, on a détaillé le déroulement de cycle d'injection plus les caractéristiques et les structures d'une presse d'injection.

Finalement, nous avons réalisé la conception du moule correspondant à notre modèle à l'aide du logiciel de conception SolidWorks®, en tenant compte les données de la machine d'injection choisie. Ainsi, on a présenté et discuté les résultats de la simulation du comportement de la matière plastique dans la cavité qu'a été estimée par le complément SolidWorks Plastics, puis clôturé avec des calculs et des vérifications.

La présente étude effectuée dans ce projet nous a donné l'opportunité d'élargir et d'acquérir des connaissances dans le domaine de la plasturgie, et de voir la place importante et grandissante qu'elles occupent dans les divers domaines, nous avons aussi constaté que la conception d'un moule d'injection plastique repose essentiellement sur le choix du matériau, de la pièce et de la presse.

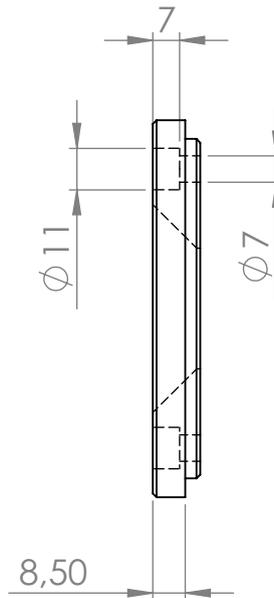
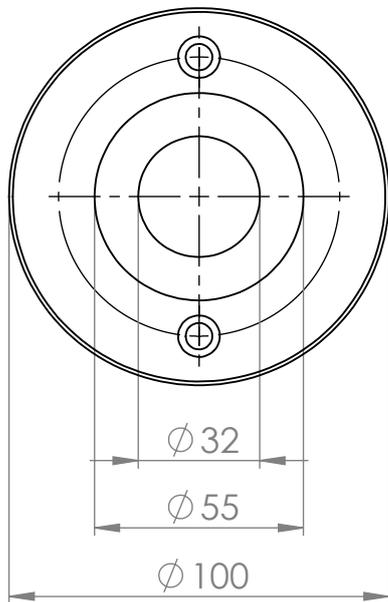
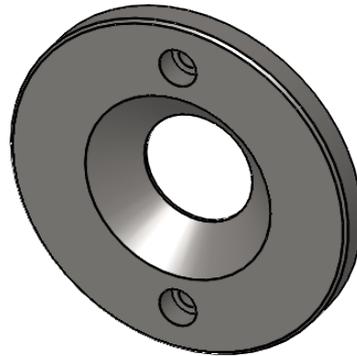
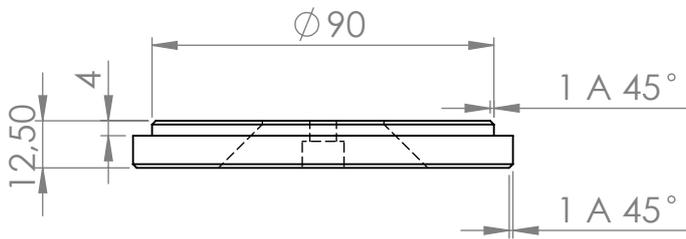
A cause du COVID-19 mon stage pratique a été annulé malheureusement, comme perspectives, je souhaite que une entreprise s'intéresse par la réalisation de ce produit et de moule. J'espère aussi que ce modeste travail soit d'une utilité et de support pour les études qui suivent.

# Références Bibliographie

- [1] Julien HUMBERT, « Conception, élaboration et production d'agrocomposite à partir de tourteau de tournesol : étude du procédé d'extrusion-formulation-granulation Et d'injection-moulage », Thèse de Doctorat, Université de Toulouse, France, 2008.
- [2] Jacky Aubry, "Les Matières Plastiques", Technologie les matériaux, 2010.
- [3] J-P TROTIGNON, J VERDU, A DOBRACZYNSKY, M PIPERAUD, "Matières plastiques structures, propriétés, mise en œuvre et normalisation", Edition Nathan, 2006.
- [4] HADEF Saddek, « Étude de l'influence des conditions d'injection sur la qualité des pièces injectées en matière plastique », mémoire de magister, département de mécanique, université de Biskra, 2012.
- [5] DJABALLAH Abdelmalek, « Contribution à l'étude de la phase post remplissage du moulage par injection », mémoire de magister, département de mécanique, université de Biskra, 2012.
- [6] S.HAMMA, K.LATTARI, "Etude, conception et réalisation d'un moule d'injection plastique", Mémoire d'ingénieur, département de génie mécanique, Université Mouloud Mammeri.
- [7] AHMED HAMADI, « Conception générale des moules pour injection plastique », mémoire du diplôme d'ingénieur, département de mécanique, université de M'sila, 2003.
- [8] Patricia Nicaud, "Les Matières Plastiques", Projet Troisième ROB'OK, 2009.
- [9] Claude CORBET, "Mémotech matières plastiques", Edition CASTEILLA, 2001.
- [10] "Les Plastiques en débat", collège le Monteil Monistrol sur Loire, 2012.
- [11] HAMMAMIT et LOUATI, "Cours de PMF des Matières plastiques".
- [12] MOUAZ Katia, MEJDOUB A.Halim, "Etude et conception d'un moule d'injection plastique d'une roue en ABS", mémoire de master, département de génie mécanique, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2014.
- [13] HOCINE Khaled, CHALAL Sofiane "Etude et conception d'un nouveau produit - Application l'injection plastique", mémoire de master, département de génie mécanique, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2013.

- [14] Michel Biron, "Aide-mémoire Transformation des matières plastiques", Dunod, 2010.
- [15] Marc Carrega, "Aide-mémoire Matières plastiques", Dunod, 2009.
- [16] Jean-François Pichon, Christophe Guichou, "Aide-mémoire Injection des matières plastiques", Dunod, 2015.
- [17] MAMMA Idir, OUZZOUG Kaci et OUDAHMANE Oussama, "Conception et Fabrication d'un moule à injection plastique d'une grille d'aération Ø100", mémoire de master, département de génie mécanique, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2014.
- [18] Jean-Marc MAUCOTEL, "Conception et dessin des moules d'injection", MCM CONSEIL.
- [19] Jean BOST, "Matière plastique", Edition : Tec & Doc, (I ET II).
- [20] P. MOHREN, G. MENGER, "Guide de construction des outillages d'injection", Tome I et II, édition PMP
- [21] S.BERRABAH et M.AISSOUNE, "Etude, conception et réalisation d'un moule d'injection plastique d'un cache poignée d'un réfrigérateur ENIEM", mémoire d'ingénieur, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2012.
- [22] K.LATTARI, "Etude et conception et réalisation d'un moule d'injection plastique", mémoire d'ingénieur, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2010.
- [23] Michel CHATAIN, "Techniques d'ingénieur".
- [24] Solidworks plastics, " fonctionnalité de solidworks plastics ", ouvrage sur solidworks plastics. <https://www.visiativ-solutions.fr/solidworks-plastics/>
- [25] BABACI Amina, AMRANE Arezki, DJIDJA Nasser, "Etude et conception d'un moule d'injection plastique pour enjoliver de congélateur ENIEM 225L", mémoire de master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2018.

# **Annexes**



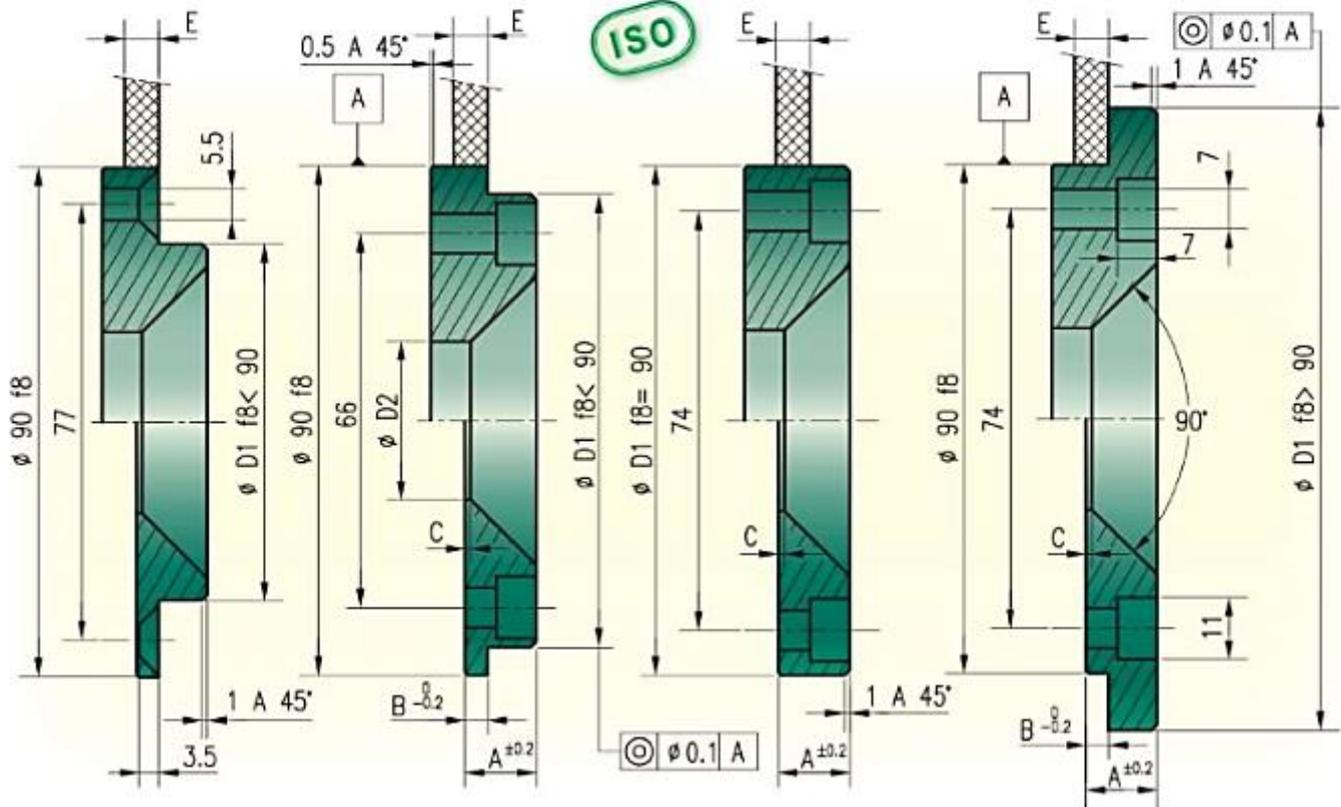
Bague de centrage	C35	
Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/2	MOULE D'INJECTION PLASTIQUE D'UNE MULTIPRISE	2020-10-26
		Réalisé par: TABBAL AMMAR
A4	U M B B - FT - Fabrication Mécanique et Productique	



# BAGUE DE CENTRAGE

LOCATING RING  
ZENTRIERSCHEIBE

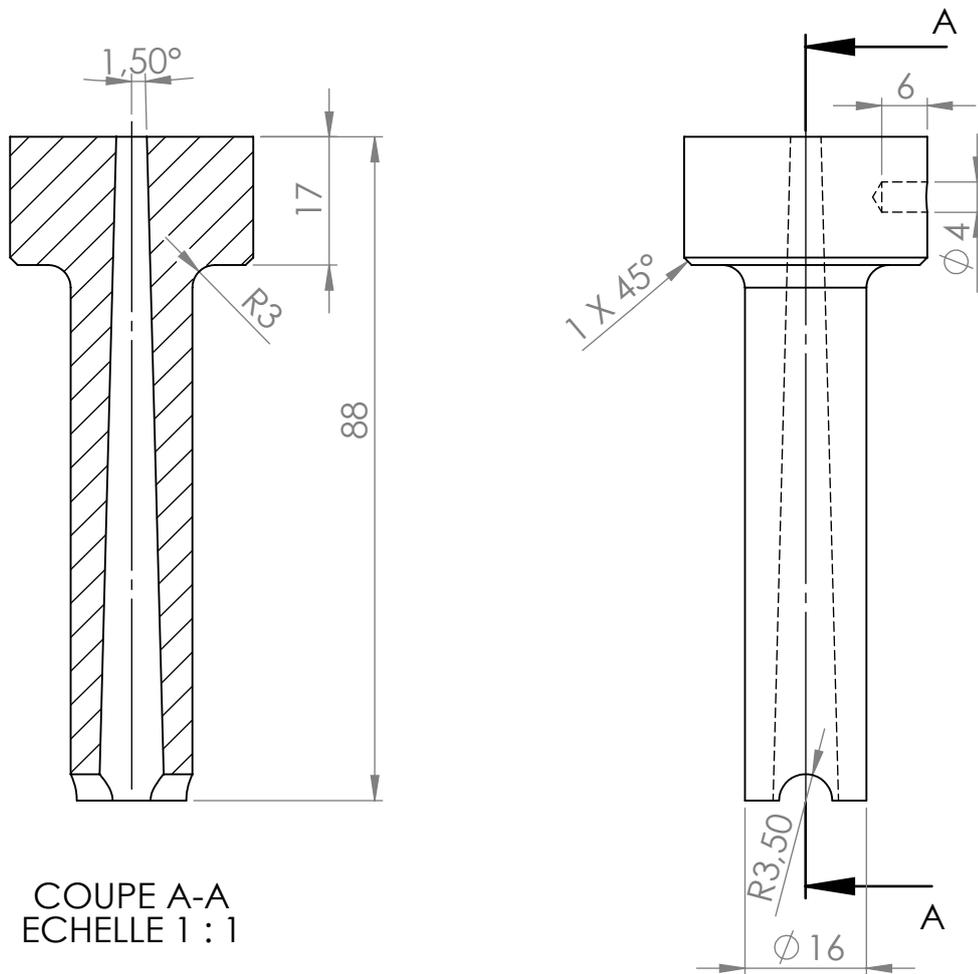
ISO 10907, NF E 63-509-2



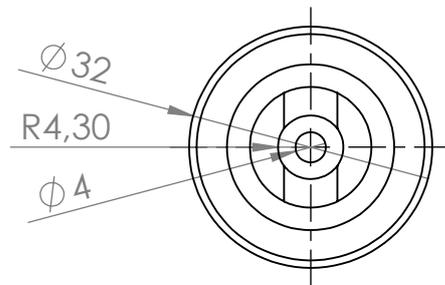
REF. 646 D1=60 D2=25 A=18,5 mm

646-60-25-18,5

FORME	B	C	E	A	D2				
					D1	25	28	32	40
	4	1	-	12,5	60				
	10	7	6	18,5					
	14	11	10	22,5					
	4	1	-	12,5	63				
	10	7	6	18,5					
	14	11	10	22,5					
	4	1	-	12,5	80				
	10	7	6	18,5					
	14	11	10	22,5					
	-	1	-	12,5	90				
	-	7	6	18,5					
	-	11	10	22,5					
	4	1	-	12,5	100				
	10	7	6	18,5					
	14	11	10	22,5					
	4	1	-	12,5	110				
	10	7	6	18,5					
	14	11	10	22,5					
	4	1	-	12,5	125				
	10	7	6	18,5					
	14	11	10	22,5					
	4	1	-	12,5	160				
	10	7	6	18,5					
	14	11	10	22,5					

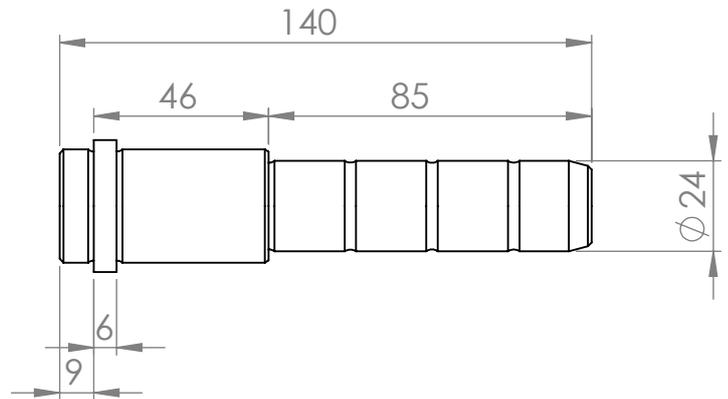
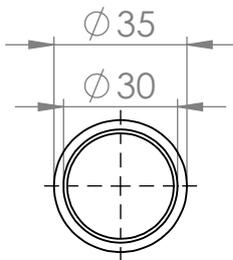
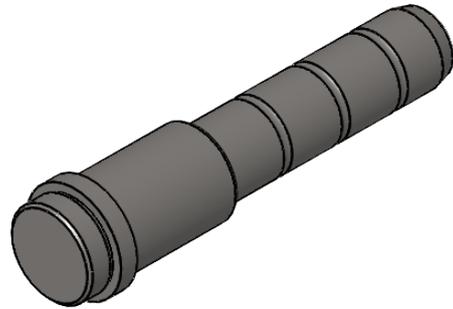
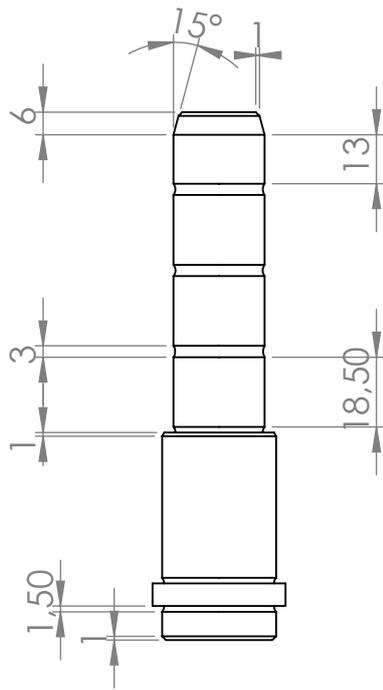


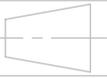
COUPE A-A  
ECHELLE 1 : 1



Buse d'injection	35 Ni Cr 15	Recuit
Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/2	MOULE D'INJECTION PLASTIQUE D'UNE MULTIPRISE	2020-10-26
		Réalisé par: TABBAL AMMAR
A4	U M B B - FT - Fabrication Mécanique et Productique	



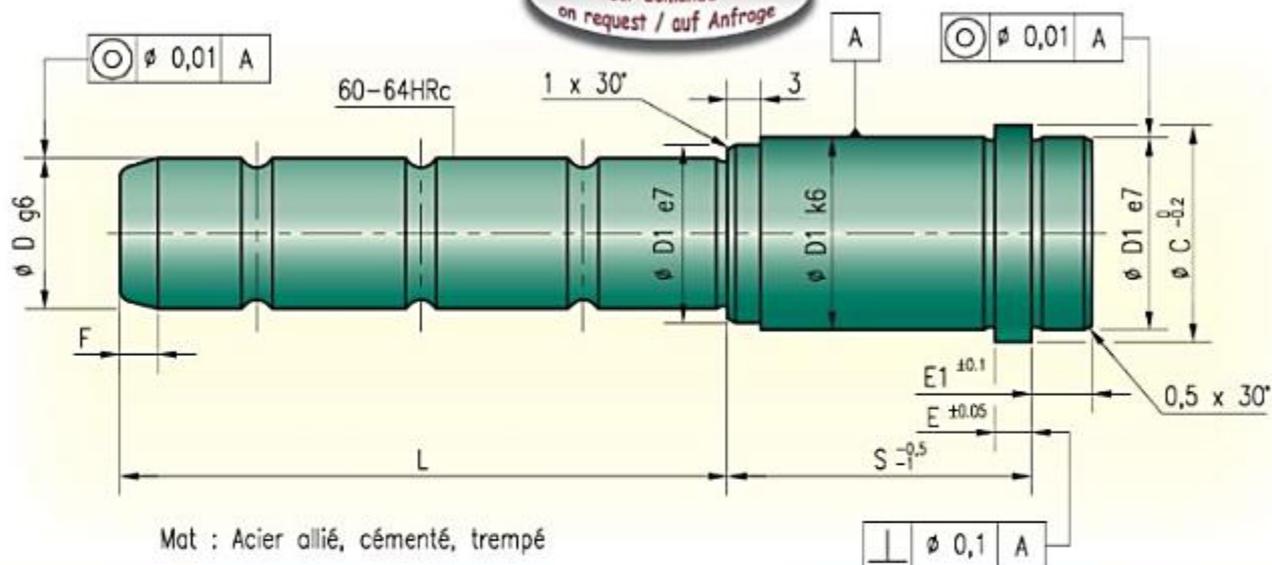


Colonne de guidage	16MnCr5	Cémenté, trempé
Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/2	MOULE D'INJECTION PLASTIQUE D'UNE MULTIPRISE	2020-10-26
 		Réalisé par: TABBAL AMMAR
A4	U M B B - FT - Fabrication Mécanique et Productique	



### COLONNE AVEC PLOT DE CENTRAGE OXA®

STEPPED GUIDE PILLAR WITH CENTERING PLUG OXA®  
FÜHRUNGSSÄULE MIT ZENTRIERBUND OXA®

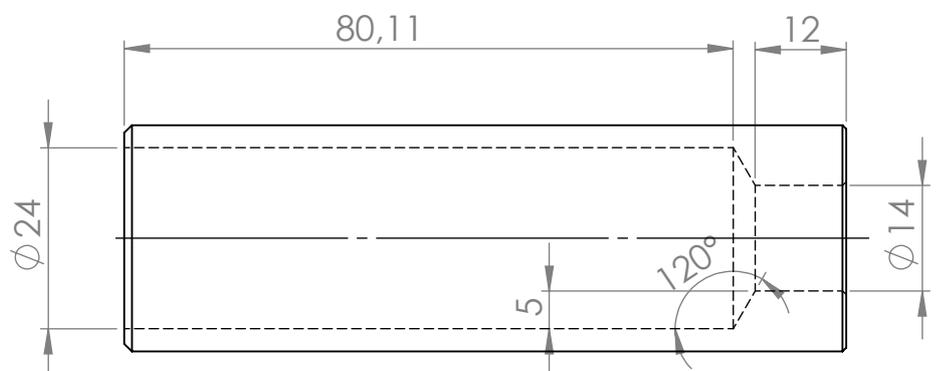
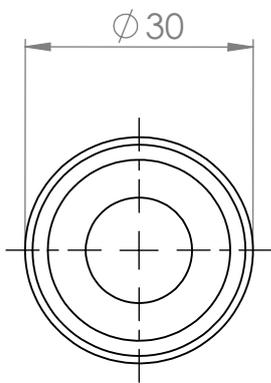
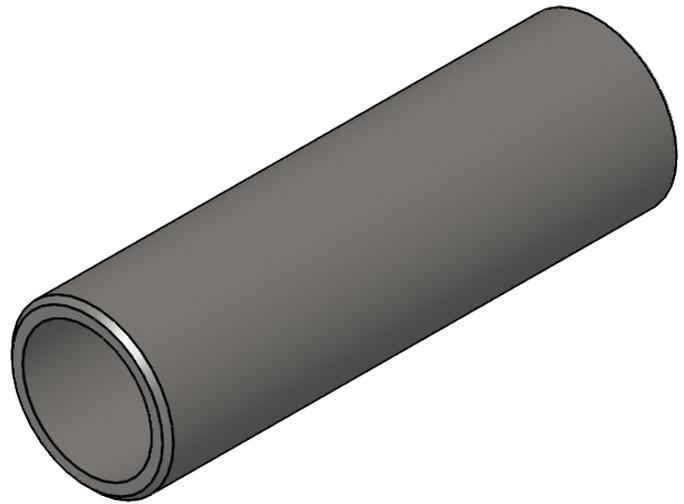
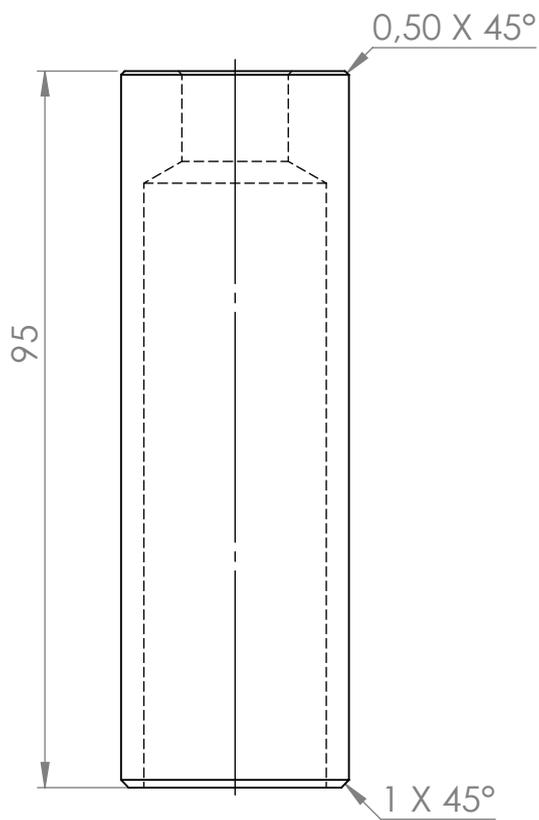


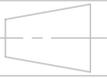
REF. 673 D=14 S=17 L=75

673-14-17-75

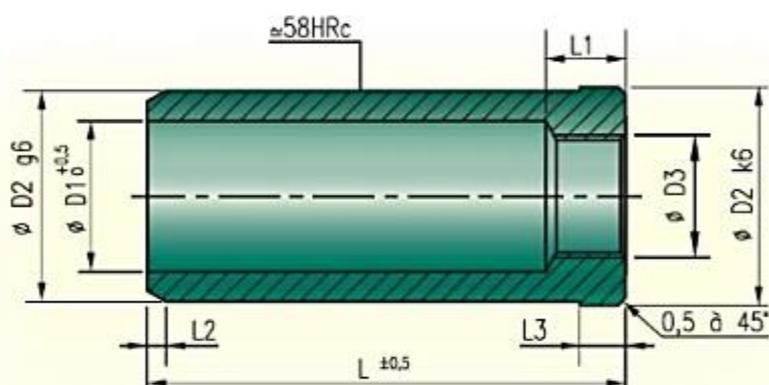
\*Traitement anti-friction sur demande / Anti-friction treatment on request / Reibungslosbehandlung auf Anfrage

D1	E	C	F	E1	D	S	L	REF. 673	D1	E	C	F	E1	D	S	L	REF. 673
20	6	25	7	9	14/15	17	35		20	6	25	7	9	14/15	56	35	
							55									55	
							75									75	
							95									95	
							135									135	
							17									17	
							22	30								30	
								50								50	
								70								70	
								90								90	
								110								110	
								125								125	
						27	150		150								
							30		30								
							45		45								
							65		65								
							85		85								
							105		105								
						36	125		125								
							145		145								
							165		165								
							17		17								
							35		35								
							55		55								
46	75		75														
	95		95														
	125		125														
	155		155														
	35		35														
	45		45														
22	65		65														
	85		85														
	105		105														
	125		125														
	115		115														
	165		165														



Douille de centrage	Acier allié	Cémenté, Trempé
Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1	MOULE D'INJECTION PLASTIQUE D'UNE MULTIPRISE	2020-10-26
 		Réalisé par: TABBAL AMMAR
A4	U M B B - FT - Fabrication Mécanique et Productique	

## DOUILLE DE CENTRAGE LISSE OXA®

LOCATING SLEEVE OXA®  
ZENTRIERHÜLSE OXA®

Mat : Acier allié, cémenté, trempé

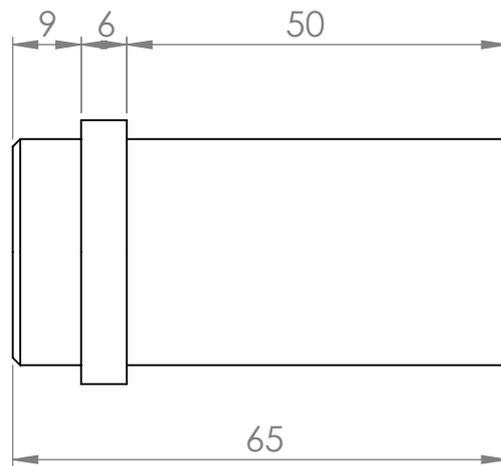
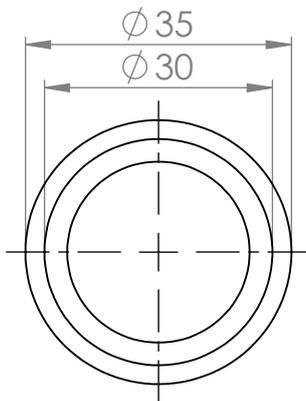
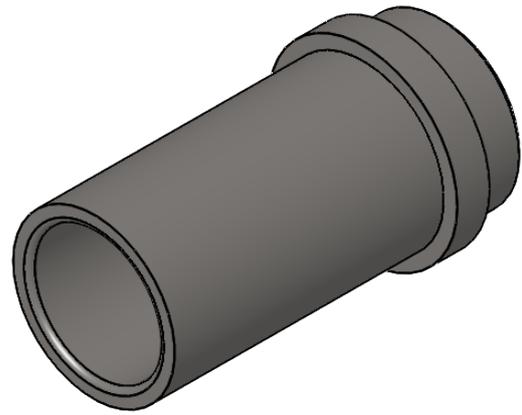
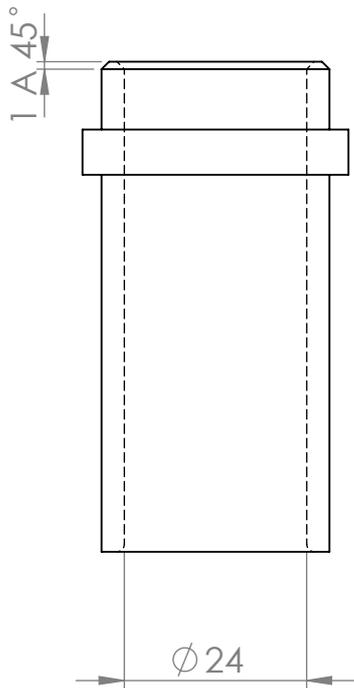


REF. 553 D2=26 L=80



553-26-80

D1	D3	L1	L2	L3	D2	L	REF. 553	D1	D3	L1	L2	L3	D2	L	REF. 553						
16	M8	8	2	6	20	30		33	M16	13	2,5	4,5	42	40							
						40								60							
						60								80							
						80								100							
						100								120							
						120								140							
						140								160							
						160								200							
						180								220							
						200								260							
21	M10	10	2,5	6	26	30		43	M20	13	2,5	4,5	54	60							
						40								80							
						60								100							
						80								120							
						100								140							
						120								160							
						140								180							
						160								200							
						180								240							
						200								280							
25	M12	13	2,5	6	30	40															
						60															
						80															
						100															
						120															
						140															
						160															
						180															
						200															
						240															

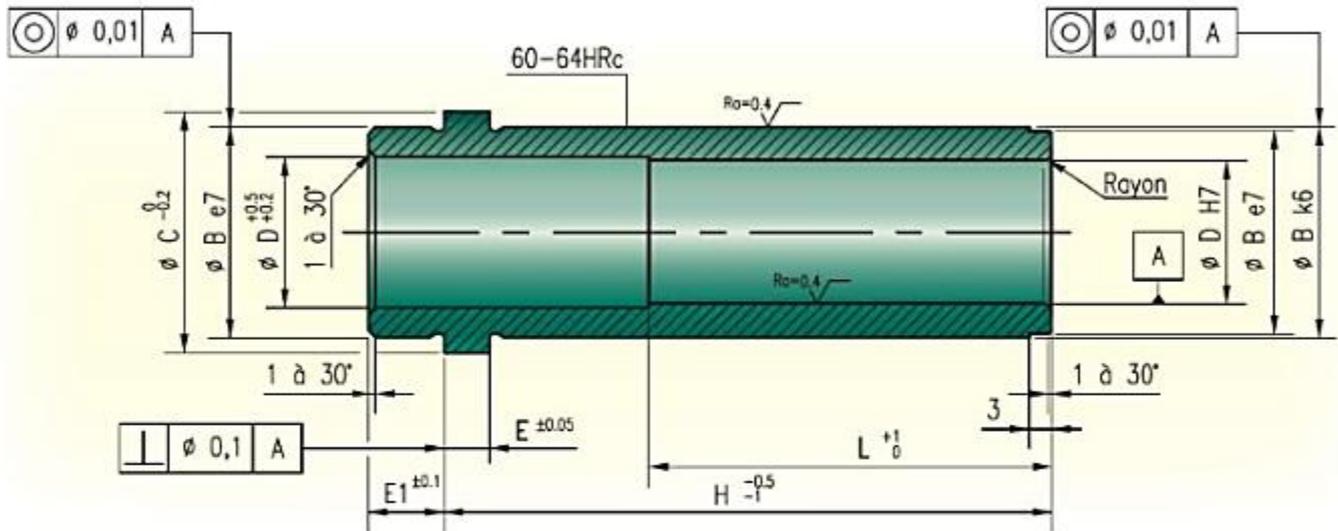


Bague a collerette	16MnCr5	Cémenté, trempé
Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1	MOULE D'INJECTION PLASTIQUE D'UNE MULTIPRISE	2020-10-26
		Réalisé par: TABBAL AMMAR
A4	U M B B - FT - Fabrication Mécanique et Productique	



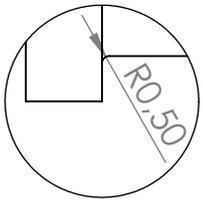
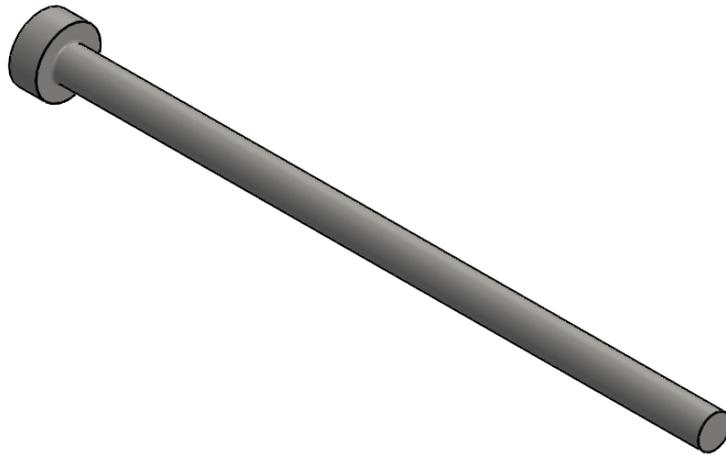
**BAGUE A COLLERETTE AVEC PLOT DE CENTRAGE OXA®**

HEADED GUIDE BUSH WITH CENTERING PLUG OXA®  
FÜHRUNGSBUCHSE MIT ZENTRIERBUND OXA®

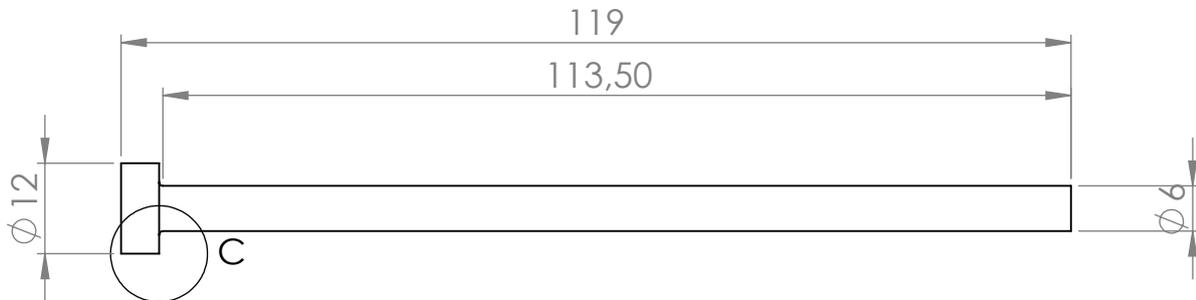


REF. 1073 D=14 H=27 1073-14-27

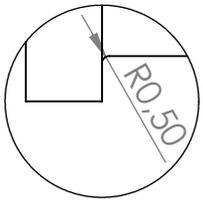
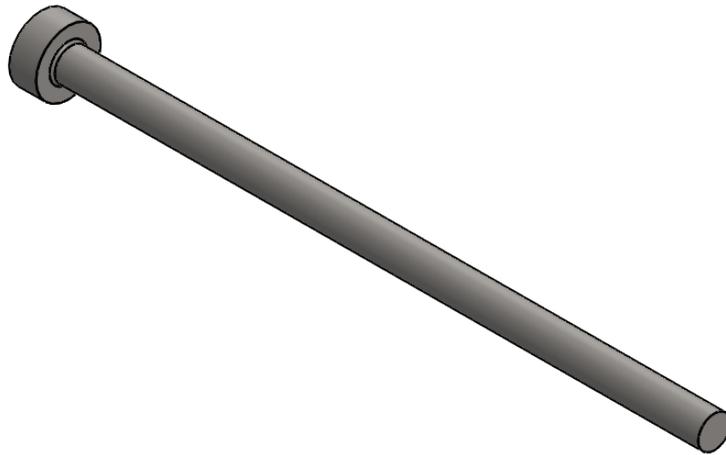
B	C	E	E1	L	D	H	REF. 1073	B	C	E	E1	L	D	H	REF. 1073
20	25	6	9	26	14/15	17		30	35	6	9	85	22/24	76	
				31		22	95					86			
				36		27	96					96			
				45		36	96					116			
				55		46	96					136			
				56		56	96					156			
				56		66	36					27			
				56		76	45					36			
				56		86	55					46			
				56		96	65					56			
26	31	6	9	26	18/20	17		42	47	6	9	85	30/32	76	
				31		22	95					86			
				36		27	105					96			
				45		36	125					116			
				55		46	116					136			
				65		56	116					156			
				75		66	116					196			
				76		76	58					46			
				76		86	68					56			
				76		96	78					66			
30	35	6	9	26	22/24	17		54	60	10	12	108	40/42	96	
				31		22	128					116			
				36		27	136					136			
				45		36	136					156			
				55		46	136					196			
				65		56	136					246			
				75		66									



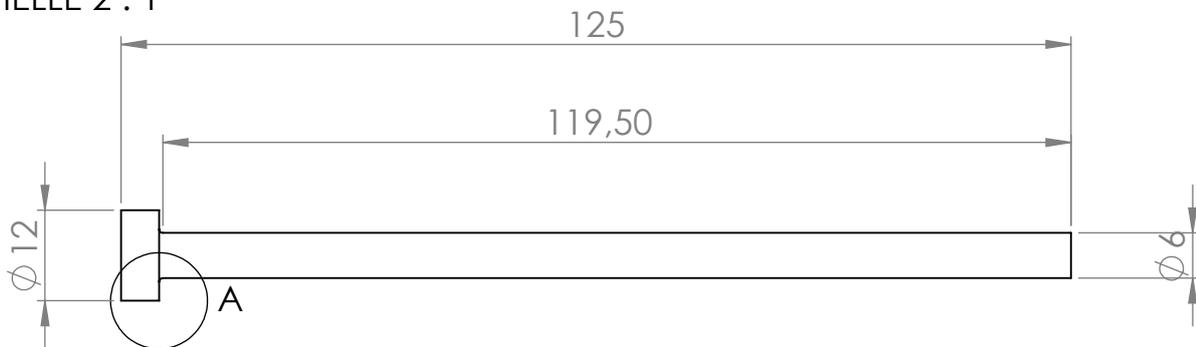
DÉTAIL C  
ECHELLE 2 : 1



Ejecteur tête cylindrique L119	C45G	Nitruré
Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/1	MOULE D'INJECTION PLASTIQUE D'UNE MULTIPRISE	2020-10-26
		Réalisé par: TABBAL AMMAR
A4	U M B B - FT - Fabrication Mécanique et Productique	



DÉTAIL A  
ECHELLE 2 : 1



Ejecteur tête cylindrique L125	C45G	Nitruré
Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/1	MOULE D'INJECTION PLASTIQUE D'UNE MULTIPRISE	2020-10-26
		Réalisé par: TABBAL AMMAR
A4	U M B B - FT - Fabrication Mécanique et Productique	

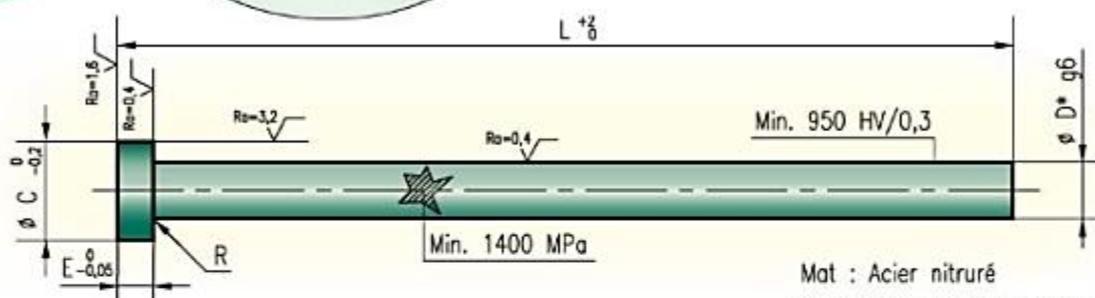
## EJECTEUR TETE CYLINDRIQUE NITRURE

NITRIDED EJECTOR PIN, CYLINDRICAL HEAD  
 AUSWERFERSTIFT, ZYLINDRISCHERKOPF NITRIERT

NF ISO 6751, DIN 1530



ISO



Mat : Acier nituré

\* L < 500 : sans gonflement sous tête

\* L ≥ 500 : avec gonflement sous tête



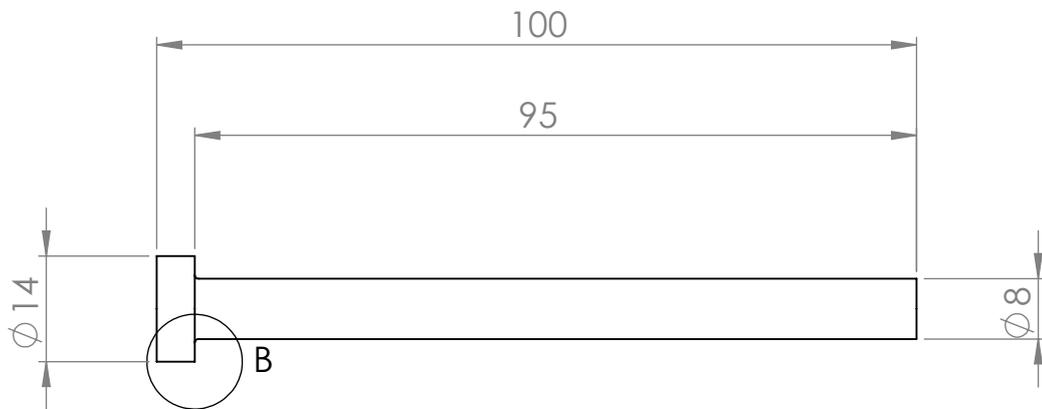
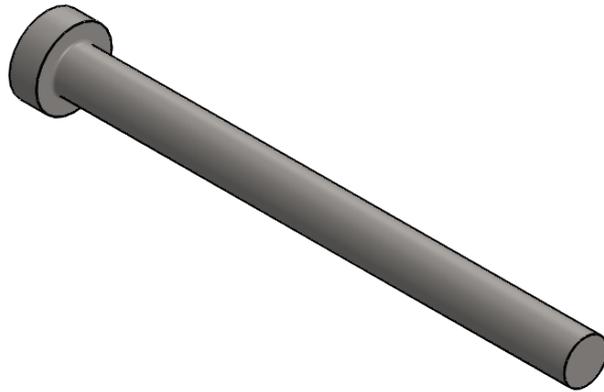
REF. 628 D=18 L=200 mm

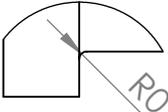


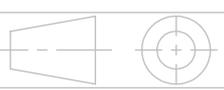
628-18-200

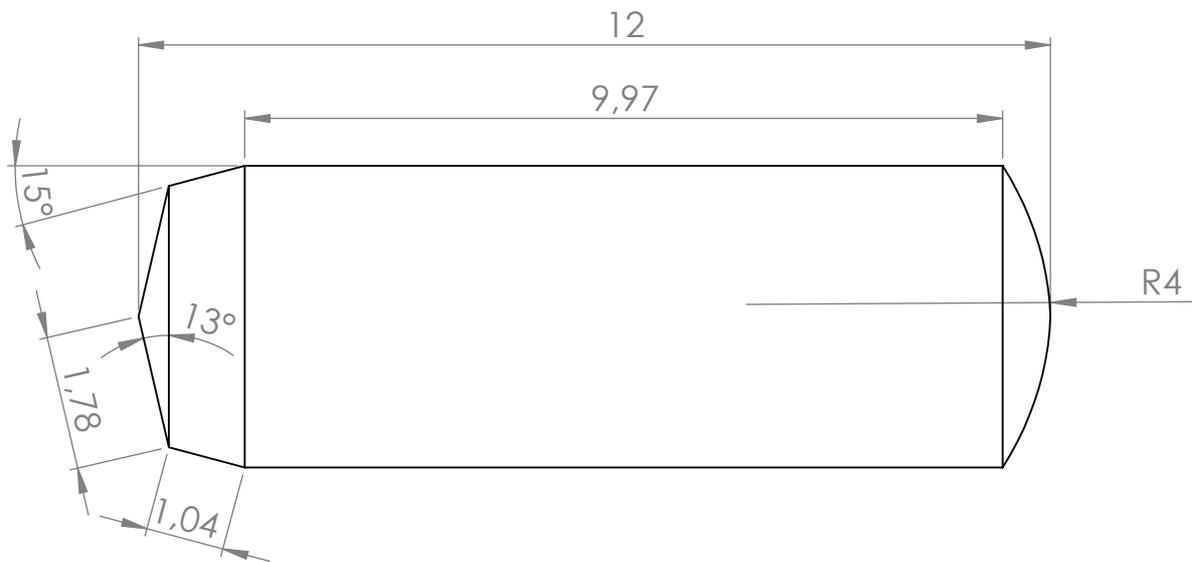
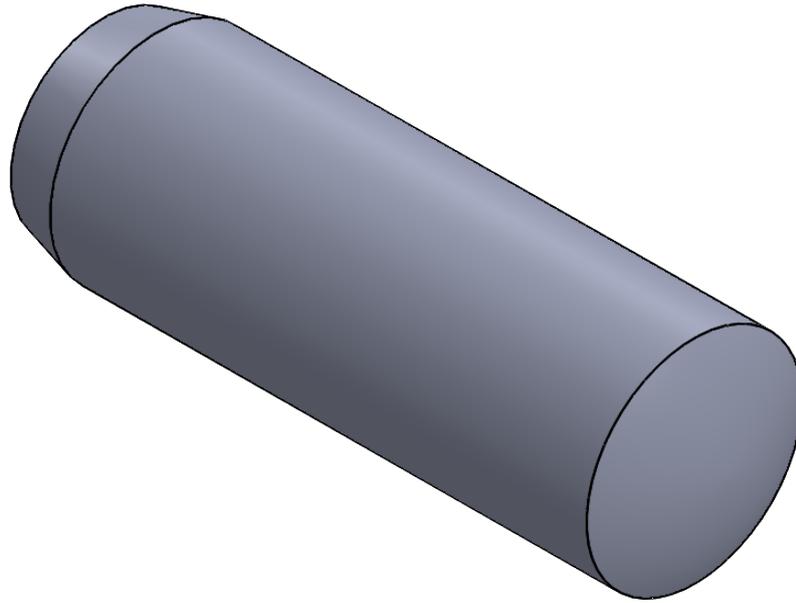
Fabrications spéciales sur demande  
 Special manufacture on request

C	E	R	D \ L	L						
				100	125	160	200	250	315	
3	2	0,2	0,8							
			1							
			1,1							
			1,2							
			1,3							
			1,4							
			1,5							
3,5	2	0,2	1,6							
			1,7							
			1,8							
4	2	0,2	1,9							
			2							
		0,3	2,1							
			2,2							
5	2	0,3	2,3							
			2,4							
			2,5							
			2,6							
			2,7							
			2,8							
			2,9							
6	3	0,3	3							
			3,1							
			3,2							
			3,3							
			3,4							
7	3	0,3	3,5							
			3,6							
			3,7							
			3,8							
			3,9							



  
 DÉTAIL B  
 ECHELLE 2 : 1

Arrache carotte	C45G	Nitruré
Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1	MOULE D'INJECTION PLASTIQUE D'UNE MULTIPRISE	2020-10-26
		Réalisé par: TABBAL AMMAR
A4	U M B B - FT - Fabrication Mécanique et Productique	

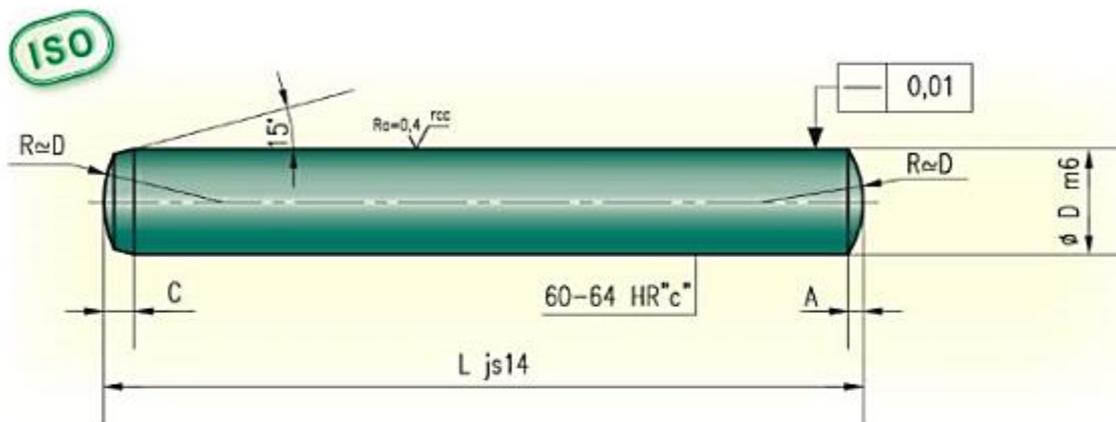


Goupille	Acier non allié	Trempé
Désignation	Matière	Observation
Echelle: 10:1	MOULE D'INJECTION PLASTIQUE D'UNE MULTIPRISE	2020-10-26
		Réalisé par: TABBAL AMMAR
A4	U M B B - FT - Fabrication Mécanique et Productique	

# GOUPILLE CYLINDRIQUE

DOWEL PIN  
ZYLINDERSTIFT

NF EN 28734, ISO 8734



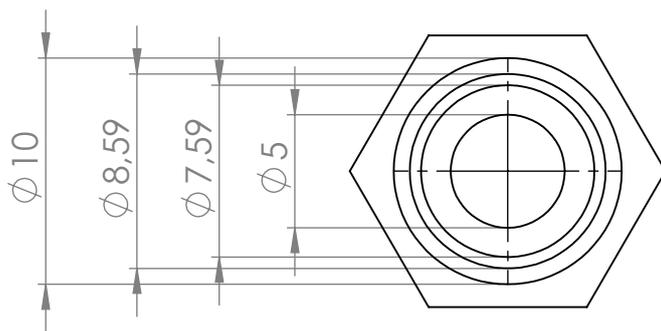
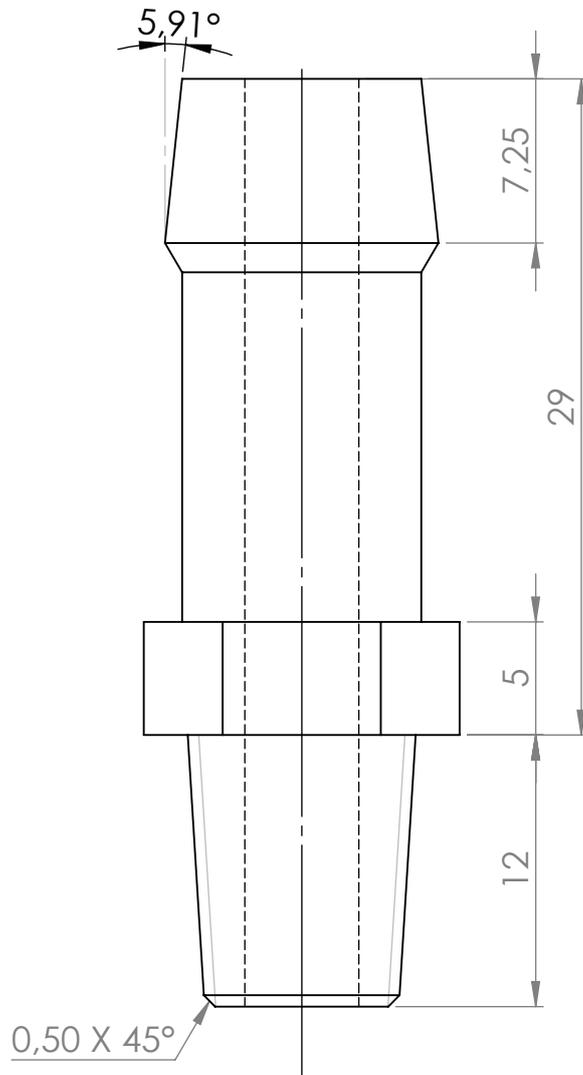
REF. 501 D=8 L=60 mm



501-8-60

Fabrications spéciales sur demande  
Special manufacture on request  
Spezialherstellung auf Anfrage

A	0,12	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,63	0,8	1	1	1	1,2	1,2	1,6	2	2	2	2,5
C	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,7	2,1	2,1	2,6	2,7	3	3,2	3,8	4	4,6	5	6
L \ D	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20
4																		
5																		
6																		
8																		
10																		
12																		
14																		
16																		
18																		
20																		
24																		
28																		
30																		
32																		
36																		
40																		
45																		
50																		
55																		
60																		
65																		
70																		
75																		
80																		
85																		
90																		
100																		
110																		
120																		
140																		
150																		
160																		
180																		



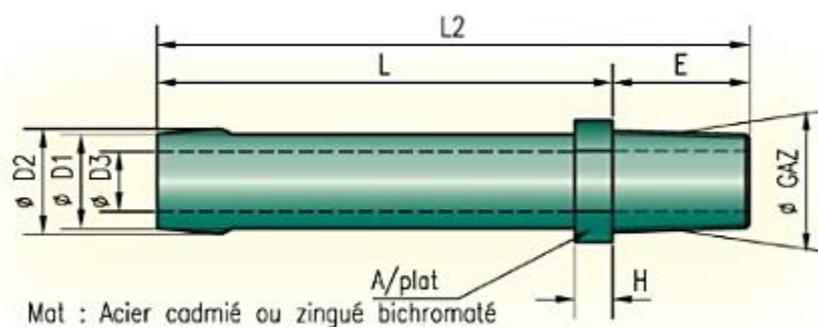
Pipette de raccordement	Acier	Cadmié
Désignation	Matière	Observation
Echelle: 3:1	MOULE D'INJECTION PLASTIQUE D'UNE MULTIPRISE	2020-10-26
		Réalisé par: TABBAL AMMAR
A4	U M B B - FT - Fabrication Mécanique et Productique	

1008 → 1011  
1205



## RACCORD MOULISTE : MÂLE

HOSE EXTENSION  
KÜHLANSCHLUSSSTÜCK

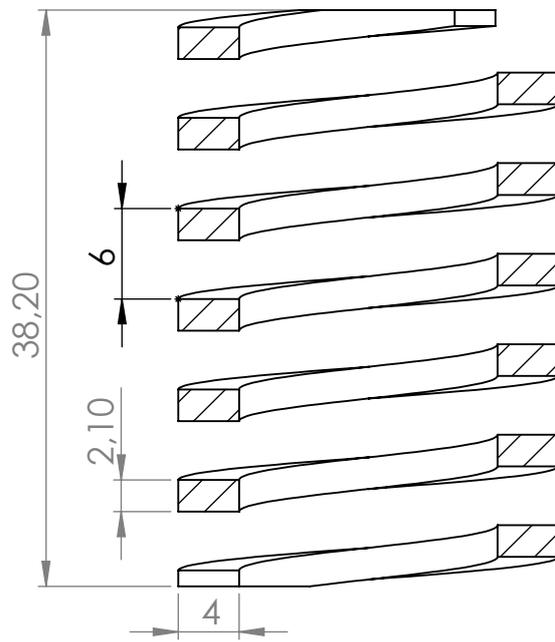


REF. 1205 Ø=1/8 GAZ L=29

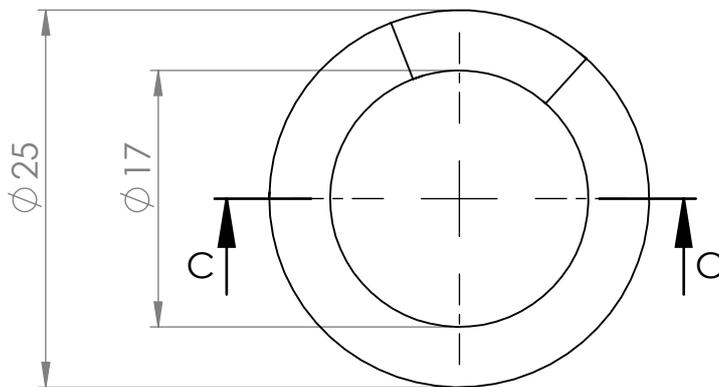


1205

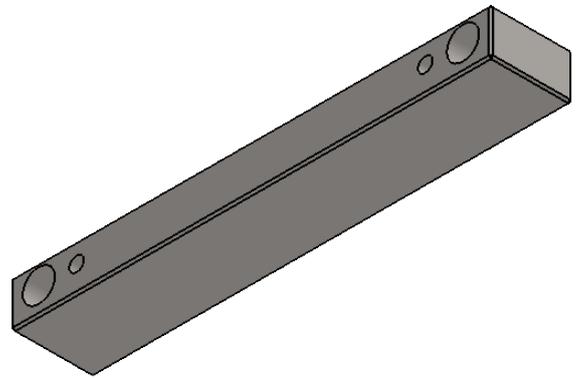
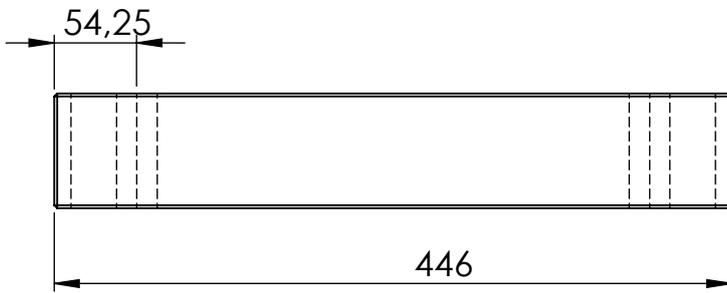
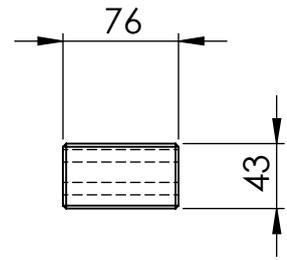
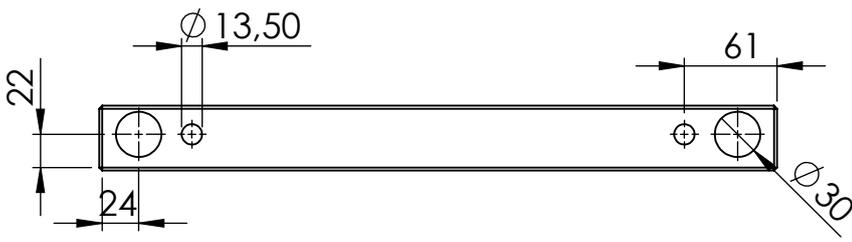
L2	41	48	78	89	100
L	29	30	60	69	76
A/plat	12	14	14	19	23
H	5	5	8	9	10
E	12	18	18	20	24
D3	5	8	8	11	14
D2	12	14	14	19	23
D1	10,5	12,5	12,5	16,5	20,5
GAZ cón.	1/8 5-10	1/4 8-13	1/4 8-13	3/8 12-17	1/2 15-21
<b>REFERENCES</b>	<b>1205</b>	<b>1009</b>	<b>1008</b>	<b>1010</b>	<b>1011</b>



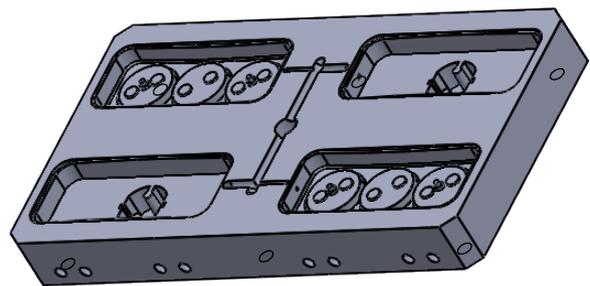
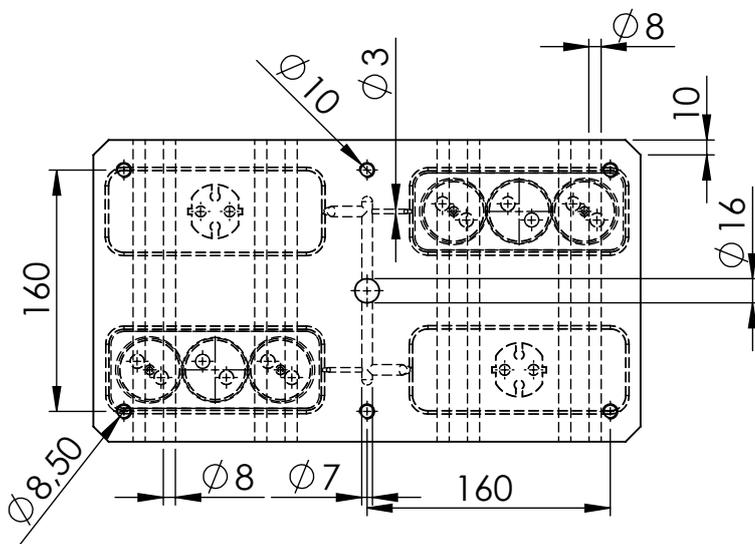
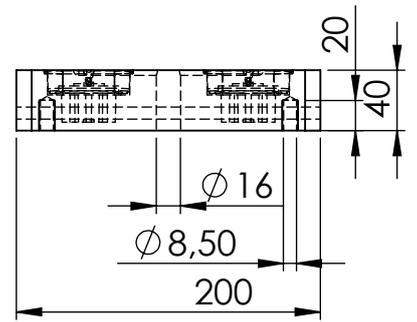
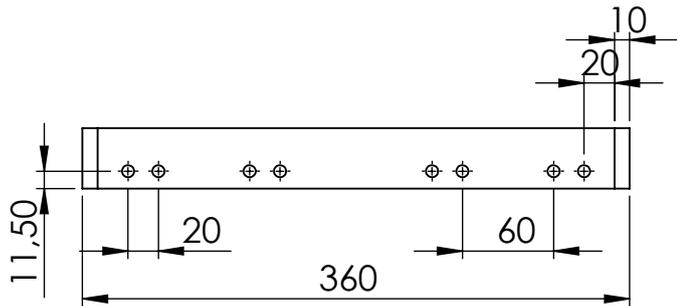
COUPE C-C

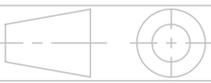


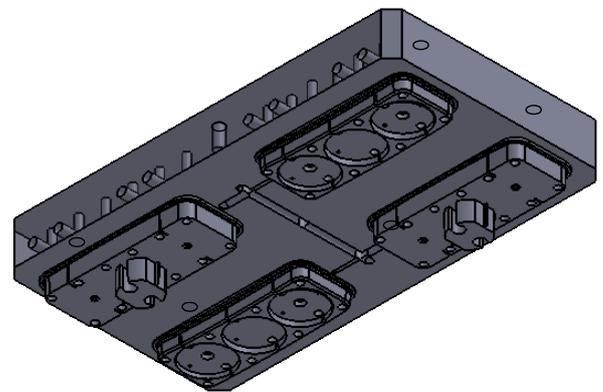
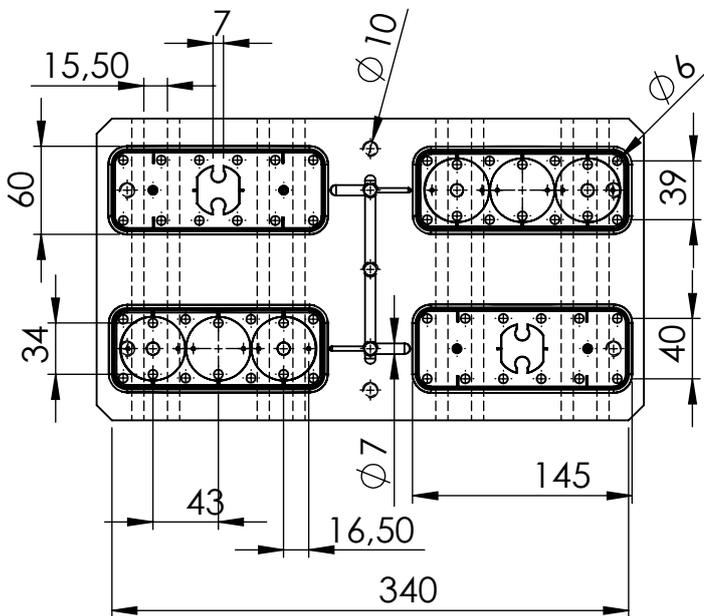
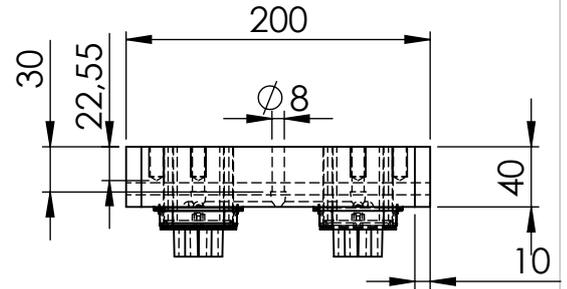
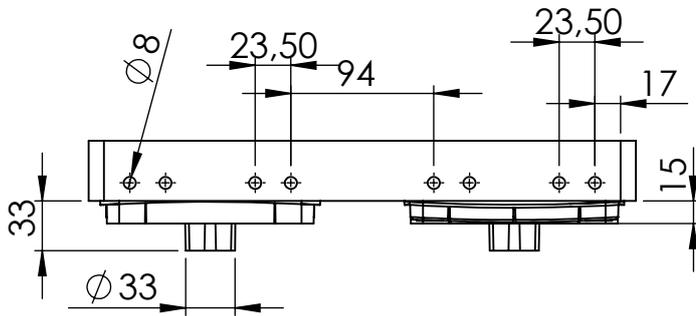
Ressort	51 Si 7	
Désignation	Matière	Observation
Echelle: 2:1	MOULE D'INJECTION PLASTIQUE D'UNE MULTIPRISE	2020-10-26
		Réalisé par: TABBAL AMMAR
A4	U M B B - FT - Fabrication Mécanique et Productique	



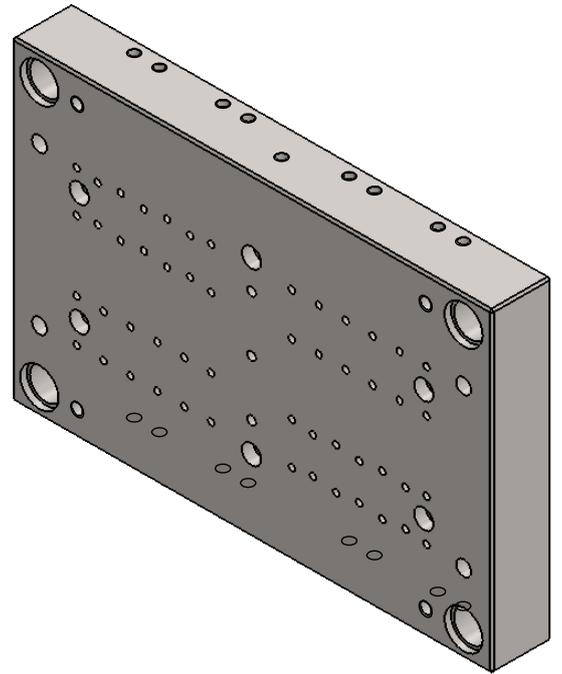
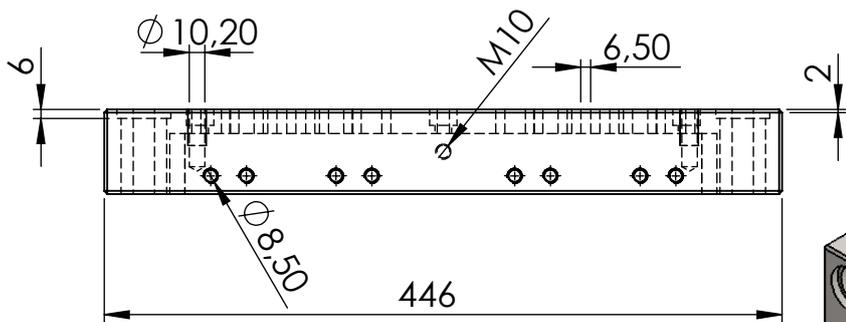
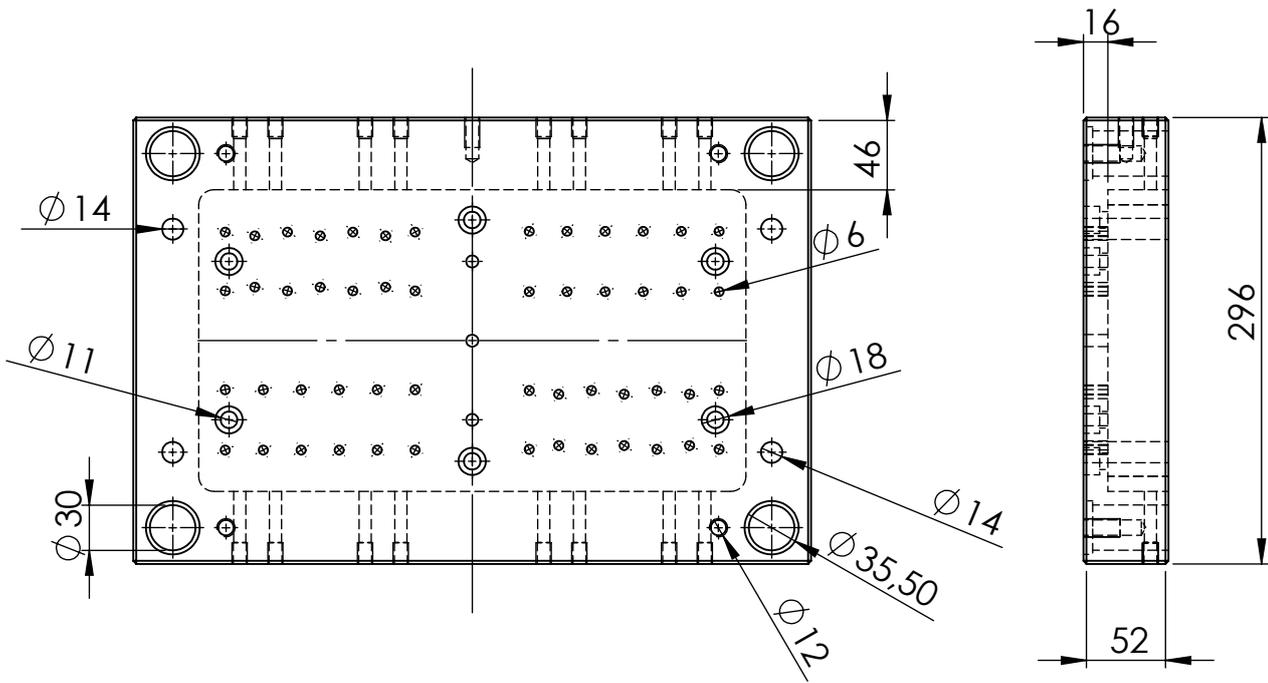
Tasseau		C45	
Désignation		Matière	Observation
Echelle: 1:5	MOULE D'INJECTION PLASTIQUE D'UNE MULTIPRISE		2020-10-26
			Réalisé par: TABBAL AMMAR
A4			



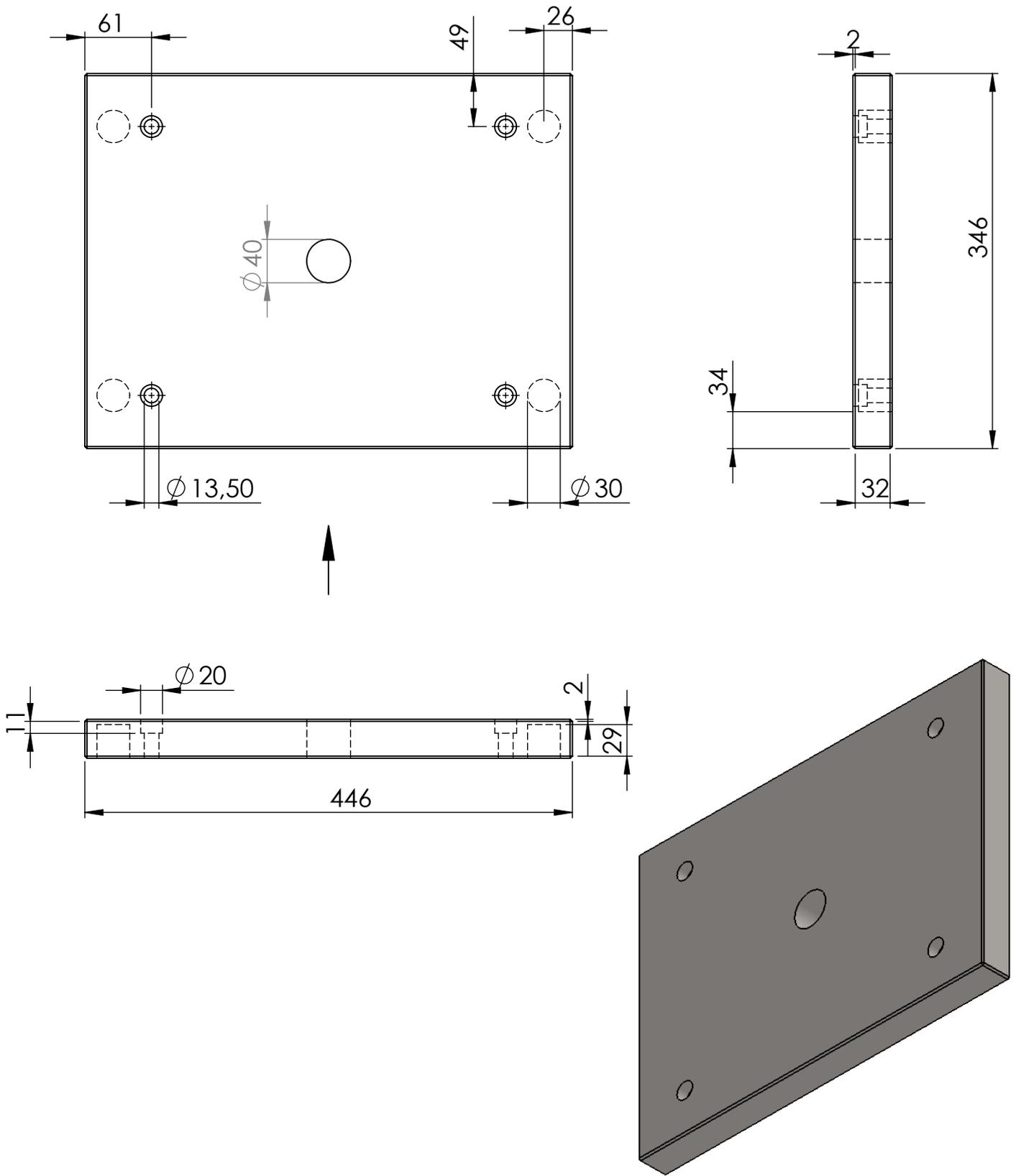
Empreinte fixe	X 19 Ni Cr Mo 6	
Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:5	MOULE D'INJECTION PLASTIQUE D'UNE MULTIPRISE	2020-10-26
		Réalisé par: TABBAL AMMAR
A4	U M B B - FT - Fabrication Mécanique et Productique	



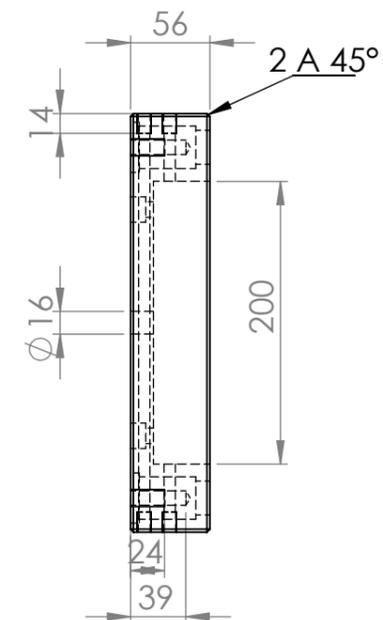
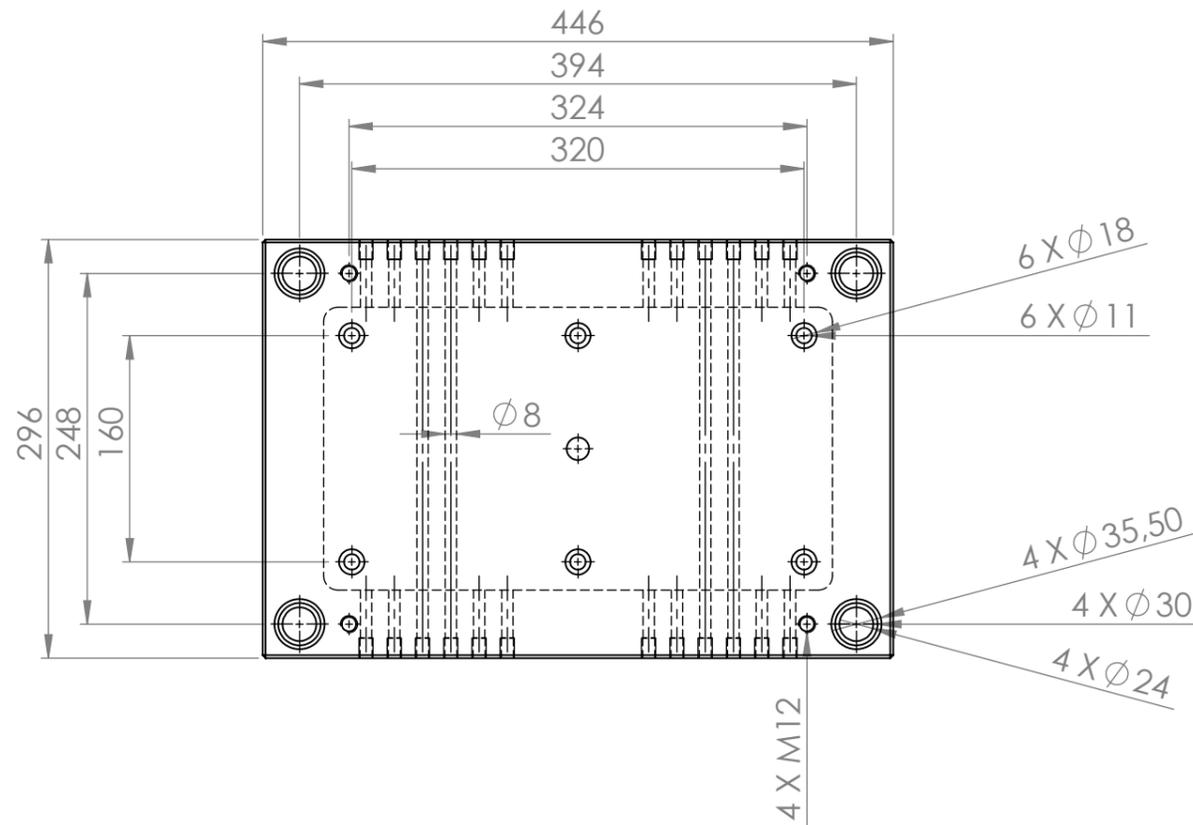
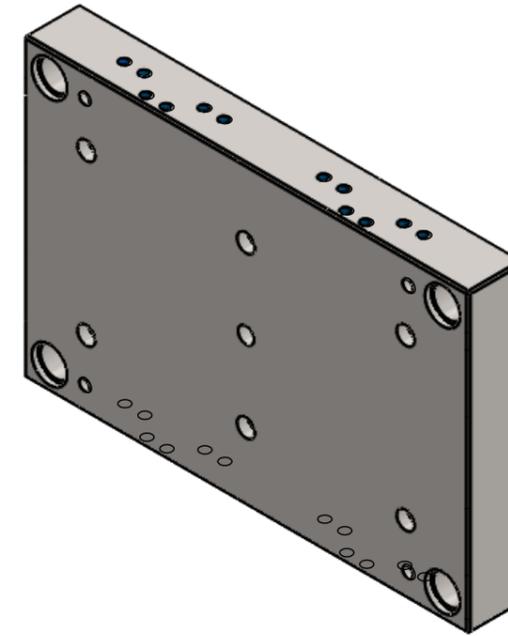
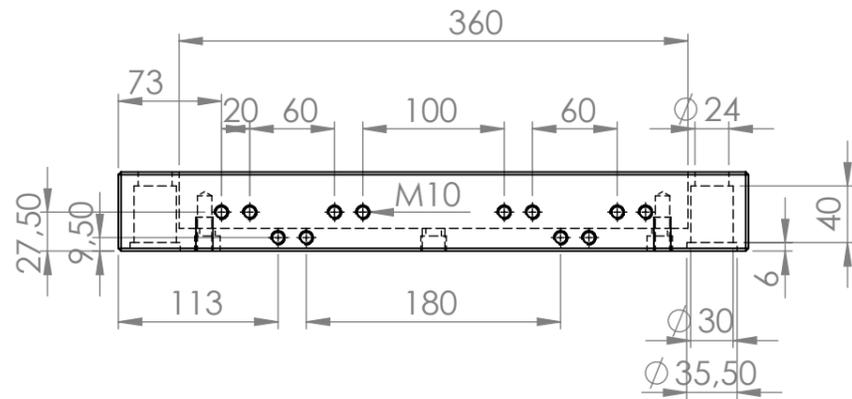
Empreinte mobile		X 19 Ni Cr Mo 6
Désignation		Matière
MOULE D'INJECTION PLASTIQUE D'UNE MULTIPRISE		Observation
Echelle: 1:5		2020-10-26
A4		Réalisé par: TABBAL AMMAR
U M B B - FT - Fabrication Mécanique et Productique		



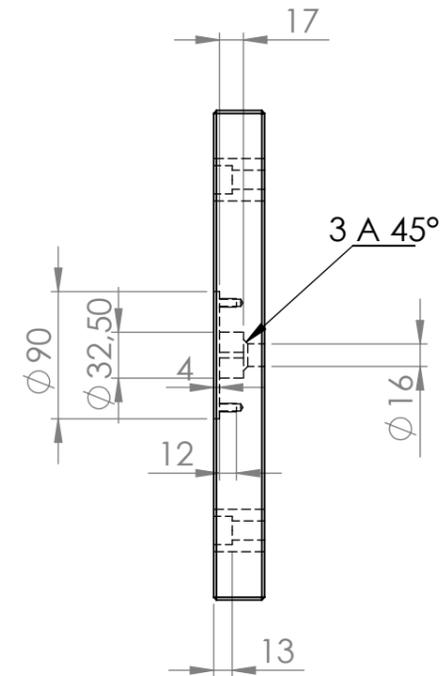
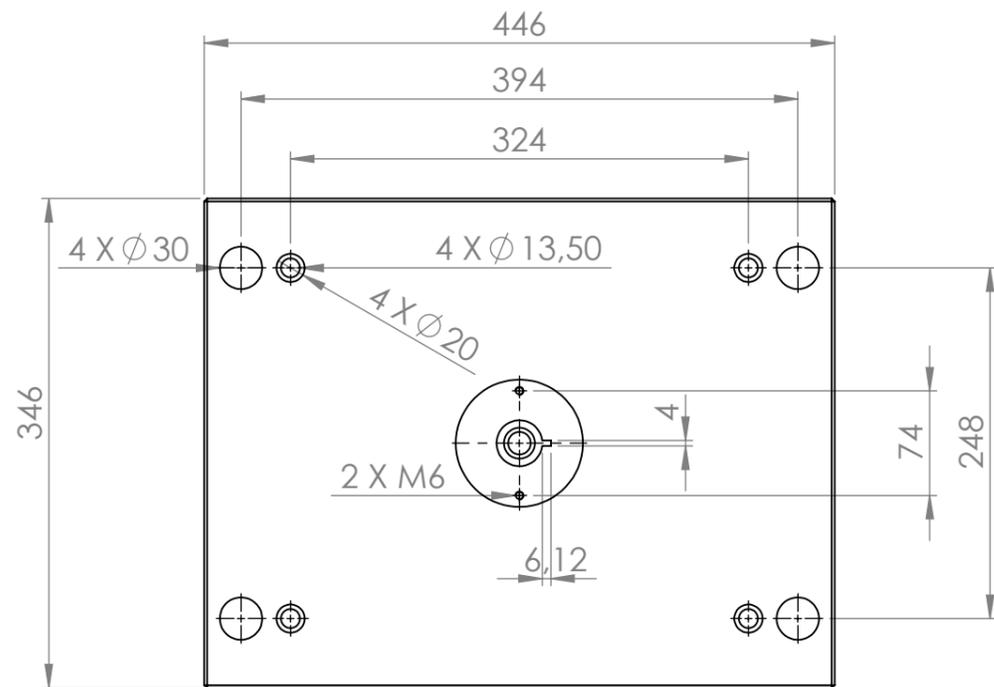
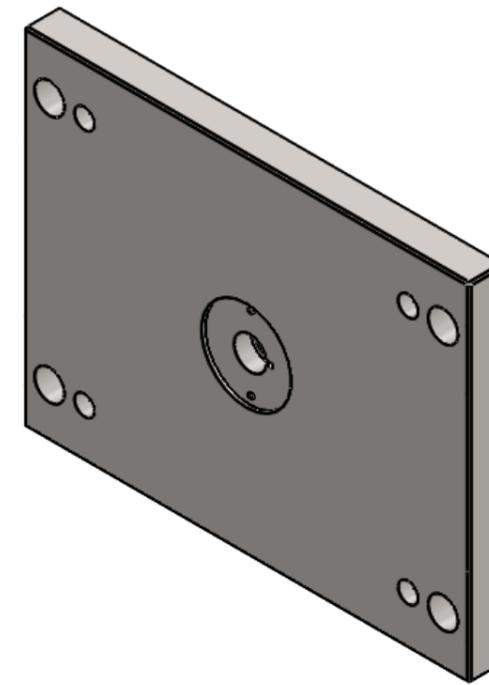
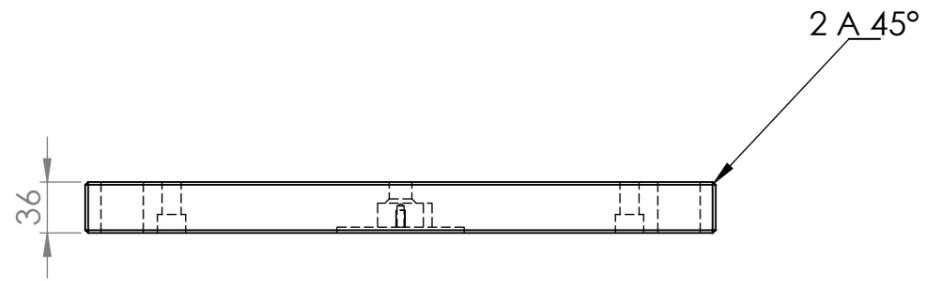
Porte empreinte mobile	17NiCrMo 6	
Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:5	MOULE D'INJECTION PLASTIQUE D'UNE MULTIPRISE	2020-10-26
		Réalisé par: TABBAL AMMAR
A4	U M B B - FT - Fabrication Mécanique et Productique	

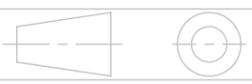


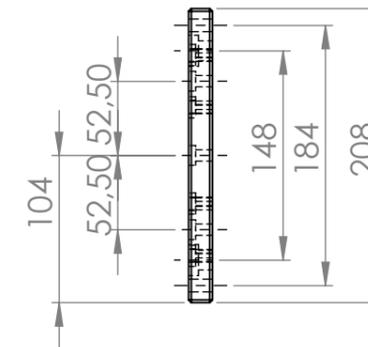
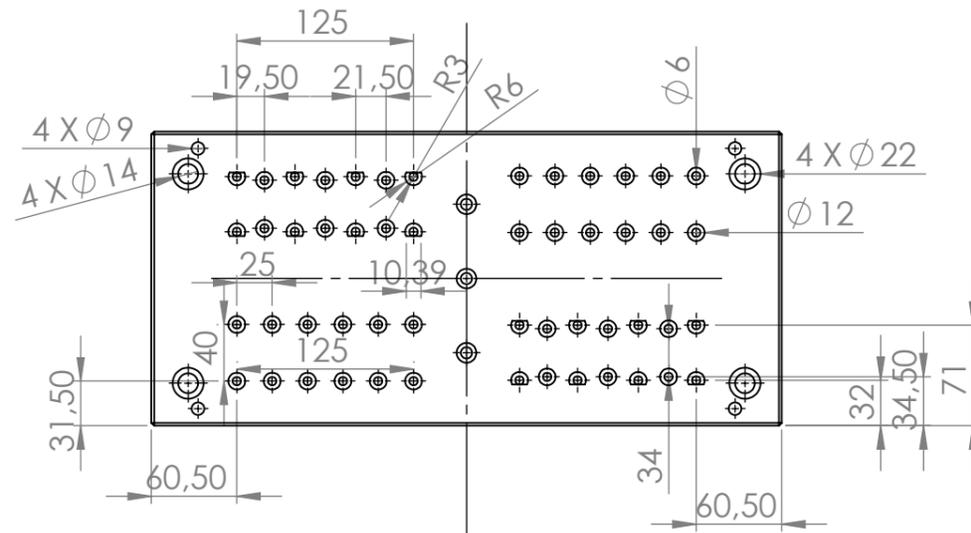
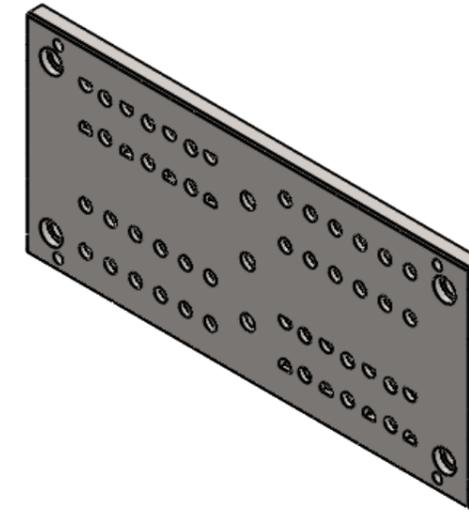
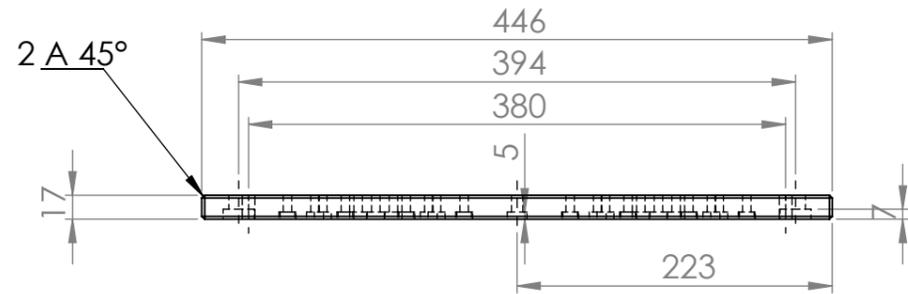
Semelle mobile		C45	
Désignation		Matière	Observation
Echelle: 1:5	MOULE D'INJECTION PLASTIQUE D'UNE MULTIPRISE		2020-10-26
			Réalisé par: TABBAL AMMAR
A4	U M B B - FT - Fabrication Mécanique et Productique		



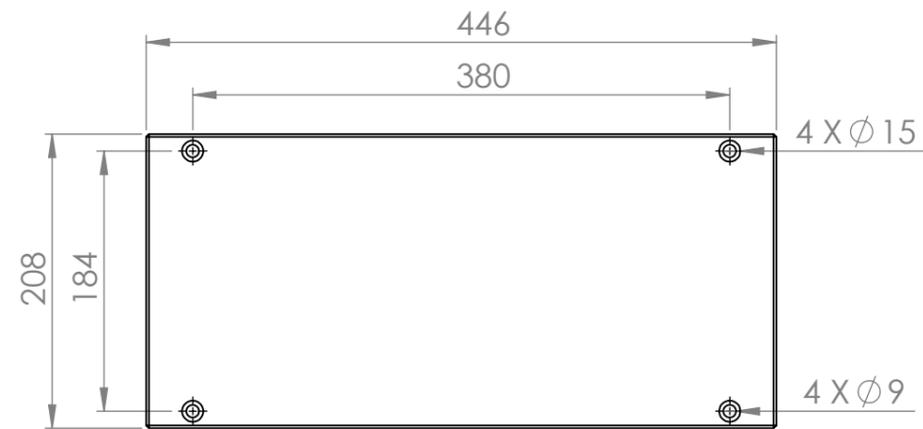
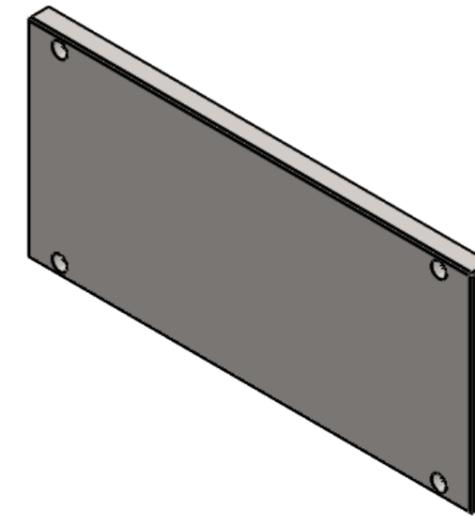
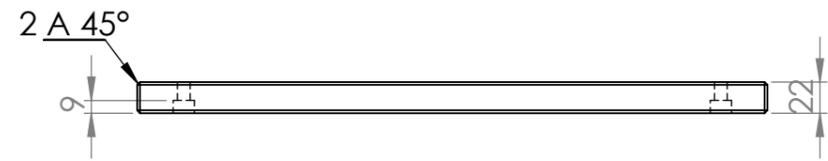
Porte noyau coté fixe	17NiCrMo 6	
Désignation	Matière	Observation
Echelle : 1/5	MOULE D'INJECTION PLASTIQUE D'UNE MULTIPRISE	2020-10-26
		Réalisé par: TABBAL AMMAR
A3	U M B B - FT - Fabrication Mécanique et Productique	



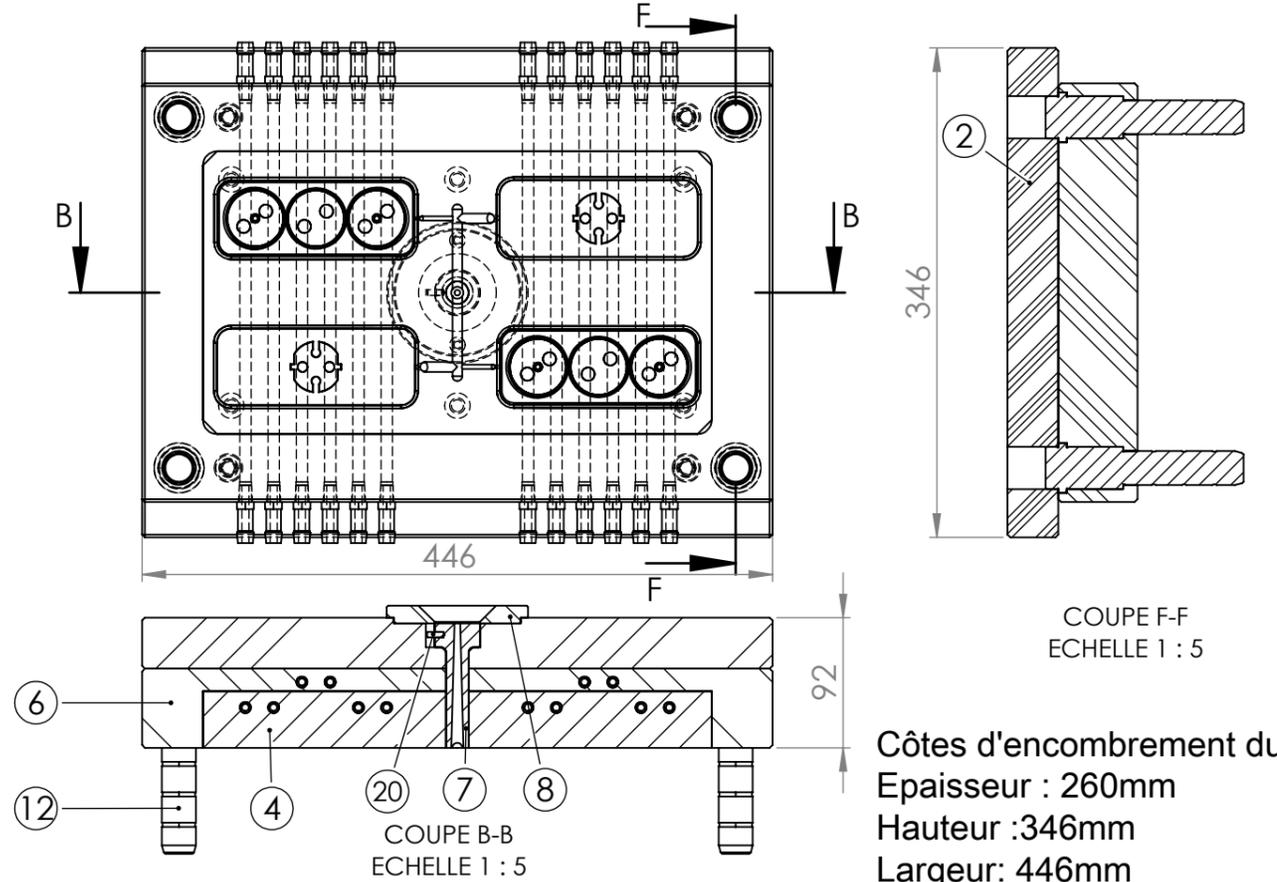
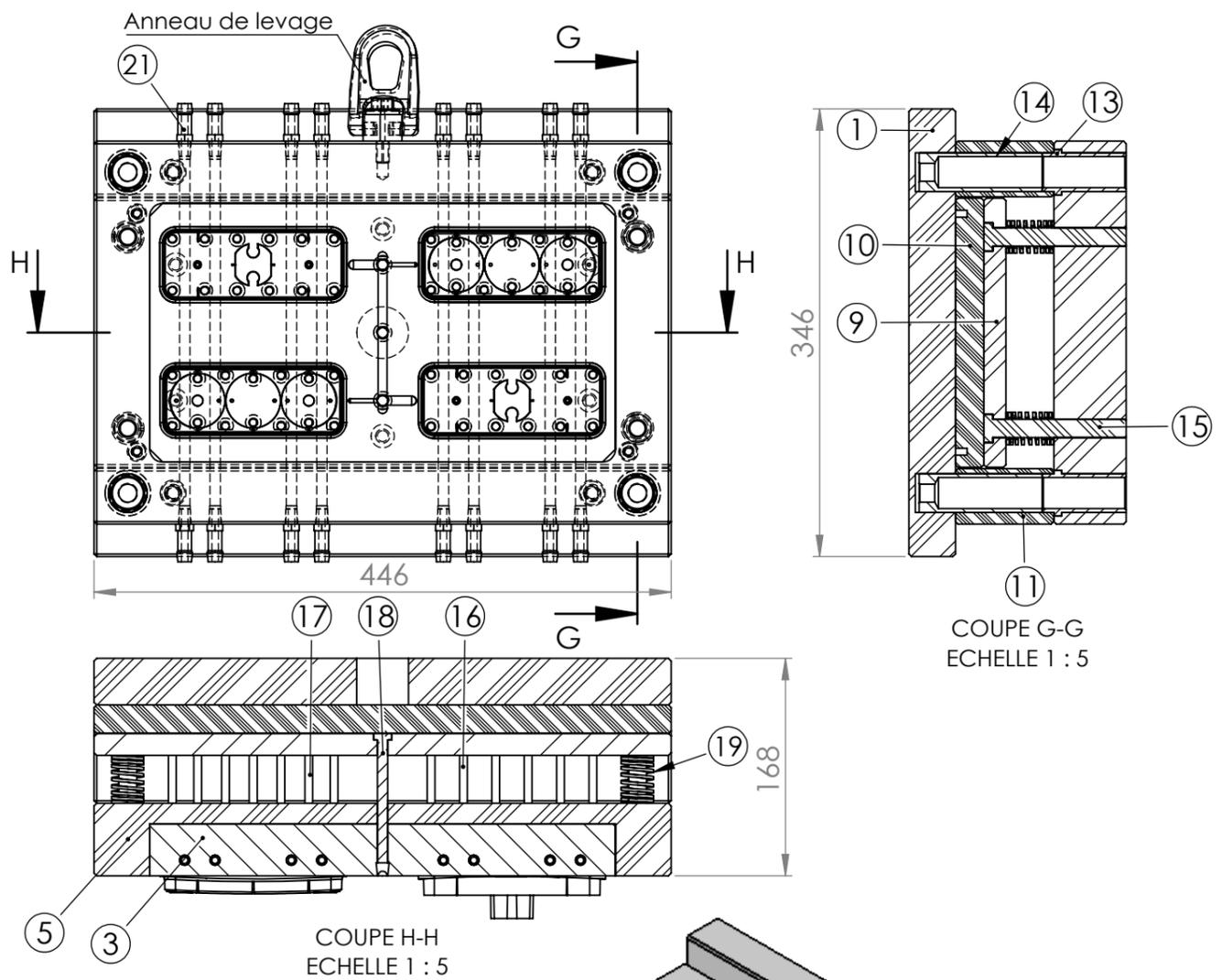
Semelle fix	C45	
Désignation	Matière	Observation
Echelle : 1/5	MOULE D'INJECTION PLASTIQUE D'UNE MULTIPRISE	2020-10-26
		Réalisé par: TABBAL AMMAR
A3	U M B B - FT - Fabrication Mécanique et Productique	



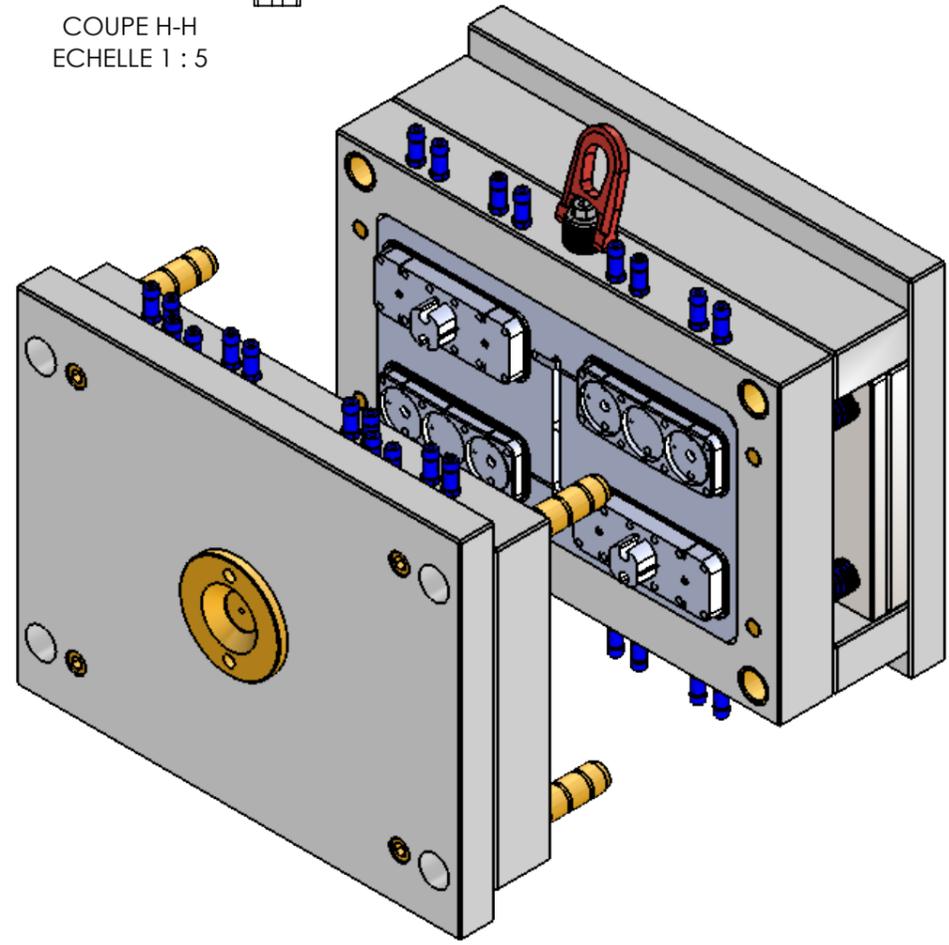
Plaque éjectrice	C45	
Désignation	Matière	Observation
Echelle : 1/5	MOULE D'INJECTION PLASTIQUE D'UNE MULTIPRISE	2020-10-26
		Réalisé par: TABBAL AMMAR
A3	U M B B - FT - Fabrication Mécanique et Productique	



Contre plaque éjectrice		C45	
Désignation		Matière	Observation
Echelle : 1/5	MOULE D'INJECTION PLASTIQUE D'UNE MULTIPRISE		2020-10-26
			Réalisé par: TABBAL AMMAR
A3	U M B B - FT - Fabrication Mécanique et Productique		



Côtes d'encombrement du moule:  
 Epaisseur : 260mm  
 Hauteur : 346mm  
 Largeur : 446mm



21	40	Pipette de raccordement	Acier	Cadmié
20	01	Goupille	Acier non allié	Trempé
19	04	Ressort	51 Si 7	Nitruré
18	03	Ejecteur arrache carotte	C45G	Nitruré
17	12	Ejecteur tete cylindrique L119	C45G	Nitruré
16	40	Ejecteur tete cylindrique L125	C45G	Nitruré
15	04	Colonne de guidage d'éjection	Acier	Nitruré
14	04	Douille de centrage	Acier allié	Cémenté, trempé
13	04	Bague à collerette	16MnCr5	Cémenté, trempé
12	04	Colonne de guidage	16MnCr5	Cémenté, trempé
11	02	Tasseau	C45	
10	01	Contre plaque éjectrice	C45	
09	01	Plaque éjectrice	C45	
08	01	Bague de centrage	C35	
07	01	Buse d'injection	35 Ni Cr 15	Recuit
06	01	Porte empreinte fixe	17NiCrMo 6	
05	01	Porte empreinte mobile	17NiCrMo 6	
04	01	Empreinte fixe (noyau)	X 19 Ni Cr Mo 6	
03	01	Empreinte mobile	X 19 Ni Cr Mo 6	
02	01	Semelle fixe	C45	
01	01	Semelle mobile	C45	
<b>Nbr</b>	<b>Rep</b>	<b>Désignation</b>	<b>Matière</b>	<b>Observation</b>

Echelle : 1/5

A3

**MOULE D'INJECTION PLASTIQUE  
D'UNE MULTIPRISE**

U M B B - FT - Fabrication Mécanique et Productique

2020-10-26

Réalisé par:  
TABBAL AMMAR