

---

**Université Abbes LAGHROUR Khenchela**



جامعة عباس لغرور خنشلة  
Faculté de Sciences et Technologie  
كلية العلوم والتكنولوجيا  
Département de Génie Mécanique  
قسم الهندسة الميكانيكية



# Mémoire

de fin d'études Pour l'obtention du diplôme  
de **Master (LMD)**

**Spécialité : Génie Mécanique**

**Option : Construction Mécanique**

## Thème

---

**Conception et modélisation d'un  
moule de presse d'injection plastique**

---

**Réalisé par :**

— IDEL Ammar

— TAKOUACHET Nabil

**Dirigé par : Mr. HIMEUR Nabil**

---

**Année universitaire : 2020-2021**

---

## ***REMERCIEMENTS***

Au terme de ce travail, nous saisissons cette occasion pour exprimer nos vifs remerciements à toutes les personnes ayant contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Nous souhaitons tout d'abord remercier Monsieur **Himeur nabil**, pour les conseils prodigués à notre égard et pour toutes les informations qui nous ont permis de réaliser ce modeste travail.

Nous exprimons également notre gratitude aux membres du jury d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Enfin nous tenons à remercier l'ensemble du corps enseignant de la filière génie mécanique, sans oublier bien sûr tous nos proches notamment nos parents pour leurs encouragements et leurs soutiens.

## *DÉDICACE*

Je dédie ce modeste travail

À tous mes parents

À mon frère

À toute la famille

À tous mes amis (es)

## Sommaire

<b>Introduction générale</b> .....	01
 <b>Chapitre I : Généralité de l'injection plastique</b>	
<b>I-1-Introduction</b> .....	03
<b>I-2-Histoire du plastique</b> .....	03
<b>I-3-Date importante de découvert</b> .....	04
<b>I-4-L'origine du plastique</b> .....	04
<b>I-5-La polymérisation</b> .....	04
I-5-a- La polycondensation.....	04
I-5-b- La polyaddition.....	05
I-5-c- La polymérisation radicalaire.....	05
<b>I-6-Les différentes familles de plastique</b> .....	05
I-6-a- Les thermoplastiques.....	05
I-6-b- Le thermodurcissable.....	05
I-6-c- Les élastomères.....	06
<b>I-7-Propretés des matières plastiques</b> .....	06
I-7-1-La Légèreté.....	06
I-7-2-La résistance mécanique.....	06
I-7-3-La transparence.....	06
I-7-4-L'inaltérabilité.....	06
I-7-5-L'esthétique.....	06
I-7-6-L'isolation.....	06
I-7-7-L'imperméabilité.....	07
I-7-8-La glisse.....	07
I-7-9-L'entretien.....	07
I-7-10-L'asepsie naturelle.....	07
<b>I-8- Les applications du plastique</b> .....	07
<b>I-9-Guide de sélection des matériaux</b> .....	08
<b>I-10-Les Thermoplastiques</b> .....	09
I-10-1-Thermoplastiques amorphes.....	09

I-10-2-Thermoplastiques semi-cristallins.....	09
<b>I-11-L'acrylonitrile butadiène styrène.....</b>	<b>11</b>
I-11-1-Propriétés de Acrylonitrile Butadiène Styrène(ABS).....	12
I-11-2-Les applications types de l'ABS sont les suivantes.....	12
<b>I-12-Procédés de transformations du plastique par injection.....</b>	<b>13</b>
I-12-1-Procédé de l'injection.....	13
I-12-2-Injection soufflage.....	14
I-12-3-Extrusion.....	15
I-12-4-Extrusion gonflage.....	15
I-12-5-Extrusion soufflage.....	16
I-12-6-L'expansionmoulage.....	16
I-12-7-Thermoformage.....	17
I-12-8-Calandrage.....	18
I-12-9-Roto moulage.....	19
<b>I-13-Machine d'injection.....</b>	<b>19</b>
<b>I-14-Fonctionnement de la machine à injection plastiques.....</b>	<b>20</b>
<b>I-15-Composants d'une presse d'injection.....</b>	<b>20</b>
<b>I-16-Les caractéristiques d'une presse à injection.....</b>	<b>21</b>
<b>I-17-Les différentes presses d'injection.....</b>	<b>21</b>
I-17-1-Presses horizontales.....	21
I-17-2-Presses verticales.....	21
I-17-3-Presses électriques.....	22
<b>I-18-Le procédé injection.....</b>	<b>22</b>
I-18-1-Le cycle d'injection.....	23
I-18-2-Quelques pièces plastiques injectées.....	24

## **Chapitre II : Les paramètres des presses d'injection plastique**

<b>II-1-Introduction.....</b>	<b>25</b>
<b>II-2-Définition.....</b>	<b>25</b>
<b>II-3-Structure d'outillage d'injection « Le moule ».....</b>	<b>28</b>
II-3-1-Nomenclature de moule.....	29
II-3-2-Terminologie des éléments constituant l'outillage.....	30

<b>II-4-Elément constitutif d'un moule</b> .....	30
II-4-1- La buse moule.....	30
II-4-2-La rondelle de centrage.....	30
II-4-3-Plaque arrière côté injection.....	30
II-4-4-Bague de guidage.....	30
II-4-5-Injection.....	30
II-4-6-Colonnes de guidage.....	30
II-4-7-Plaque porte empreinte côté éjection.....	30
II-4-8-Ejecteur de rappel.....	30
II-4-9-Ejecteurs.....	30
II-4-10-Tasseaux d'éjection.....	31
II-4-11-Plaque arrière côté éjection.....	31
II-4-12-Batterie d'éjection.....	31
II-4-13-Vis de fixations.....	31
II-4-14-Rainures de bridage.....	31
II-4-15-Circuit de régulation thermique.....	31
<b>II-5-Modélisation de la pièce</b> .....	31
II-5-1-Règle de conception.....	31
II- 5-2-Règles élémentaires de conception plastique.....	31
II-5-3-Dessin de la pièce.....	31
II-5-4-Epaisseurs de parois.....	32
II-5-5-Arrondis et congé de raccordement.....	32
II-5-6-Les nervures.....	32
II-5-7-Les fonds de pièces.....	32
II-5-8-Les dépouilles et contre-dépouille.....	32
II-5-9-Filetages et Taraudages.....	32
II-5-10-Le choix du plan de joint.....	33
II-5-11-Les pièces complexes.....	33
<b>II-6-Les éléments de base</b> .....	33
II-6-1-Plaque porte empreinte.....	33
II-6-2-La semelle avant.....	33
II-6-3-La semelle arrière.....	33
<b>II-7-Le système d'alimentation</b> .....	33
II-7-1-La buse.....	33

II-7-2-Les Canaux.....	33
II-7-3-Les seuils d'injections.....	34
<b>II-8-L'architecture du moule.....</b>	<b>34</b>
II-8-1-Moule a deux plaques.....	34
II-8-2-Moule a tiroir.....	36
II-8-3-Moule a coquilles.....	36
II-8-4-Moules A Canaux Chauds.....	36
<b>II-9-Empreintes du moule.....</b>	<b>36</b>
II-9-1-Nombres d'empreintes.....	36
II- 9-2-Matériaux constitutifs de l'empreinte.....	36
II- 9-2-1- Généralités .....	36
II-9-2-1-a-Acier.....	37
II- 9-2-1-b-Alliage de cuivre.....	37
II- 9-2-1-c-Alliage d'aluminium.....	37
II-9-3-Régulation de température.....	38
II- 9-4-Fermeture du moule.....	38
II-9-5-L'unité de fermeture et verrouillage.....	38
II-9-5-a-Fermeture mécanique par genouillère.....	39
II-9-5-b-Fermeture hydraulique avec genouillère.....	39
II-9-5-c-Fermeture hydraulique a un vérin.....	39
II-9-5-d-Fermeture hydraulique multi-vérins.....	40
II-9-6-Force de fermeture.....	40
II-9-6-a-Méthode de calcul de la force de fermeture.....	40
II-9-6-b-Les efforts sur une presse.....	41
II-9-7-Autres fonctions assurées par le moule.....	42
II-9-8-Fabrication de moule.....	42
II-9-8-a-Usinage à grande vitesse (UGV).....	43
II-9-8-b-Usinage par enlèvement de particules ou électroérosion.....	43
II-9-8-c-Forçage à froid.....	43
II-9-8-d-Electro-dépositions.....	43
II-9-9-Remplissage du moule.....	44
II-9-9-a-Organes constitutifs de la machine.....	44
II-9-9-b-Chauffage du filet.....	44
II-9-9-c-Système vis-piston.....	44

II-9-9-d-Clapet de vis.....	44
-----------------------------	----

## **Chapitre III : Application sur le moule de presse d'injection plastique**

<b>III-1-Introduction.....</b>	<b>45</b>
<b>III-2-Généralité sur les logiciels de CAO.....</b>	<b>45</b>
III-2-1-Les logiciels 2D.....	45
III-2-2-Logiciels 3D filaire.....	45
III-2-3-Logiciels 3D surfacique.....	45
III-2-4-Logiciels 3D volumiques.....	45
III-2-5-La CAO volumique au service du mouliste.....	47
III-2-6- Les avantages de la conception des moules par CAO.....	47
<b>III-3-Méthodologie et conception de moules par logiciel CAO (Solidworks).....</b>	<b>47</b>
III-3-1-Conception du moule par Solidworks.....	47
III-3-2-Application.....	48
III-3-3-Le choix de la machine.....	48
III-3-4-La capacité d'injection.....	49
III-3-5-La matière utilisée.....	50
III-3-6-Caractéristiques principales.....	50
III-3-7-Caractéristique de base.....	50
<b>III-4-La presse d'injection plastique ALLROUNDER 320 S.....</b>	<b>51</b>
III-4-1-Caractéristiques techniques.....	51
<b>III-5-La fabrication d'une chaise.....</b>	<b>52</b>
III-5-1-Etape 01 : chargé la trémie.....	52
III-5-2-Etape 02 : phase de plastification.....	52
III-5-3-Etape 03 : phase de remplissage.....	53
III-5-4-Etape 04 : phase de compactage.....	53
III-5-5-Etape 05 : le maintien et refroidissement de la pièce.....	53
III-5-6-Etape 06 : l'éjection de la pièce.....	53
<b>III-6-Conditions du processus.....</b>	<b>53</b>
<b>III-7-Conditions de refroidissement.....</b>	<b>53</b>
<b>III-8- Description de moule.....</b>	<b>54</b>
<b>III-9- Etude du comportement mécanique par la simulation numérique.....</b>	<b>61</b>
III-9-1-Partie mobile.....	61

III-9-2-Partie fixe.....	63
III-9-3-La pièce moulé (chaise).....	67
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>70</b>
<b>Résumé.....</b>	<b>71</b>
<b>Bibliographique.....</b>	<b>72</b>

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau (I-1) :</b> Date importante de découvert.....	04
<b>Tableau (I-2) :</b> Comparatif des différentes matières plastiques.....	10
<b>Tableau (I-3) :</b> Propriétés de l'ABS.....	12
<b>Tableau (II-1) :</b> Matériaux pour la fabrication des moules.....	26
<b>Tableau (II-2) :</b> Terminologie des éléments constituant l'outillage.....	30
<b>Tableau (III.1) :</b> Poids injectés théoriques pour les matières plastiques les plus importantes.....	49
<b>Tableau (III-2) :</b> Caractéristique de base.....	50
<b>Tableau (III-3) :</b> Caractéristique mécanique et physique.....	50
<b>Tableau (III-4) :</b> Caractéristiques techniques presse arburg allrounder 320 S Unité de fermeture.....	51
<b>Tableau (III-5) :</b> Caractéristiques techniques presse arburg allrounder 320 S Unité d'injection.....	52

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure (I-1) : Répartition des marchés de la plasturgie.....</b>	<b>08</b>
<b>Figure (I-2) : Procède de l'injection.....</b>	<b>14</b>
<b>Figure (I-3) : Injection soufflage.....</b>	<b>14</b>
<b>Figure (I-4) : Extrusion.....</b>	<b>15</b>
<b>Figure (I-5) : Extrusion gonflage.....</b>	<b>16</b>
<b>Figure (I-6) : Extrusion soufflage.....</b>	<b>16</b>
<b>Figure (I-7) : L'expansion moulage.....</b>	<b>17</b>
<b>Figure (I-8) : Thermoformage.....</b>	<b>18</b>
<b>Figure (I-9) : Malaxage.....</b>	<b>19</b>
<b>Figure (I-10) : Presse d'injection plastique.....</b>	<b>19</b>
<b>Figure (I-11) : Presse d'injection plastique.....</b>	<b>20</b>
<b>Figure (I.12) : Les étapes du procédé d'injection.....</b>	<b>23</b>
<b>Figure (I.13) : Quelques pièces plastiques injectées.....</b>	<b>24</b>
<b>Figure (II-1) : Moule d'injection plastique.....</b>	<b>26</b>
<b>Figure(II-2) : Matériaux élément standards du moule.....</b>	<b>27</b>
<b>Figure (II-3) : Vue éclatée d'un moule d'injection plastique.....</b>	<b>29</b>
<b>Figure (II-4) : Les plateaux de moule.....</b>	<b>32</b>
<b>Figure (II-4) : Les différents composants du moule, vue en 2D.....</b>	<b>35</b>
<b>Figure (II-6) : L'unité de fermeture et verrouillage.....</b>	<b>38</b>
<b>Figure (II-7): Fermeture double genouillère.....</b>	<b>39</b>
<b>Figure (II-8): Fermeture simple genouillère.....</b>	<b>39</b>
<b>Figure (II-9) : Fermeture hydraulique avec genouillère.....</b>	<b>39</b>
<b>Figure (II-10) : Fermeture hydraulique a un vérin.....</b>	<b>40</b>
<b>Figure (II-11) : Les différentes forces appliquées au système d'injection.....</b>	<b>41</b>
<b>Figure (III-1) : Logiciels de CAO (Solidworks).....</b>	<b>46</b>
<b>Figure (III-2) : Presse d'injection plastique.....</b>	<b>51</b>
<b>Figure (III-3) : Moule d'injection plastique état ouvert.....</b>	<b>54</b>
<b>Figure (III-4) : Concentration des contraintes de Von Mises dans le moule (partie mobile) sous Solidworks.....</b>	<b>61</b>
<b>Figure (III-5) : La répartition des contraintes sur le moule (partie mobile) sous Solidworks.....</b>	<b>61</b>
<b>Figure (III-6) : L'évolution des déplacements au niveau du moule sous Solidworks.....</b>	<b>62</b>

<b>Figure (III-7) :</b> Concentration des contraintes de Von Mises dans le moule (partie fixe) sous Solidworks.....	63
<b>Figure (III-8) :</b> L'évolution des déplacements au niveau du moule (partie fixe) sous Solidworks.....	64
<b>Figure (III-9) :</b> la sélection des points d'axe de diagonal au moule partie mobile sous abaqus .....	65
<b>Figure (III-10) :</b> L'évolution de la contrainte de Von Mises à travers l'axe de la diagonale de moule (partie mobile).....	65
<b>Figure (III-11) :</b> La sélection des points d'axe de diagonal au moule partie fixe sous Abaqus.....	66
<b>Figure (III-12) :</b> L'évolution de la contrainte de Von Mises à travers l'axe de la diagonale de moule (partie fixe) .....	66
<b>Figure (III-13) :</b> La concentration des contraintes Von Mises au niveau de la pièce moulée sous Solidworks.....	67
<b>Figure (III-14) :</b> La concentration des contraintes Von Mises au niveau de la pièce moulée vue de bas sous Solidworks.....	68
<b>Figure (III-15) :</b> Les déplacements axiale au niveau la pièce moulée vue de bas sous Solidworks.....	68
<b>Figure (III-16) :</b> Les déplacements axiale au niveau la pièce moulée sous Solidworks.....	69

## **LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS**

<b>ABS</b>	Acrylonitrile Butadiène Styrène
<b>PC</b>	Polycarbonate
<b>PP</b>	Polypropylène
<b>PS</b>	Polystyrène
<b>PVC</b>	Polychlorure De Vinyle
<b>SAN</b>	Styrène Et D'acrylonitrile
<b>ASTM</b>	American Society Of Testing And Materials
<b>DTA</b>	Differential Thermal Analysis
<b>ISO</b>	Organisation Internationale De Normalisation
<b>LCD</b>	Liquid Crystal Display
<b>PTFE</b>	Polytétrafluoroéthylène
<b>UGV</b>	Usinage A Grande Vitesse
<b>CAO</b>	Conception Assisté Ordinateur
<b>DAO</b>	Dessin Assisté Par Tâche Ordinateur
<b>FAO</b>	Fichier Assisté Ordinateur
<b>DIN</b>	German Institute for Standardization
<b>BE</b>	Bureau D'étude
<b>PA</b>	Polycondensation l'acide Adipique

# Introduction générale

Depuis la révolution industrielle, l'industrie du plastique a connu un essor considérable. En tant que processus de production, la transformation des thermoplastiques n'a cessé de se développer et de devenir de plus en plus précis, automatiques et rapide. Ce développement a façonné radicalement la notion de « moule » passant du primitif au virtuelle avec l'avènement de la 3D.

« Le moulage » qui permet la reproduction en série d'une forme préalablement conçue est devenu la clé dans la production de masse. Sous sa forme la plus primitive, le moulage était fait avec du sable, de la cire perdue ou des moules rigides. Aujourd'hui, avec l'avancée technologique considérable qu'a connue l'humanité, le moulage par « injection » et le procédé de prédilection utilisé par les industriels et « l'injection plastique » est la plus répandue grâce au cout minime qui en découle et les propriétés du matériau utilisé qui permettent d'avoir un produit fini très variable en forme et en dimension. Ces qualités ont permis la substitution des anciens matériaux comme l'acier et le bois par le plastique dans les domaines de l'emballage, la construction et l'industrie automobile, notamment.

En Algérie, le domaine du moulage par injection n'est pas traité à sa juste valeur vue que l'économie nationale est plus orientée vers l'importation des denrées alimentaires et autres consommables au détriment de la technologie. Par conséquent, l'injection plastique, en tant que technique de moulage qui fournit aux différentes industries les éléments importants à leur fonctionnement, n'est pas une partie prenante dans le processus global de l'industrie nationale en tant que fournisseur interne indépendant des opérateurs internationaux.

Le procédé d'injection plastique permet de produire à grande cadence, avec une grande régularité, et de façon automatique, des pièces en plastiques de formes complexes, d'où le sujet de cet exposé. Nous allons voir le mode opératoire de l'injection plastique qui englobe ses phénomènes, ses éléments de fonctions et la maîtrise du logiciel de conception ainsi que les différentes architectures du moule.

Notre objectif c'est une conception et modélisation d'un moule d'injection plastique et les différentes techniques de transformation des matières, nous avons basée sur l'étude des paramétriques dans moule de la presse à injection des plastiques.

Avec ce modeste travail on va présenter et fournir des informations sur la connaissance des matières es outillage et des outillages et des technologies de transformation et de conception, la mémoire va structurer comme suite ;

Dans le premier chapitre nous allons montrer les généralités de l'injection plastique.

Dans le deuxième chapitre nous allons décrire les paramètres des presses d'injection.

Dans le troisième chapitre nous montrer les règles de base de conception de moule.

# **Chapitre I**

## **Généralité de**

### **l'injection plastique**

## I-1-Introduction

Les matières plastiques sont des matériaux organiques (issus des êtres vivants) 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. Qu'est-ce que les monomères ?

Les monomères sont des molécules organiques, qui sont constituées essentiellement de carbone (C) et d'hydrogène (H). L'oxygène(O) et l'azote (N) sont en faibles proportions. Qu'est-ce qu'un polymère ?

Molécule constituée de monomères unis les uns aux autres par des liaisons covalentes. (Liaison entre deux atomes résultant de la mise en commun de deux électrons provenant séparément de chacun d'eux).[1]

Les caractéristiques d'un polymère dépendent en premier lieu du ou des monomères dont il est issu et un monomère peut conduire à deux polymères avec des propriétés mécaniques.

## I-2-Histoire du plastique

Le nom de plastique recouvre un ensemble de matériaux organiques de synthèse.

La matière de base de leur fabrication, la résine, est constituée de macromolécules appelées "polymères".

On y ajoute des additifs et adjuvants pour améliorer les propriétés chimiques et physiques de ces matériaux (résistance aux chocs, couleur, plasticité).

Les matières plastiques sont nées sont pratiquement avec le 20<sup>e</sup> siècle.

L'histoire des matières plastiques remonte cependant à l'Égypte Antique, car les égyptiens employaient des colles à bases de gélatine, caséine et albumine.

L'histoire du plastique a commencé en 1838 lorsqu'Henri Regnault a synthétisé du Pvc pour la première fois, mais cette découverte est restée sans suite.

C'est en 1869 que les frères Hyatt ont mis au point le celluloïd qui est considéré comme la toute première matière plastique artificielle.

Le PVC ou chlorure de polyvinyle est inventé en 1880. En 1889, le chimiste français Jean-Jacques Trillât obtient de la galalithe endurcissant la caséine du lait. Cette matière, plus dure que la corne, sera ensuite utilisée pour fabriquer les boules de billard ainsi que d'autres articles courants (boutons, bijoux fantaisie, stylos). [1]

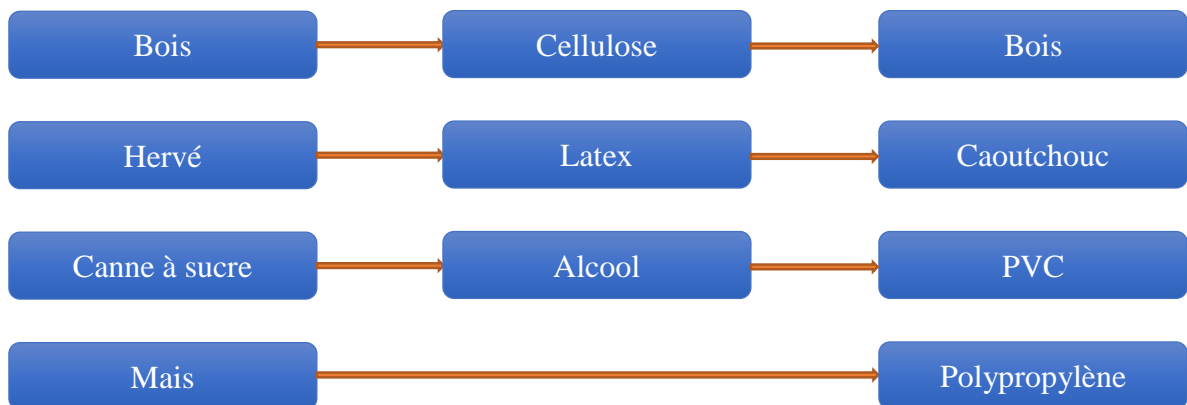
I-3-Date importante de découvert

Tableau (I-1) : Date importante de découvert.

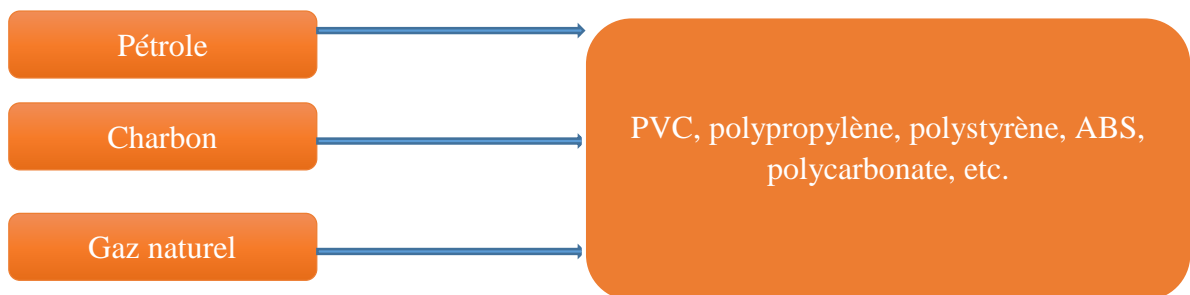
Date de découvert	Produit découvert	Découvert par
1913	PVC	Par le professeur KLATTE
1924	Plexiglas	Par BAKER
1933	Polystyrène	Par WUFF en Allemagne
1935	Polyéthylène	Grand Bretagne par FAWCETTE et GIBSON
1938	Téflon	Par l'ingénieur ROY J. PLUNCKETT
1946	ABS	Aux U S A
1954	Polypropylène	Par l'italien NATTA

I-4-L'origine du plastique [2]

- Origine végétale



- Origine naturelle : (90% de la production plastique)



I-5-La polymérisation

I-5-a- La polycondensation

Lors d'une polycondensation, de nombreuses petites molécules de type A, Ou en général de deux types : A et B, appelées monomères, se lient les unes aux autres, alternativement, un très grand nombre de fois, pour donner des molécules géantes appelées macromolécules. On utilise alors un catalyseur pour augmenter la vitesse à laquelle se fait la

réaction. La polycondensation s'accompagne de la libération d'une espèce chimique comme l'eau par exemple. [3]

### **I-5-b-La polyaddition**

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

### **I-5-c-La polymérisation radicalaire**

La polymérisation radicalaire est une polymérisation en chaîne qui comme son nom l'indique fait intervenir comme espèce active des radicaux. Elle est constituée de trois étapes simultanées :

- L'amorçage. Cette étape consiste à séparer l'amorceur (molécule chimique) qui va faire apparaître un radical sur chaque molécule. Ceux-ci vont amorcer la réaction.
- La propagation. Elle est la principale étape de la polymérisation radicalaire. C'est au cours de cette étape que la chaîne macromoléculaire se forme par addition successive d'unités monomères sur le « macro-radical » en croissance.
- La terminaison. Elle est la dernière étape qui consiste à associer de deux chaînes macromoléculaires entre elles. [3]

## **I-6-Les différentes familles de plastique**

Il existe trois grandes familles de plastique : les thermoplastiques, les thermodurcissables et les élastomères. Elles ont toutes trois des propriétés différentes.

**I-6-a-Les thermoplastiques :** ont la propriété d'être malléables lorsqu'on les chauffe. Une fois refroidis, ce sont des plastiques durs.

Les thermoplastiques conservent leurs propriétés. Ils sont réversibles et facilement recyclables.

Dans les thermoplastiques, il existe entre autre : Polycarbonate (utilisé pour les fours à micro-ondes), PVC (utilisé pour l'isolation, et les contours de fenêtres), Polyéthylène (utilisé pour les sacs plastiques).

**I-6-b- Le thermodurcissable :** est un polymère ne pouvant être mis en œuvre qu'une seule fois. Il est insoluble et une fois durci, on ne peut pas changer sa forme. C'est une résine utilisée dans l'industrie, qui, après polymérisation (montée en chaleur) ne reviendra pas à son état initial (liquide ou pâteux). Quelques exemples : le polyamide (circuits imprimés), le Polyester insaturé (fibres textiles).

**I-6-c-Les élastomères :** ont les mêmes qualités élastiques que le caoutchouc c'est-à-dire qu'ils supportent de très grandes déformations avant rupture. Ils ont une contrainte :

Ils peuvent se déformer. Ils ont une bonne élasticité, grâce à la vulcanisation qui consiste à cuire avec différents agents chimiques les molécules pour les rendre flexibles. Les élastomères les plus utilisés sont :

- Le caoutchouc naturel issu du latex.
- Le poly isoprène synthétique.
- Le polybutadiène.
- Le styrène-butadiène.

Grâce aux propriétés des différents plastiques, la diversité des demandes de l'utilisateur est satisfaite. Ces trois grandes familles regroupent donc une multitude de plastiques différents selon les caractéristiques attendues. [3]

### **I-7-Propriétés des matières plastiques**

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

#### **I-7-1-La Légèreté**

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

#### **I-7-2-La résistance mécanique**

- Elle est variable suivant la composition chimique.[2]
- Les pièces plastiques sont plus légères que les pièces métalliques assurant les mêmes fonctions. [2]

#### **I-7-3-La transparence**

- Certains plastiques ont un coefficient de transmission de la lumière voisin de celle du verre, et bon nombre sont transparent ou translucides.[2]

#### **I-7-4-L'inaltérabilité**

- Ils résistent aux agressions extérieures et à de nombreux produits chimiques.
- Certains demandent une protection contre les ultra-violets.[2]

#### **I-7-5-L'esthétique**

Les couleurs sont variées et les possibilités de mise en œuvre nombreuses. L'aspect lisse et fini du matériau confère à l'objet une impression "design".[2]

#### **I-7-6-L'isolation**

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

### **I-7-7-L'imperméabilité**

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

### **I-7-8-La glisse**

Ils possèdent le plus souvent un faible coefficient de frottement. [2]

### **I-7-9-L'entretien**

- Ils sont d'un entretien facile. - Ils ne nécessitent aucun traitement de surface. - Ils résistent à la corrosion. [2]

### **I-7-10-L'asepsie naturelle**

- Les matières plastiques transformées à des températures supérieures à 150' C apportent l'asepsie aux.

-Emballages qu'elles permettent de fabriquer. [2]

## **I-8- Les applications du plastique**

Les plastiques ont eu une utilisation croissante ces dernières années. En effet, ce matériau a des caractéristiques très avantageuses. Dans le milieu de l'agriculture, il a permis aux agriculteurs d'augmenter les rendements des récoltes plus précoces, de diminuer la dépendance vis à vis des herbicides et des pesticides, d'établir une meilleure protection de nos produits alimentaires et de conserver plus efficacement l'eau. Ceci grâce à l'utilisation de tuyaux en PVC, de bac de propagations, des filets de protection ou des plaques de plastique qui recouvrent les hangars et serres.

Le domaine du sport et du loisir a su aussi profiter des qualités du plastique qui y est un matériau primordial notamment pour les pistes d'athlétisme qui permettent de nouveaux records, des vêtements respirant aux chaussures ultra légères et aux équipements de protection. Le plastique a entièrement révolutionné le monde sportif. Ceci sans oublié leur utilisation dans les stades. On notera qu'il a permis, notamment au football d'avoir des ballons plus rapides et des raquettes de tennis légères et solides. Dans le milieu marin, il permet de produire des coques.

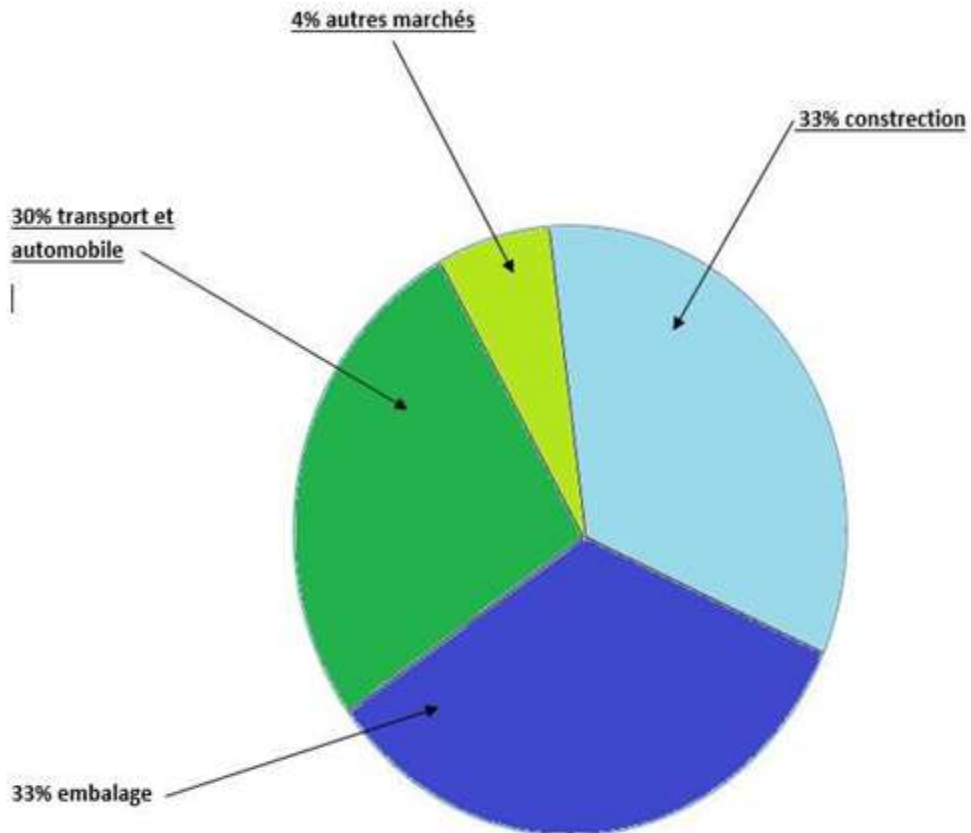
Tout cela sans oublier qu'il est aussi très utile pour les équipements de protection comme les genouillères ou les casques pour le ski. Le plastique a littéralement révolutionné le sport moderne.

Les plastiques ont pris une place importante dans l'automobile depuis sa création. On le trouve autant dans le moteur (embrayage, pompe à huile...) que dans la carrosserie ou même dans l'habitacle (compteur, tableau de bord...).

C'est un composant plus léger, plus modelable, plus durable. C'est aussi un élément que l'on trouve de plus en plus dans notre quotidien. De plus, le plastique est facile à produire. En

effet, contrairement au carbone, au cuivre etc., le plastique, à la sortie des usines de production, est prêt à être façonné.

Le plastique est donc réellement utile et présent dans notre quotidien. [3]



**Figure (I-1) :** Répartition des marchés de la plasturgie.

### I-9-Guide de sélection des matériaux

Les plastiques sont utilisés de plus en plus pour remplacer d'autres matériaux comme le bronze, l'acier inoxydable, l'aluminium et la céramique. Voici les raisons les plus populaires pour passer aux plastiques :

- Longue durée de vie de la pièce.
- Elimination de la lubrification.
- Réduction de l'usure des pièces d'appui.
- Augmentation de la vitesse de production/de ligne (rendement/productivité).
- Réduction de la puissance nécessaire au fonctionnement de l'équipement.
- Inertie et résistance à la corrosion.
- Réduction du poids.

Etant donné le grand nombre de matériaux plastiques disponibles aujourd'hui, choisir le meilleur d'entre eux peut s'avérer intimidant. Voici des lignes directrices pour accompagner ceux qui sont moins familiers avec ces plastiques. [4]

Sélectionner un matériau n'est généralement pas une opération simple compte tenu de la grande variété proposée, le choix dépend autant du coût et des qualités propres au matériau, la sélection est plus souvent effectuée en équipe.

Pour la matière de l'adaptateur on a choisi un polymère, facile à fabriquer et cadences élevées par rapport aux autres matériaux (métaux, céramique...) et dans les polymères on a choisi les thermoplastiques par rapport aux autres familiers car c'est le plus utilisé ils représentent près de 90% des applications des matières plastiques et permettent des formes plus complexes. [10]

### **I-10-Les Thermoplastiques**

Les thermoplastiques ramollissent et deviennent pâteux sous l'effet de la chaleur. Ils durcissent à nouveau quand on les refroidit. Tant que la température de décomposition n'est pas atteinte, cette transformation est réversible et peut être réalisée de façon répétée. Ces matériaux sont caractérisés par la présence d'un bain de fusion.

#### **I-10-1-Thermoplastiques amorphes**

À température normale, les thermoplastiques amorphes se trouvent en phase d'élasticité énergétique, c'est-à-dire à l'état vitreux. Lorsque la température augmente, la force de liaison entre les chaînes moléculaires diminue jusqu'à atteindre la température de transition vitreuse. Ce ramollissement est associé à une baisse notable de la résistance mécanique. Si la température continue d'augmenter, le plastique se liquéfie et, après dépassement de la température de fluage, se transforme en un bain de fusion liquide visqueux. Une augmentation supplémentaire de la température conduit finalement à la décomposition, lorsque la température de décomposition est atteinte.

#### **I-10-2-Thermoplastiques semi-cristallins**

La plage de température de l'état vitreux des thermoplastiques semi-cristallins est supérieure à celle des thermoplastiques amorphes. En outre, en raison de leur part cristalline, leurs propriétés de résistance diminuent moins vite lorsque la température de transition vitreuse est atteinte. Au-dessus de la transition vitreuse, les plastiques passent dans un état viscoplastique et ne deviennent liquides visqueux qu'au-delà de la température de fusion des zones cristallines. Une augmentation supplémentaire de la température conduit enfin à la décomposition, lorsque la température de décomposition est atteinte. [5]

Tableau (I-2) : Comparatif des différentes matières plastiques. [6]

Références commerciales	Matières Transformées	Applications	Caractéristiques Techniques
ABS	Acrylonitrile Butadiène Styrène	Plateaux et bacs de Manutention Assises et dossiers de siège Mobilier urbain (poubelles, coffrets compteur d'eau ou électrique) - Capots de protection électrique - Capotages - Carters informatiques -Aménagement de mobilier hospitalier	Excellente tenue aux chocs, facilité de transformation (thermoformage, pliage, collage, soudure, peinture), Pour certains produits protection U.V. très efficace bonne tenue aux intempéries
PC	Polycarbonate	Capots très sollicités mécaniquement - capots pour haute tenue température - plateaux de manutention - plateaux nécessitant une grande rigidité et une grande stabilité - pièces d'installation de sports d'hiver - etc...	Très grande dureté de surface, très grande résistance aux chocs, très grande résistance à la température, faible dilatation linéaire.
PP	Polypropylène	Capots pour une tenue chimique - plateaux de manutention pour tenue chimique et température - boites à effet charnières - boites alimentaires emballages alimentaires et pharmacopées.	Très bonne inertie chimique – bon isolant électrique -résistance aux agents lessiviels - bon effet charnière- bonne résistance température élevée - vicat 145°C - bonne résistance à la fissuration sous tension.
PS	Polystyrène	PLV - présentoirs publicitaires- carters plateaux repas - renforts de sièges - vasques - bac à plantes.	Grande facilité de transformation (Thermoformage, découpe, soudure, etc....) - bonne rigidité - faible retrait (6%) - décoration aisée (sérigraphie, peinture).

PVC	Polychlorure de Vinyle	Tubes - gaines pour câbles - Raccords - profilés - corps Vieux - parfumerie - Emballages thermoformés - Pièces industrielles.	Rigidité - stabilité des pièces moulées -résistance à l'abrasion excellente - auto extingüibilité - incombustible - imperméable au gaz - perméable à la vapeur d'eau - bonnes propriétés électriques - bon comportement aux agents chimiques.
-----	------------------------	---	---

### I-11-L'acrylonitrile butadiène styrène

L'acrylonitrile butadiène styrène ou ABS est un polymère thermoplastique présentant une bonne tenue aux chocs, relativement rigide, léger et pouvant être moulé. Il appartient à la famille des polymères styréniques.

L'ABS est un plastique résilient et résistant au choc qui est largement utilisé dans de nombreux secteurs industriels. Il présente un faible coefficient de retrait et une haute stabilité dimensionnelle, et il offre une bonne résistance aux acides et aux bases.

L'ABS est un bon choix pour les appareils portables grand-public. Il est également relativement bon marché.

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

Il se recycle facilement par étuvage et peut se combiner avec les autres composés styréniques (PS, SB, SAN). Pour améliorer sa tenue thermique, un 4<sup>e</sup> Co monomère (l'alpha-méthyl styrène) peut être incorporé. On parle alors d'« ABS Chaleur ».

En raison de ses bonnes qualités d'aspect de surface, de sa stabilité dimensionnelle et de son aptitude à la décoration (il est facile de le colorer), l'ABS est beaucoup utilisé pour des applications de capotage dans des secteurs tels que l'électroménager, la téléphonie, le matériel informatique et le jouet.

Il existe un grade spécial : l'ABS métallisable. La métallisation par galvanisation est répandue. Il faut d'abord rendre la pièce conductrice par dépôt, à partir d'une solution colloïdale, d'une couche métallique. L'ABS est préalablement traité dans un bain d'acide chromique .[7]

**I-11-1-Propriétés d'Acrylonitrile Butadiène Styène (ABS)**

L'ABS c'est un matériau avec des bonnes caractéristiques mécaniques et optique, Electriques.....

Le tableau suivant donner les principales propriétés de l'ABS.

**Tableau (I-3) : Propriétés de l'ABS. [8]**

NOME de matériaux	Acrylonitrile butadiène styène	
	Méthode de test	Valeur
<b>Propriétés mécanique</b>		
Densité spécifique g/cm <sup>3</sup>	ASTM D792	1,04
Résistance à la traction (type 1, 0.125) N/mm <sup>2</sup>	ASTM D638	37
Module d'élasticité en traction N/mm <sup>2</sup>	ASTM D638	2320
Allongement (type 1, 0.125) %	ASTM D638	3
Résistance à la flexion (méthode 1) N/mm <sup>2</sup>	ASTM D790	53
Module d'élasticité en flexion N/mm <sup>2</sup>	ASTM D790	2250
Résilience IZOD (méthode A 23 °C) J/m	ASTM D256	106
Coefficient de frottement $\mu$	ASTM D1894	0,080 à 0,46
<b>Propriétés thermique</b>		
Résistance à la déformation à chaud, a	ASTM D648	96
Résistance à la déformation à chaud	ASTM D648	82
Température de fusion des F°	DTA	407 à 501
<b>Propriétés électrique</b>		
Résistance volumique spécifique Ohms	ASTM D2575	3,0 <sup>14</sup> - 6,0 <sup>13</sup>
Constante diélectrique	ASTM D150-98	2,9 - 2,6
Facteur de dissipation diélectrique	ASTM D150-98	0,0053 - 0,0046
Rigidité diélectrique V/mm	ASTM 149-09	320 - 100
Densité g/cm <sup>3</sup>	ISO 1183	1,04 à 1,11

**I-11-2-Les applications types de l'ABS sont les suivantes [9]**

- **Automobile**
  - Console centrale.
  - Boîte à gants.
  - Tableau de bord inférieur.
  - Colonnes.

- Appuie-genoux.
- Console plafond.
- Dossiers de siège moulés par soufflage.
- Composants structurels.
- **Instruments électroniques**
  - Cadres TV.
  - Enceintes moniteur d'ordinateur portable.
  - Dispositifs portatifs.
  - Panneaux LCD.
  - Claviers.
  - Adaptateurs et chargeurs.
  - Carcasses de téléphone mobile.

### **I-12-Procédés de transformations du plastique par injection**

Il existe différentes technologies qui permettent de transformer les plastiques et le choix des procédés de fabrication dépend essentiellement des polymères, les procédés utilisés le plus fréquemment sont. [11]

- L'injection plastique.
- L'injection soufflage.
- L'extrusion.
- L'extrusion soufflage.
- Le thermoformage.
- L'expansion moulage.
- Le malaxage.
- Le roto moulage.

#### **I-12-1-Procédé de l'injection**

L'injection est un procédé principalement utilisé dans la transformation du plastique. Il permet de fabriquer de grandes quantités de pièces. Le matériau nécessaire est plastifié dans une unité d'injection puis injecté dans un moule. La partie vide ou cavité du moule détermine la forme et la structure de la pièce finie. On peut produire des pièces de quelques dixièmes de grammes à plusieurs kilos. Ce procédé permet aussi bien de faire des objets exigeant beaucoup de précision comme dans la mécanique, que des pièces en très grandes quantités et en peu de temps. Le type de surface peut être adapté à l'utilisation : surface lisse pour des applications optiques, surfaces rugueuses pour les domaines dans lesquels le toucher est important. Possibilité de produire des échantillons et de faire de la gravure. [12]

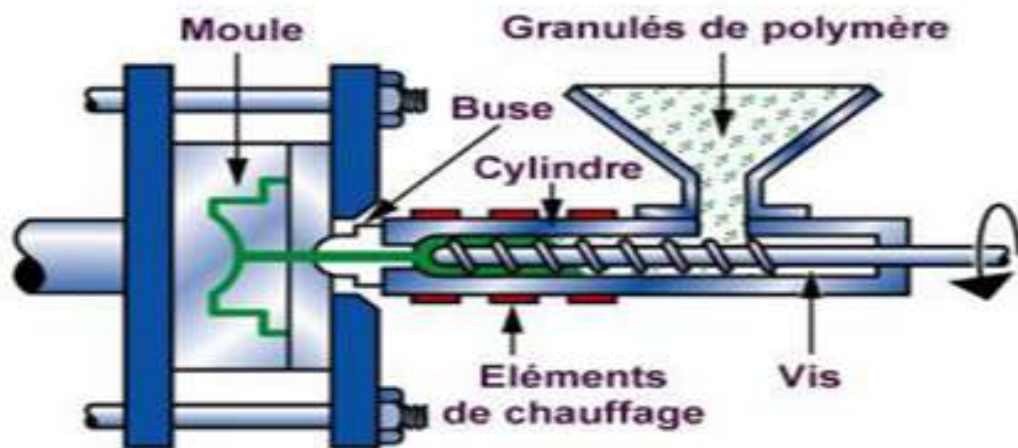


Figure (I-2) : Procède de l'injection.

### I-12-2-Injection soufflage

Pour la conception des bouteilles, des flacons ou encore des biberons, on utilise l'injection soufflage. L'injection-soufflage permet d'avoir une cadence très élevée dans le cycle de fabrication qui se déroule en deux grandes phases. Dans l'atelier d'injection, on fabrique d'abord une préforme, pour façonner, une sorte d'éprouvette avec le goulot de la bouteille.

1. Dans l'atelier de soufflage, on chauffe de nouveau le plastique du tube que l'on va étirer dans un moule à l'aide d'une tige.
2. Pour que la matière prenne parfaitement la forme du moule, on lui envoie un jet d'air très puissant (le soufflage).
3. Le moule est ensuite refroidi et s'ouvre, la bouteille apparaît.

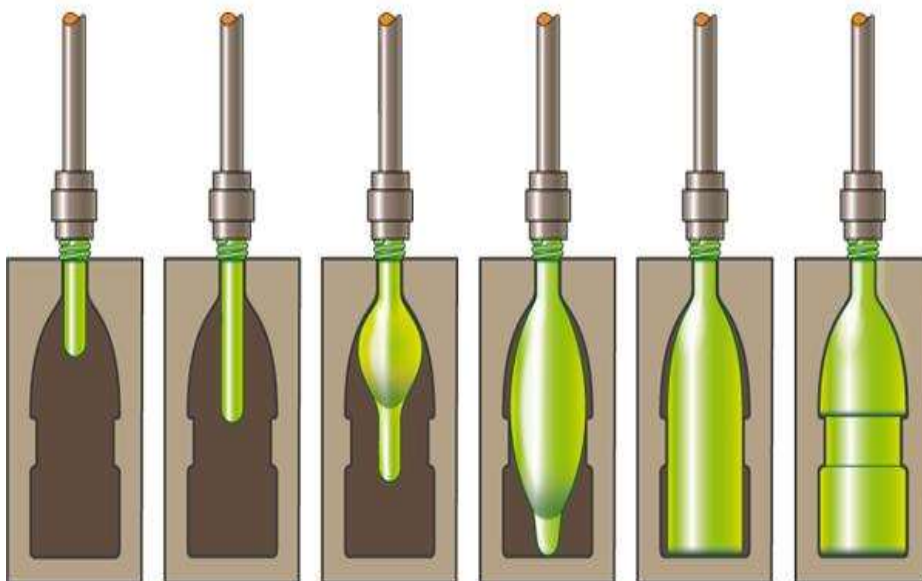
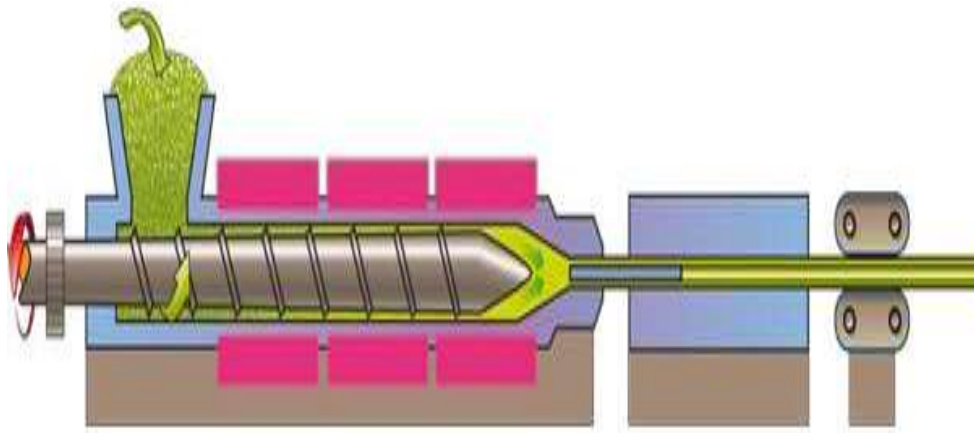


Figure (I-3) : Injection soufflage.

### I-12-3-Extrusion

L'extrusion est le procédé de transformation qui sert à fabriquer des pièces en longueur comme des tuyaux, des gouttières ou des tubes: [13]

1. On verse le polymère sous forme de granulés ou de poudre solide dans la trémie de l'extrudeuse.
2. La matière est entraînée par la vis sans fin qui tourne dans un cylindre chauffé.
3. Elle se liquéfie sous l'effet de la chaleur et de la friction.
4. La vis entraîne le plastique vers la sortie. La tête de sortie (pièce en acier aux formes variées) donne sa forme au produit au plastique qui est ensuite refroidi.

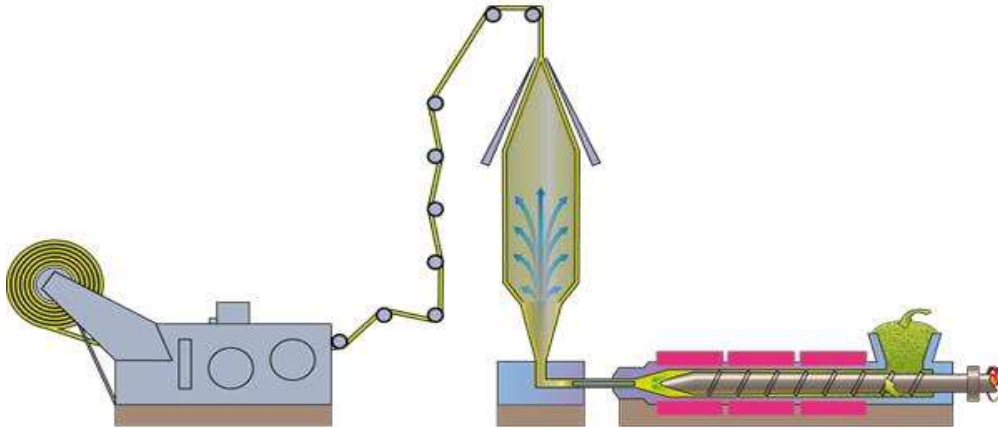


**Figure (I-4) :** Extrusion.

### I-12-4-Extrusion gonflage

Ce procédé est un dérivé de l'extrusion, il consiste à souffler en continu de l'air à l'intérieur d'un tube appelé paraison pour la faire gonfler. Ce procédé ne nécessite pas de moule, c'est l'air soufflé qui donne la forme et le refroidissement. Cette technique permet de fabriquer des en phase initiale, le principe est le même que celui de l'extrusion classique mais il n'y a pas de forme à la sortie de l'extrudeuse plastiques. [13]

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

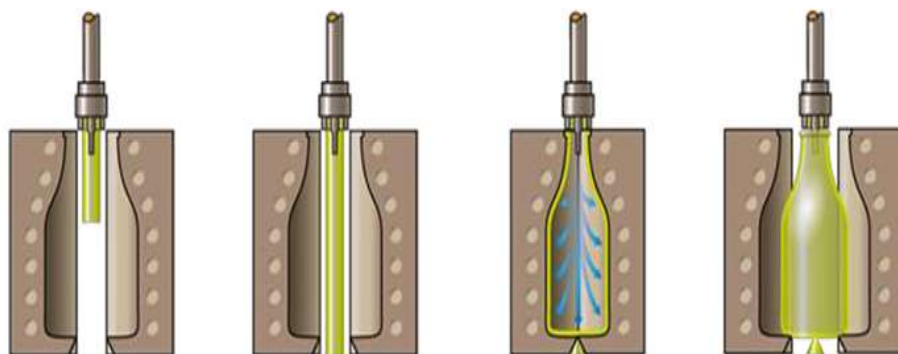


**Figure (I-5) :** Extrusion gonflage.

### I-12-5-Extrusion soufflage

Ce procédé consiste à combiner la technique de l'extrusion avec celle du soufflage. Il permet de fabriquer des objets creux comme les bouteilles de lait ou les flacons de lessive par exemple. On réalise d'abord un tube par extrusion simple. [13]

1. Le tube extrudé (appelé paraison) est enfermé dans un moule de soufflage (2 demi-coquilles ayant la forme désirée).
2. La paraison présente un orifice à son extrémité, qui est pincée (là où sera l'ouverture finale du récipient).
3. Puis de l'air est injecté dans le moule afin que le tube adopte parfaitement les parois où il est très rapidement refroidi. Il suffit alors de démouler l'objet ainsi fabriqué et le tour est joué.



**Figure (I-6) :** Extrusion soufflage

### I-12-6-L'expansion moulage

Le dernier procédé de transformation est appelé expansion moulage. Il sert à fabriquer toutes sortes d'emballages en polystyrène expansé. [13]

- Avant d'être expansé, le polystyrène se présente sous forme de petites billes qui renferment des micro-inclusions de gaz (à l'état liquide).
- 2. Au contact de la vapeur d'eau, la matière plastique se ramollit et le gaz qu'elle contient se dilate.
- Les billes gonflent grâce à l'air qu'il contient, comme le pop-corn, mais avec une forme plus régulière.
- Cette première expansion est réalisée en usine dans de grandes cuves en inox et permet d'obtenir jusqu'à 30 fois le volume initial des petites billes de polystyrène.
- Ensuite, on sèche les billes pré-expansées dans un silo et on les introduit dans un moule fermé, soumis à une nouvelle injection de vapeur d'eau. Les billes reprennent leur expansion, occupent tout l'espace du moule et se soudent entre elles pour obtenir la forme désirée de l'emballage (Caisses à poissons, barquettes).

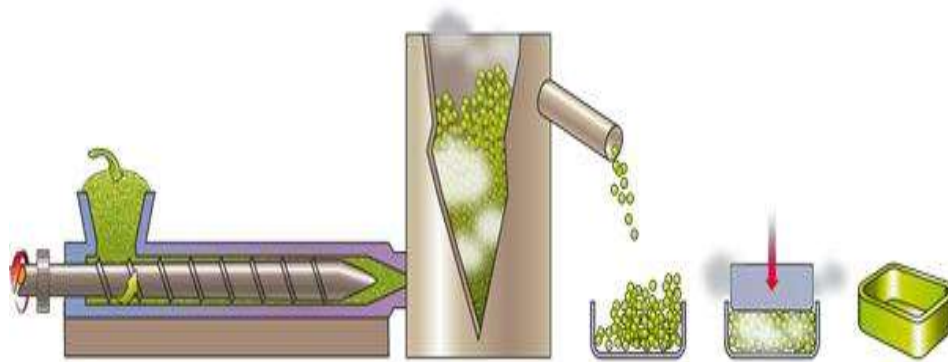


Figure (I-7) : L'expansion moulage.

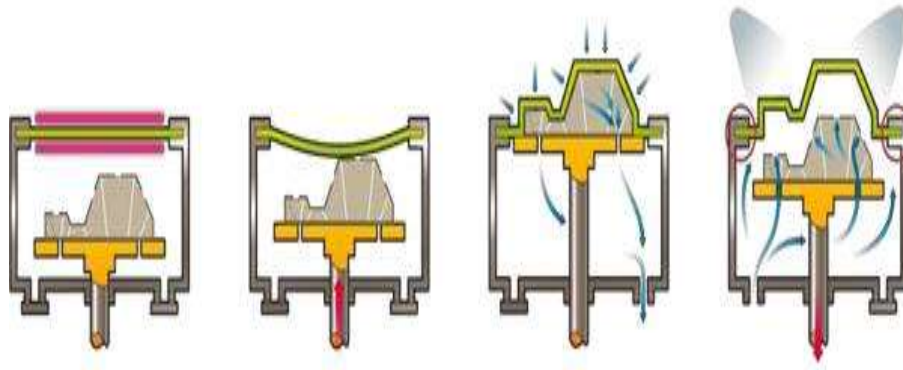
### I-12-7-Thermoformage

Derrière ce terme compliqué se cache le procédé de fabrication qui permet de réaliser toutes sortes d'objets aux formes creuses. Concrètement, pour les emballages, le thermoformage permet de créer des barquettes, des gobelets ou encore des pots de yaourt. Le thermoformage est une technique de moulage. [13]

- 1- Mise en place de la feuille et chauffage par un plateau chauffant supérieur et inférieur.
- 2- Montée du moule : la feuille est ramollie et le moule monte pour emboutir la feuille.
- 3- Formage / Refroidissement : une fois le moule en position haute, le vide est fait entre le moule et la feuille.
- 4- La feuille se plaque sur le moule et en prend sa forme. De l'air ou de petites gouttelettes d'eau sont projetées sur la pièce pour la refroidir et lui donner sa forme finale.

5- De l'air est soufflée à l'intérieur du moule pour décoller la pièce du moule et celui-ci descend pour libérer la pièce.

6- Une fois le moule descendu, la pièce peut être enlevée puis décortiquée pour enlever les chutes de production (cercle rouge).



**Figure (I-8) :** Thermoformage.

### I-12-8-Calandrage

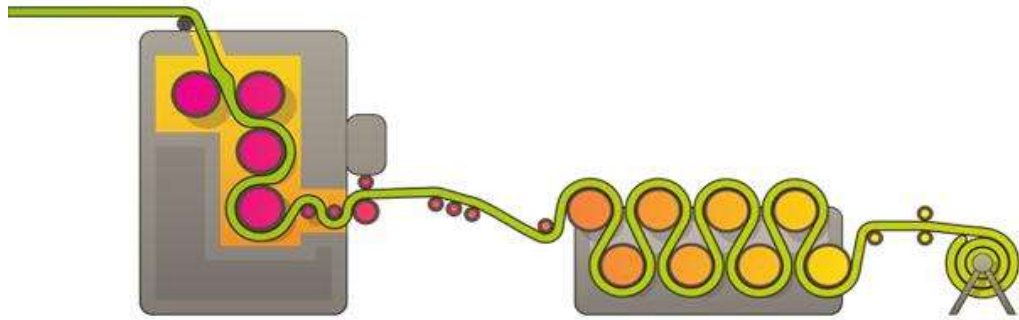
Le calandrage permet de fabriquer des produits semi-finis, comme des films. Dans une machine appelée calandre, les matières thermoplastiques, mélangées à des additifs et des stabilisants, sont écrasés entre plusieurs cylindres parallèles.

La matière est chauffée puis malaxée par une vis sans fin spéciale, pour donner une pâte épaisse. [13]

1. Elle le passe plusieurs fois entre les rouleaux pour une homogénéisation parfaite, un peu comme une guimauve.
2. Pour permettre la gélification de la matière, celle-ci passe entre 2 calendres chauffées, réglées selon différents paramètres (température calendres, pressions, vitesse rotation...).
3. L'écartement, la pression et le type de rouleaux vont donner les dimensions et les aspects des films (le grainage).
4. Les films sont mis en bobine ou coupés et empilés pour faire des feuilles, aux dimensions et épaisseurs souhaitées des objets à former.

Applications le calandrage permet de fabriquer des produits semi-finis :

- Des feuilles ou des films qui seront transformés par la suite.
- Pour devenir des pots, des barquettes ou des gobelets.



**Figure (I-9) :** Malaxage.

### I-12-9-Roto moulage

Une masse de poudre de polymère chargée dans le moule ensuite fermé, le moule tourne sur lui-même pendant une phase de chauffage le matériau répartit sur les parois du moule la pièce se démoulee après le refroidissement, cette technique permet de produire des objets creuse comme les Kayaks. [10]

### I-13-Machine d'injection

Couramment appelée dans l'industrie presse à injection, ou presse à injecter, la machine à injection plastique est utilisée pour la mise en œuvre des thermoplastiques. La machine à injection plastique est utilisée pour réaliser les pièces de très nombreux produits manufacturés, utilisés notamment dans l'industrie automobile, l'électroménager, le mobilier ou le matériel informatique. La machine à injection plastique permet en effet de réaliser des pièces de tailles diverses et de forme complexe en très grande quantité. La taille des pièces obtenues par la machine à injection plastique peut aller de quelques milligrammes à plus de 500 kg.



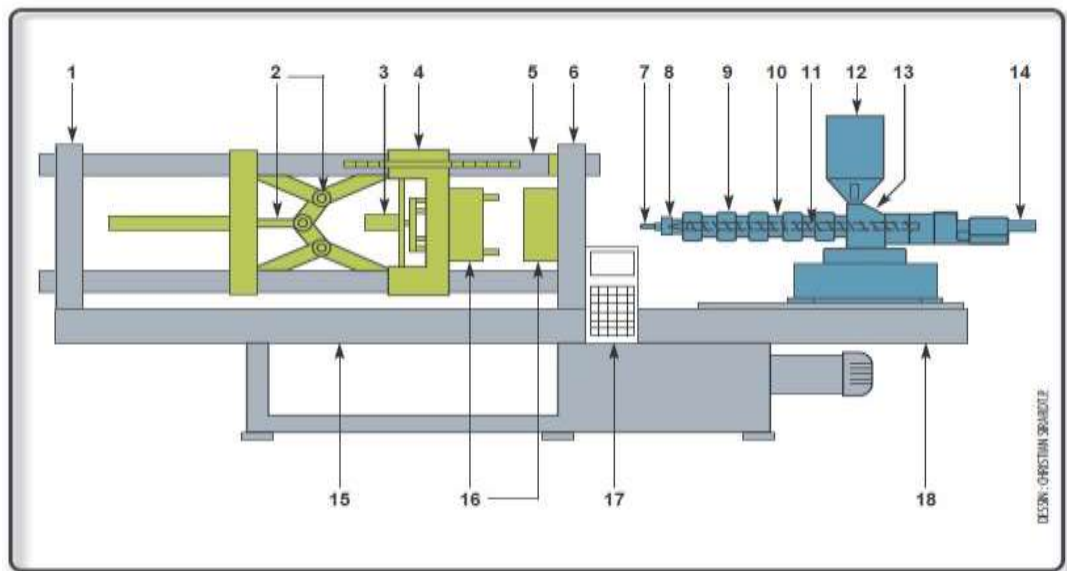
**Figure (I-10) :** Presse d'injection plastique.

### I-14-Fonctionnement de la machine à injection plastiques

Le fonctionnement de la machine à injection plastiques peut être décomposé en 4 étapes: la phase de plastification, l'injection, le refroidissement, puis l'éjection.

Lors de la phase de plastification, les granulés de matière plastique sont chauffés et homogénéisés par le biais d'une vis qui tourne et pousse cette matière à l'état fondu dans le moule de la machine à injection plastiques. Le moule, également appelé empreinte, est constitué de deux parties (un fixe et une mobile). C'est lui qui donne sa forme à la pièce. La température du moule de la machine à injection plastiques est régulée de façon à refroidir la pièce afin de la solidifier. La pièce ainsi obtenue est ensuite extraite du moule, grâce à l'ouverture de celui-ci et à un dispositif d'éjection.

### I-15-Composants d'une presse d'injection



**Figure (I-11) :** Presse d'injection plastique.

1. Plateau arrière fixe.
2. Mécanisme de fermeture - genouillère et vérin.
3. Éjecteur.
4. Plateau mobile.
5. Colonne de guidage.
6. Plateau fixe d'injection.
7. Buse d'injection.
8. Tête du baril.
9. Bande chauffante.
10. Baril d'injection.

11. Vis.
12. Trémie d'alimentation.
13. Goulotte d'alimentation.
14. Motorisation de la vis.
15. Décharge des pièces.
16. Moule.
17. Console de commande.
18. Bâti.

**I-16-Les caractéristiques d'une presse à injection**

Les caractéristiques fondamentales d'une presse à injection sont :

- La force d'injection c'est -à- dire la force produite par le piston lors de son avance sous l'action du système hydraulique qui la commande elle s'exprime en newtons.
- La pression d'injection qui est celle sous laquelle la matière a moulé pénètre dans le moule elle s'exprime en bar.
- La capacité d'injection qui est la masse maximale de matière injectable à chaque cycle suivant les machine cette masse peut varier de 15 g à 380 g.
- Le temps d'avance de piston, durée de parcours de piston dans le cylindre lors de remplissage d moule il s'exprime en seconde.
- La pression de verrouillage qui commande, pour une pression d'injection donne, la pression utilisable en objet moulé doit rester supérieure à la pression totale exercée par la matière dans le moule, si non ce dernier s'ouvrirait. [14]

**I-17-Les différentes presses d'injection****I-17-1- Presse horizontale**

L'axe de la vis est horizontal et le plan d'ouvrage du moule vertical. L'ouverture provoque alors la sorte immédiate de la pièce par gravité après éjection, un gain de temps et une automatisation aisée. [15]

**I-17-2- Presse vertical**

Ici l'axe de la vis est dans une position verticale et l'ouverture du moule dans un plan horizontal. On utilise ce type de presse pour mouler des petites pièces comportant de nombreux inserts métalliques (surmoulage). [15]

**I-17-3- Presse électrique**

Les principales commandes de mouvements des presses sont hydrauliques, mais dernièrement sont apparues des presses a commandé tout électrique par servomoteurs alternatif, qui apportent les avantages suivants : [15]

- Meilleure précision (indépendance de la température d'huile).
- Démarrage plus rapide, cycle plus court.
- Consommation énergétique (-50%).
- Surface au sol réduite.
- Maintenance simplifiée.

**I-18-Le procédé injection**

Procédé de mise en œuvre par injection plastique :

- La matière plastique avant transformation se présente sous forme de petit granulé dépassant rarement le quelques millimètres. Ces granulés servent à alimenter la vis de plastification (type vis sans fin). [15]
- Celle-ci est chauffée et régulée en température via le fourreau de plastification. La rotation de la vis de plastification (entraînée par un moteur hydraulique) et l'action conjuguée de la température du fourreau permet de ramollir les granulés de matière plastique les amenant jusqu'à un état de visqueux.
- Cette matière est acheminée à l'avant de la vis de plastification donnant ainsi une réserve de matière prête à être injectée (c'est ce que l'on appelle la phase de dosage).
- Viens ensuite la phase d'injection dynamique ou la matière présente à l'avant de la vis de plastification, est injectée sous forte pression à l'intérieur d'un moule (ou cavité) présentant la forme de la pièce souhaitée. Le moule est régulé à une température inférieure à la température de transformation (allant de 15 °C à 130 °C dans certains cas). [15]
- La 3e étape est la phase de maintien, où l'on applique une pression constante durant un temps déterminé afin de continuer à alimenter les empreintes malgré que celle-ci soit remplie. Ceci afin de palier au retrait de la matière durant est refroidissement. La pièce est refroidie durant quelques secondes puis éjectée.
- Un nouveau cycle peut commencer Paramètres et réglages : Les temporisations principales à régler sont :
  - Le dosage, l'injection, l'ouverture, la fermeture, l'éjection, la post pression. Autres paramètres:
  - Température du fourreau, température de la matière, température du moule injection.

- Pressions durant l'injection et durant le maintien, la contrepression, la vitesse de rotation de la vis, la course de dosage.
- Courses d'ouvertures et d'éjections etc. [15]

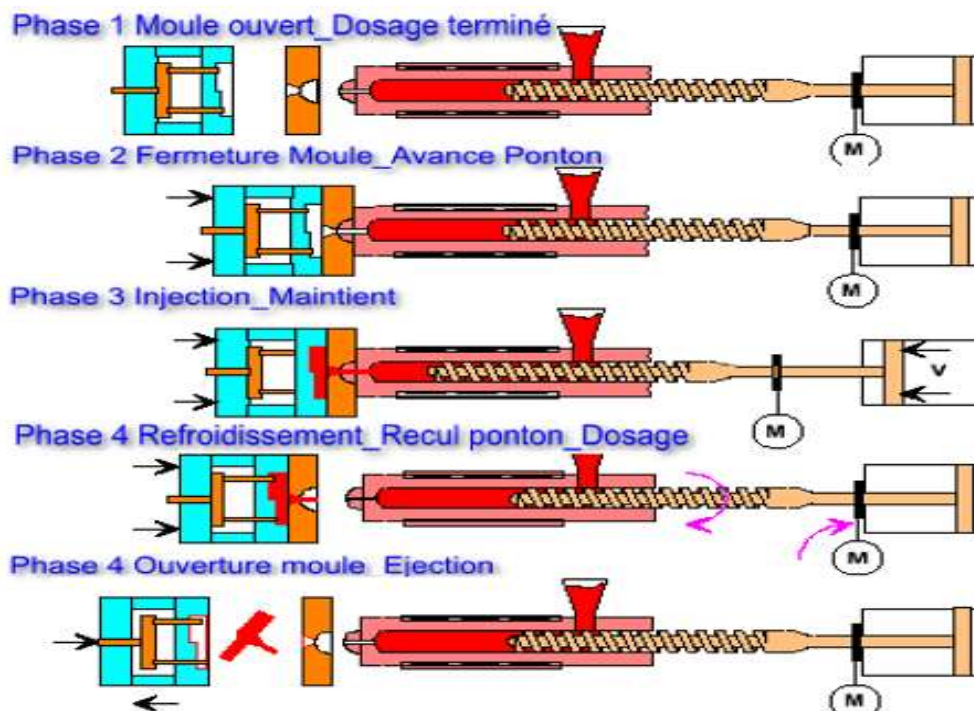
**I-18-1-Le cycle d'injection**

- Déroulement du cycle d'injection.
- Pour réaliser ce cycle, les principales fonctions d'une presse à injecter sont donc :
- Ouvrir et fermer le moule.
- Verrouiller le moule.
- Injecter la matière fondue dans le moule.
- Maintenir la matière fondue sous pression dans les empreintes.
- Ejecter les pièces après refroidissement.
- Fondre la matière.

En partant de la matière plastique sous forme de granulés pour aboutir aux pièces injectées disponibles hors du moule, le cycle de transformation de la matière plastique.

Pour réaliser ce cycle, les fonctions suivantes sont nécessaires :

- Alimenter la presse en granulés.
- Faire fondre les granulés.
- Doser le volume de matière fondue qui va être introduit dans le moule.
- Introduire la matière fondue dans le moule. [15]



**Figure (I.12)** Les étapes du procédé d'injection. [15]

I-18-2-Quelques pièces plastiques injectées



Figure (I.13) Quelques pièces plastiques injectées. [15]

# **Chapitre II**

## **Les paramètres des presses d'injection plastique**

### II-1-Introduction

Le moule est un ensemble mécanique de très grande précision qui permet de fabriquer des milliers de pièces en injection de matière plastique en fusion dans des empreintes prévues à cet effet, il est utilisé sur une machine appelée presse à injecter. Un moule est constitué de deux parties principales, une partie fixe pour l'injection de matière et l'autre mobile pour la fermeture du moule. Quand le moule fermé, la surface de contact entre ces deux parties est appelée plan de joint, c'est au niveau de ce plan que la pièce devra se démouler, la difficulté est de définir physiquement sa position, pour ne pas laisser de traces sur la pièce moulée, les deux parties doivent s'emboîter parfaitement pour établir l'étanchéité. Lorsque le moule fermé est sous pression. [16]

### II-2-Définition

Le moule est l'outil utilisé en injection des matières plastiques, qui remplit plusieurs fonctions et il a pour but de donner à la matière une forme finale nommée pièce ou article. Un moule est constitué principalement de composants illustrés par les figures suivantes : Le Corps et la cavité du moule sont chacun montés et partagés sur deux parties du moule mobile et fixe. Les matériaux utilisés pour la fabrication des moules d'injection de thermoplastiques sont principalement des aciers choisis selon le procédé de fabrication retenu pour le moule et les conditions d'utilisation (solicitations, interactions avec les polymères...). La conductivité thermique des aciers dépend de la composition et de la charge en éléments d'alliages [F] et varie environ entre 15 et 40 W. m<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>. Le choix des aciers pour moules d'injection ne doit cependant pas dépendre uniquement des propriétés thermiques mais aussi de la résistance mécanique et à la corrosion. L'augmentation des propriétés mécaniques se traduit par l'ajout d'éléments d'alliage qui peuvent être nuisibles aux propriétés thermiques (par exemple le chrome utilisé pour la résistance à la corrosion a tendance à faire diminuer la conductivité thermique).

À la fin de l'injection du polymère fondu dans la cavité du moule, on obtient la pièce sous sa forme complète. Pour l'éjecter, on doit actionner l'arbre d'éjection, qui porte le plateau, cette dernière porte la pièce vers l'arrière en retrouvant sa position initiale.

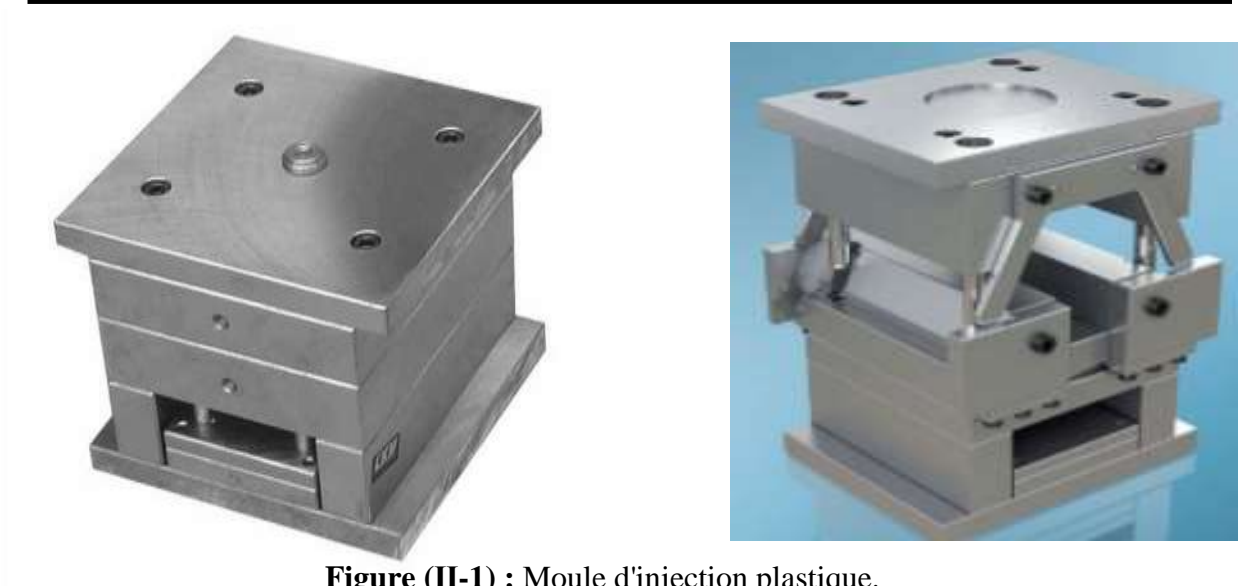


Figure (II-1) : Moule d'injection plastique.

Tableau (II-1-) Matériaux pour la fabrication des moules. [1]

Application	Matériaux	État	Résistance	Observation
Carcasse et cales diverses	C 45 XC 38 XC 48	Trempe ou revenu	85-105 daN/mm <sup>2</sup>	Traité pour les plaques formant le plan de joint et grandes séries
Empreintes	40 CMD8 35 NCD16 Z50CDV5 Z200C12	Trempe Cémentation	80-180 daN/mm <sup>2</sup>	Bonne résistance Haute limite élastique
Tiroirs	Z50CDV5 80Mn8 55Ni Cr7	Trempe	80-180 daN/mm <sup>2</sup>	Ou acier sulfurisé Pré-traité
Plaques porte empreintes Plaques dévétisseuses	40CMD8 42CD5	Trempe Revenu	100-120 daN/mm <sup>2</sup>	Pré-traité
Eléments mobiles	16NC6 100 C 6 40Ni Cr15 45Si Cr Mo 6 35NiCr 6	Trempe Nitruration Cémentation	100-200 daN/mm <sup>2</sup>	Pièce de commerce Bonne résistance à l'usure

La figure (II-2) montre les éléments standards pour les matériaux employés dans la fabrication des différentes pièces du moule.

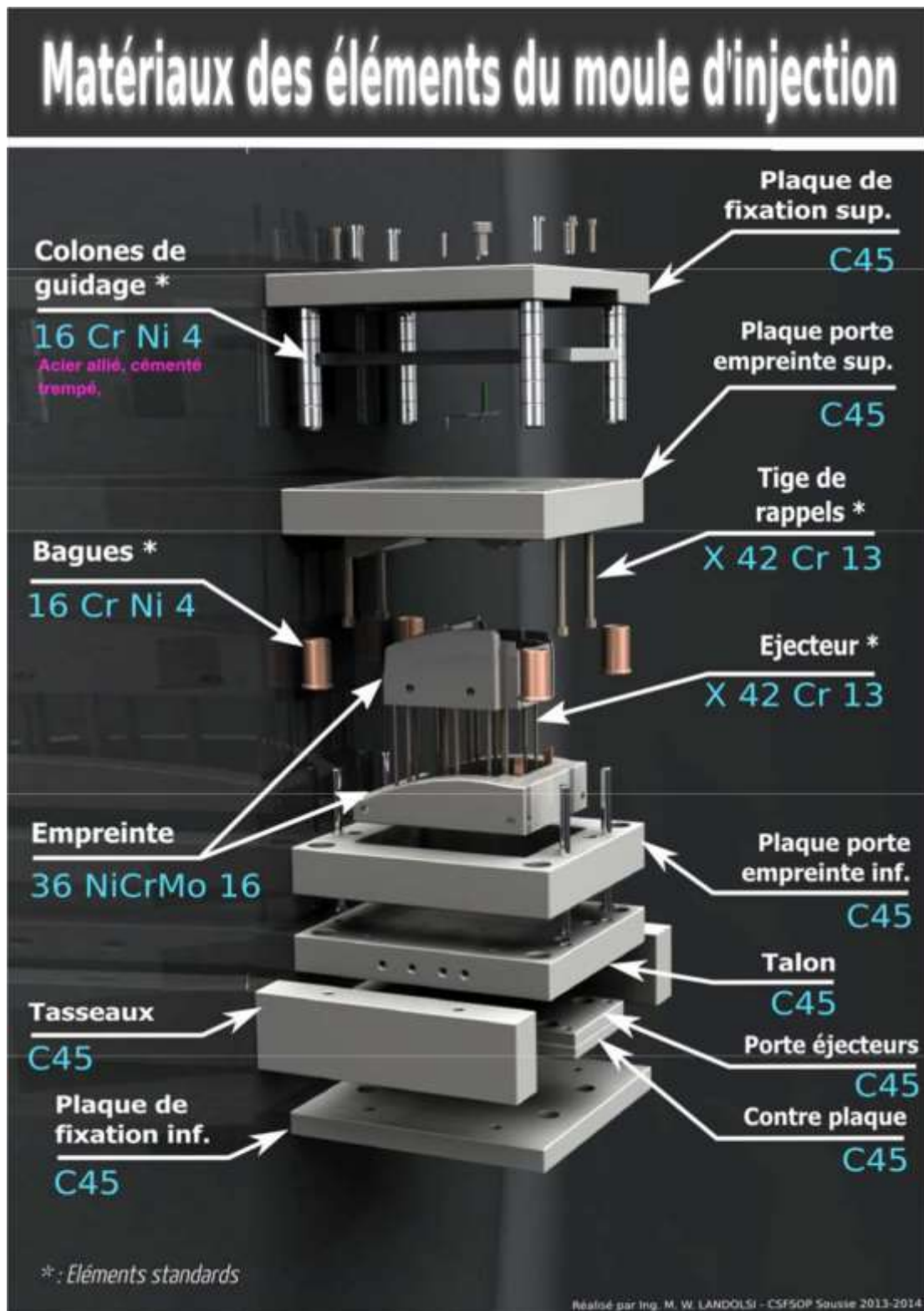


Figure (II-2) : Matériaux élément standards du moule. [18]

### II-3-Structure d'outillage d'injection « Le moule »

Un moule d'injection est un ensemble des pièces métalliques qui sont bien assemblées dans le but d'accomplir des fonctions bien déterminées, dont l'objectif est de fabriquer des pièces en plastiques d'une manière automatique. Cet outil est constitué d'une partie mobile et une partie fixe séparée par ce qu'on appelle un plan de joint.

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

Un moule est constitué de 2 parties principales, une partie fixe pour l'injection de la matière et une partie mobile pour la fermeture du moule.

Quand le moule est fermé, la surface de contact entre ses 2 parties est appelée plan de joint. C'est au niveau de ce plan de joint que la pièce devra se démouler. La difficulté est de définir physiquement sa position. Pour ne pas laisser de traces sur la pièce moulée, les deux parties doivent s'emboîter parfaitement pour établir l'étanchéité lorsque le moule fermé est sous pression. Il n'est pas toujours plan et il peut avoir des formes complexes.

Une pièce ne pourra se démouler que si ses faces possèdent un angle de dépouille, plus ou moins important selon la matière utilisée. Pour compliquer le processus, certaines parties des pièces peuvent être en contre-dépouille (angle inverse à l'angle de dépouille) et rendre la pièce non démoulable directement. Dans ces cas, on place des parties mobiles à l'intérieur des moules qui vont aider le démoulage (des tiroirs ou coulisseaux et des rampes ou cales montantes).

Structure d'un moule deux plaques Un moule standard est constitué de 2 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 éjection, « partie mobile ».

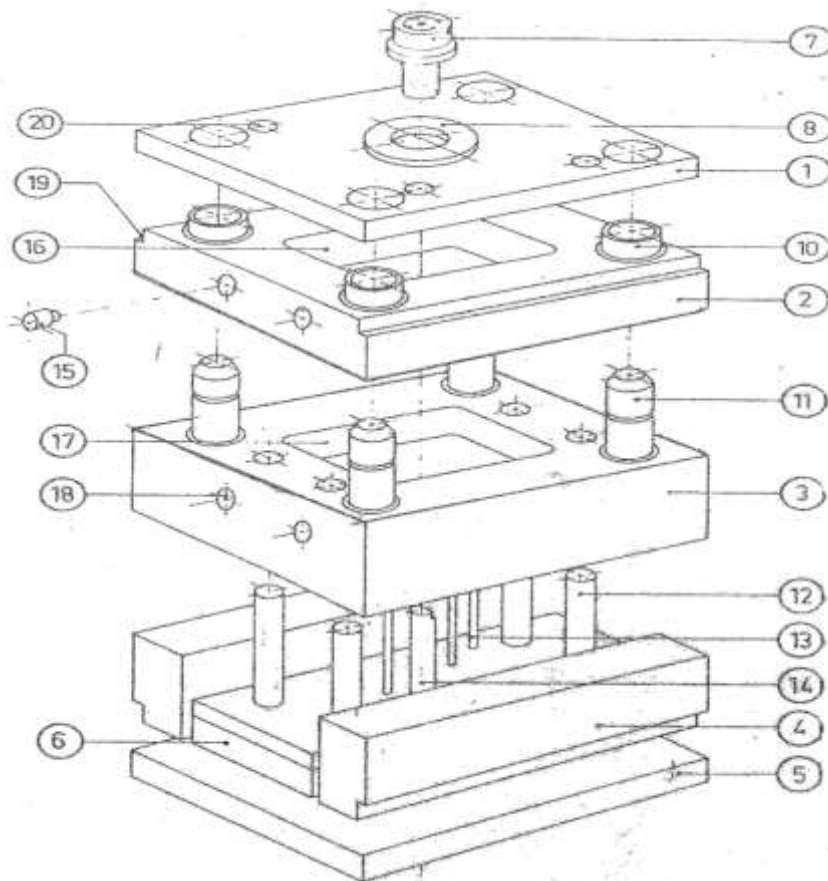
Le côté injection du moule possède généralement une partie des empreintes ainsi qu'une partie du système d'alimentation. Cette alimentation standard est constituée de la carotte, d'un canal principal, éventuellement avec des canaux secondaires et un (ou plusieurs) seuil(s) d'injection. Ces divers éléments forment la grappe d'alimentation, matière perdue, ou déchet, qui dans la plupart des cas sont recyclée. La buse assure la liaison temporaire d'alimentation entre le moule et l'unité d'injection des presses. Le côté éjection, constituant la partie mobile du moule, porte les noyaux, l'empreinte et le système d'éjection. Les 2 côtés du moule sont alignés en position entre eux par des colonnes. A l'ouverture, les pièces sont poussées hors de l'empreinte et des noyaux par des tiges nommées éjecteurs. Les éjecteurs sont animés par des plaques mobiles en translation. Cet ensemble, nommé batterie d'éjection. La batterie est

généralement équipée d'éjecteurs ou de broches, nommés « rappels de batterie ». Ils assurent le retour mécanique.

« forcé » et la remise en position précise de tous les éléments mobiles liés à la batterie d'éjection, au moment de la fermeture du moule (montage conseillé pour la sécurité des noyaux) Le dimensionnement de l'outillage sera fonction de :

- La forme de la pièce.
- Les dimensions de la pièce.
- La matière de la pièce.
- Les tolérances de la pièce.
- Des capacités de la machine.
- Des cadences de production.
- Du budget.

**II-3-1-Nomenclature de moule**



**Figure (II-3) :** Vue éclatée d'un moule d'injection plastique. [19]

## II-3-2-Terminologie des éléments constituant l'outillage

Tableau (II-2) : Terminologie des éléments constituant l'outillage.

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

## II-4-Elément constitutif d'un moule

**II-4-1-La buse moule** : permet le passage de la matière du fourreau vers l'empreinte.

**II-4-2-La rondelle de centrage** : Permet le centrage du moule sur les plateaux de la machine (presse), dans le but de centrer la buse moule a la buse machine.

**II-4-3-Plaque arrière côté injection** : Permet de fixe la rondelle de centrage, la buse moule et les bagues de guidage, ainsi que le bridage.

**II-4-4-Bague de guidage** : Permet le guidage des colonnes de guidages Plaque porte empreinte côté.

**II-4-5-injection** : Permet la fixation de la bague de guidage, contient le circuit de régulation de température.

**II-4-6-Colonnes de guidage** : Permet de guider la partie mobile PM sur la partie fixe PF pour aligner parfaitement l'empreinte.

**II-4-7-Plaque porte empreinte côté éjection** : Permet la fixation des colonnes de guidage, contient le circuit de régulation.

**II-4-8-Ejecteur de rappel** : Permet la remise à zéro de la batterie d'éjection, dans le cas d'une éjection non-attelé.

**II-4-9-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.

**II-4-10-Tasseaux d'éjection** : Permet d'obtenir une course optimum de la batterie d'éjection.

**II-4-11-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.

**II-4-12-Batterie d'éjection** : Permet la translation des arraches carottes, remise à zéro et éjecteurs. Est compose de la plaque porte éjecteurs et de là contre plaque d'éjection.

**II-4-13-Vis de fixations** : Permet de fixer la plaque arrière cote injection sur la plaque porte empreinte cote injection.

**II-4-14-Rainures de bridage** : Permet le passage de la bride Raccord rapide du circuit d'eau : Permet un raccord rapide du circuit d'eau.

**II-4-15-Circuit de régulation thermique** : permet de réguler le moule avec de l'eau. [19]

## **II-5-Modélisation de la pièce**

### **5-1-Règle de conception**

Les règles essentielles concernant la conception des moules pour thermoplastique sont: [20]

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

### **II-5-2-Règles élémentaires de conception plastique**

La conception consiste à réaliser des pièces en plastique qui sera à la fois : [20]

- La plus légère possible : densité de la matière.
- La plus facile à mouler : conception du moule La plus simple.
- La plus facile à assembler : si elle est composée de plusieurs éléments.
- La plus résistant : résistance aux chocs et au vieillissement.

### **II-5-3-Dessin de la pièce**

La conception d'une bonne pièce plastique doit passer par Is respect des règles qui visent à donner à la pièce l'aspect et la résistance souhaites et à permettre une réalisation de moule les plus simple possibles à minimiser les reprises (décarottage, usinage...), et assurer une production économique. [10]

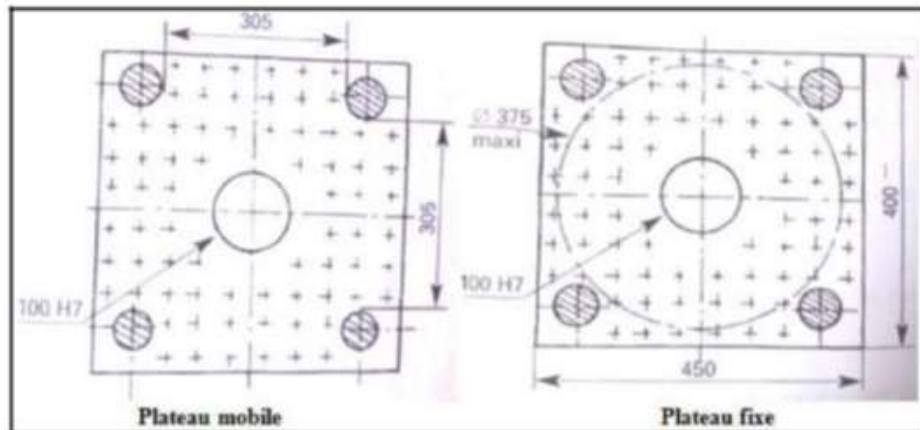


Figure (II-4) : Les plateaux de mole.

#### II-5-4-Epaisseurs de parois

Il ne faut pas que les épaisseurs de parois varient beaucoup. Les retassures, bulles, criques apparaissent dans les parties massives non alimentées en matière fondue pendant le maintien en pression et le refroidissement (épaisseur constante sur toute la pièce). [20]

#### II-5-5-Arrondis et congé de raccordement

Il faut prévoir des arrondis dans les angles pour éviter les concentrations de contraintes et favoriser l'écoulement pendant le remplissage. [10]

#### II-5-6-Les nervures

Les nervures peuvent conduire à des surépaisseurs qui entraînent des retassures esthétiquement inacceptables. On évitera de mettre les nervures en face à face pour éviter un retrait trop localisé et donc une déformation de pièce. [10]

#### II-5-7-Les fonds de pièces

Les retraits des fonds de pièce occasionnent des déformations des récipients ou boîtes. Un fond bombe est dans ce cas préférable. [20]

#### II-5-8-Les dépouilles et contre-dépouille

Pour la plupart des applications, le retrait des plastiques impose que L'on prévoit des dépouilles sur les parties intérieures afin de faciliter le démoulage et l'éjection. De la même manière, on évitera les parties de pièce en contre dépouilles qui obligent utiliser des tiroirs. La réalisation des tiroirs est élevée. [10]

#### II-5-9-Filetages et Taraudages

Ce sont des fonctions très délicates à réaliser. Tous les filets dans une même direction doivent avoir le même pas pour permettre le dévissage simultané des broches et le démoulage des pièces. [10]

**II-5-10-Le choix du plan de joint**

En fonction des possibilités de moulage et de réalisation du moule, ce choix peut devenir très délicat quand les dépouilles sont difficilement compatibles avec les fonctions que la pièce doit assurer certains détails de conception ne sont pas compatibles avec n'importe quel plan de joint. [10]

**II-5-11-Les pièces complexes**

Il est parfois préférable et astucieux de décomposer la pièce en plusieurs éléments simples à produire qui, une fois montés, donnent la pièce. [20]

**II-6-Les éléments de base****II-6-1-Plaque porte empreinte**

La plaque porte-empreinte, dans le cas d'empreintes rapportées, c'est dans cette plaque que sont fixées les empreintes, cette seconde plaque porte le plus souvent les circuits de refroidissement du demi moule avant, elle assure aussi le centrage de la buse de moule et son appui. [10]

**II-6-2-La semelle avant**

La semelle avant permettant de fixer la face avant du moule sur le plateau fixe de presse, elle supporte donc les taraudages de fixation, la rondelle de centrage, elle peut supporter aussi les blocs portes empreints, mais on préfère souvent adjoindre une autre plaque. [10]

**II-6-3-La semelle arrière**

Elle est pour la fixation de demi-moule mobile sur le plateau, elle doit permettre le passage de la queue d'éjection centrale ou des commandes latérales. [10]

**II-7-Le système d'alimentation****II-7-1-La buse**

Elle supporte l'appui du nez de presse, l'étanchéité à ce niveau doit être parfaite, le contact se fait souvent selon deux rayons, le rayon de la buse du moule étant supérieure de 1mm (par exemple) à celui du nez de presse, le canal de la buse de presse doit être cylindrique et inférieure au début de la cheminée de moule, au bas de la cheminée, il est souvent placé un éjecteur central court avec centre dépouille permettant le reçu de la goutte froide et le maintien de la grappe en partie mobile.[15]

**II-7-2-Les Canaux**

Les économies de matière les voudraient courts et de faible section, mais les contraintes d'écoulement préfèrent les fortes sections. La section idéale est circulaire, mais d'autres formes peuvent convenir. Dans un moule avec plusieurs empreintes, la présence d'un dispositif d'équilibrage des pertes de charge facilite la mise au point du moulage et permet de

remplir toutes les cavités d'empreintes en même temps. Les logiciels de prédiction des écoulements permettent de pré-dimensionner et rééquilibrer les canaux d'alimentation. [15]

### **II-7-3-Les seuils d'injections**

Ils doivent permettre un remplissage adéquat de l'empreinte (rapide si la pièce est mince, lent si la pièce est épaisse) et un temps de figeage cohérent avec le volume de la pièce.

Ils doivent aussi, pour des impératifs d'esthétique, laisser une trace minimale. Le seuil est l'endroit où la section de matière est la plus mince généralement. La multiplication des seuils favorise le remplissage et la qualité en règle générale de la pièce sans augmenter le temps de cycle. Par contre, le trajet d'écoulement étant généralement plus long, le coût d'usinage des canaux est plus important, ainsi que le volume des carottes. De plus, le décarottage est plus difficile et les seuils pour les pièces difficiles à remplir, limitent pour la capacité de verrouillage de la machine et sans impératif esthétique. [15]

### **II-8-L'architecture du moule**

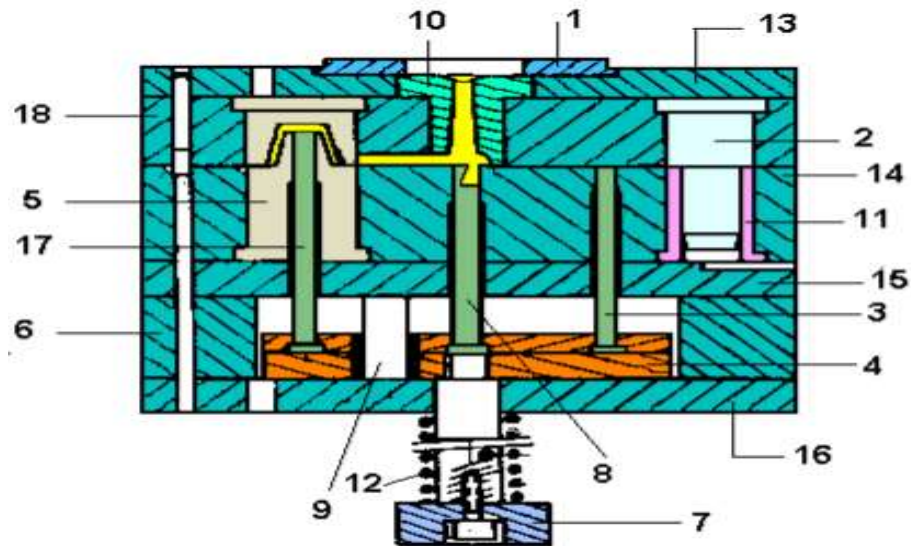
La conception de la pièce et le choix de son type d'alimentation déterminent le choix de l'architecture du moule et les difficultés d'usinage et de moulage.

#### **II-8-1-Moule à deux plaques**

Les moules à deux plaques sont les plus simples et plus fréquents. La plaque A est fixe et la plaque B mobile. La résine fondue est injectée à travers la carotte du côté A, le long d'un canal sur le plan de joint, vers la ou les cavités.

Ces moules sont en fait des moules à deux plaques modifiées, avec une plaque centrale entre les plaques mobiles et fixe de la presse. Cette plaque centrale isole les carottes et canaux des pièces. Lorsque le moule s'ouvre, les pièces sont éjectées de la partie mobile. La carotte et les canaux se détachent et restent entre la plaque centrale et la partie fixe.

Ce système offre plusieurs avantages, comparé au moule à deux plaques, D'abord, le dégagement est automatique au cours du processus d'éjection. Ensuite, les possibilités de sélection du nombre et de l'emplacement des seuils sont plus variées. [21]



**Figure (II-4) :** Les différents composants du moule, vue en 2D.

### Nomenclature

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

**II-8-2-Moule a tiroir**

Ce moule permet de sortir des pièces offrant des parties en contre-dépouille ou trou. Le tiroir se retire à l'ouverture de la partie supérieure pour permettre rejection de la pièce. [20]

**II-8-3-Moule a coquilles**

Ce moule permet de réaliser des contre-dépouilles extérieures, mais il faut soigner la fermeture du moule et surveiller la fermeture de la machine. [20]

**II-8-4-Moules A Canaux Chauds**

Les moules à canaux chauds remplacent les moules de carotte et canaux froids avec un distributeur chauffé à l'électricité qui conserve cette portion du dosage à l'état fondu. La résine est injectée dans les cavités directement depuis les points d'injection du distributeur. [21]

Les avantages des canaux chauds.

- réduction du volume de matière engagée, donc réduction de l'énergie consommée pour chauffer le cylindre et plastifier la matière.
- Utilisation de presses plus petites car les canaux ne créent pas de force réactions et le volume injecté est inférieur.
- Temps de cycle plus court (pas d'attente de refroidissement des canaux).
- Plus grand choix pour le positionnement des points d'injection et pertes de pression plus faibles.

**II-9-Empreintes du moule****II-9-1-Nombres d'empreintes**

Ce nombre est fonction d'impératifs technique : temps de cycle, précision et reproductibilité des empreintes, tolérances de fabrication de la série de pièce.

Les critères économiques sont temps d'occupation des machines, nombre de démoulages annuels, ou hebdomadaires, production et stockage des pièces. Pour que toutes les pièces d'une même moulée soient identiques, il faut qu'elles se remplissent en parfait synchronisme, que le polymère subisse les mêmes peines de charges, parcourt la même distance, change de direction le même nombre de fois. L'alimentation des empreintes deux par deux permet de résoudre plus facilement ce problème. [22]

**II-9-2-Matériaux constitutifs de l'empreinte****II-9-2-1-Généralités**

Le choix des matériaux de l'empreinte dépend de la destination du moule. Pour les moules de grandes séries, les critères de longévité sont pris en compte en priorité avant ceux des coûts de la matière première et de son usinage. Les moules expérimentaux ou ceux destinés à la fabrication de très petites séries peuvent, par contre, être réalisés avec des matériaux moins

résistants, si les conditions de fonctionnement des moules (surtout lorsqu'il s'agit d'essais) sont sensiblement identiques à celles du moule de production.

Ces matériaux doivent avoir :

- Une bonne résistance à l'abrasion causée par le frottement des charges contenues dans la matière injectée et le mouvement des éléments mobiles de l'empreinte.
- Une bonne usinabilité et une bonne aptitude au polissage, indispensables pour faciliter le respect du cahier des charges concernant l'état de surface des éléments moulants et la réalisation de formes complexes.
- Une précision et une stabilité dimensionnelles correctes après les traitements thermiques dont il faut connaître les effets, compte tenu des dimensions et des tolérances de l'outillage dont dépend l'un des éléments de calcul du retrait de la pièce injectée.
- Une résistance à la corrosion chimique indispensable à cause des produits dégagés par l'injection de certaines matières plastiques (PVC, acétate de cellulose, PTFE...).
- Une bonne conductivité thermique : cas des métaux, contrairement aux résines chargées avec lesquelles on observe des cycles d'injection très longs malgré l'incorporation de circuits de refroidissement. [16]

#### **II-9-2-1-a-Acier**

Ce sont les matériaux le plus souvent utilisés pour la construction des empreintes. Par un choix et un traitement thermo-chimique judicieux, on obtient des éléments résistants à la fatigue et aux contraintes mécaniques, ainsi que des surfaces polies et dures s'opposant très bien à l'abrasion. Le mode de fabrication de l'empreinte amène les moulistes à choisir des aciers faciles à usiner et à polir, en tenant compte, pour le choix et l'usinage, des traitements thermiques envisagés. [16]

#### **II-9-2-1-b-Alliage de cuivre**

L'utilisation de ces matériaux est préconisée dans les cas suivants :

- pour la fabrication par coulée de plusieurs empreintes identiques qu'il serait relativement onéreux d'usiner par fraisage (par exemple les reliefs ornementaux).
- lorsqu'il est nécessaire d'obtenir un refroidissement plus rapide des pièces on peut alors employer un alliage cuivre béryllium qui a une conductivité thermique 4 à 6 fois plus grande que celle de l'acier ; S'il est indispensable que les empreintes aient une très grande résistance à la corrosion. [16]

#### **II-9-2-1-c-Alliage d'aluminium**

On les utilise pour les moules prototypes. Leur composition est la suivante: [16]

Zn : 4 a 6%;Mg : 2 a 2,5 %; Cu : 0,8 a 1,6 %; Cr : 0,1 a 0,25%.

- La teneur en aluminium correspond au complément à 100 %. Leur dureté est voisine de 150 HB. Leur usinage est facile et particulièrement rapide par électroérosion, leur polissage est de très grande qualité et leur masse est seulement le tiers de celle du même moule en acier. Les empreintes prototypes peuvent être remplacées par d'autres en alliages plus résistants, dans des carcasses qui pourront alors être employées pour un moulage en série.

### II-9-3-Régulation de température

Le moule doit être muni de circulation de fluide pour réguler la température de la paroi de l'empreinte d'un cycle a l'autre, et pour évacuer les calories de l'objet moule avec une rapidité suffisante. Si la température augmente légèrement à chaque moulée, le temps de cycle augmente. Plus l'empreinte comporte de pièces constituées, et plus la circulation de fluide sera complexe et délicate. De plus les broches et les noyaux évacuent très mal les calories, car ils ne bénéficient pas de la masse métallique du moule, mais de petites sections pour conduire les calories. [20]

### II-9-4-Fermeture du moule

Le dispositif de manœuvre des plateaux porte moule doit assurer l'ouverture, la fermeture, et le verrouillage du moule avec une force suffisante. Ces fonctions importantes peuvent être assurées de différentes manières. [20]

### II-9-5-L'unité de fermeture et verrouillage

Cet ensemble permet la fermeture et le verrouillage de la partie mobile du moule, sur la partie fixe. Devant résister à la pression d'injection, sa conception est très importante. Son fonctionnement peut être mécanique, hydraulique, ou mixte.

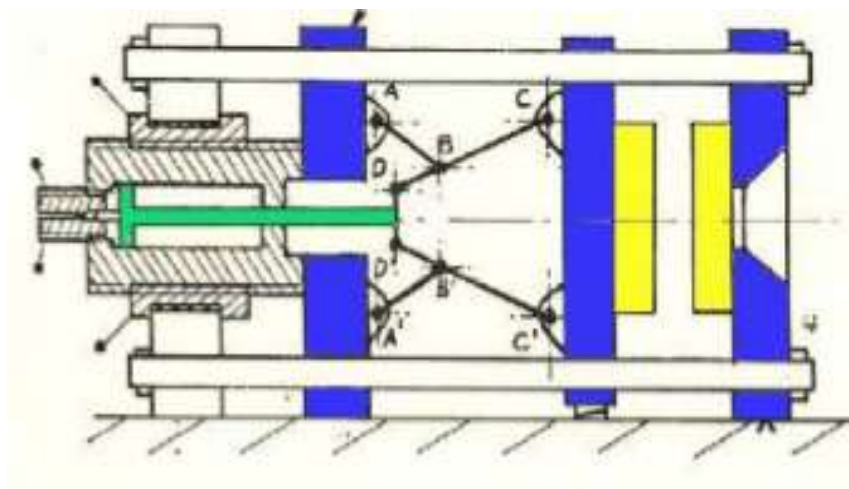
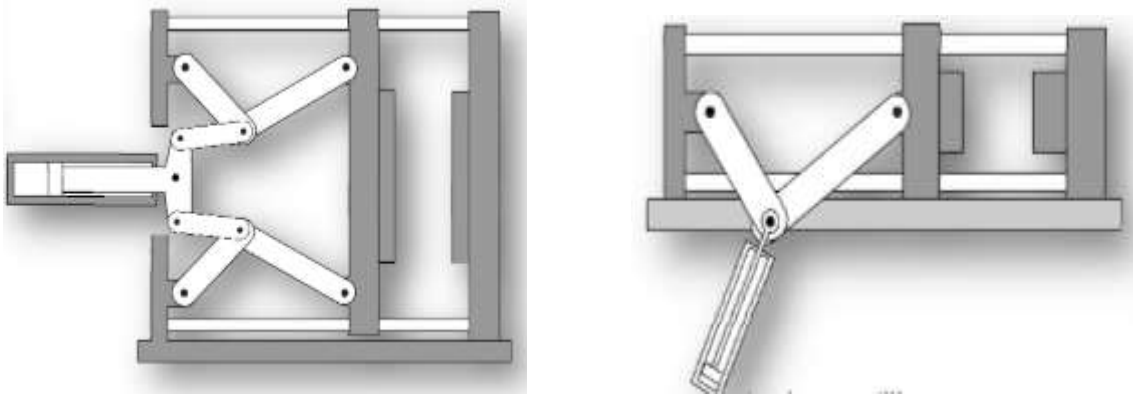


Figure (II-6) : L'unité de fermeture et verrouillage.

**II-9-5-a-Fermeture mécanique par genouillère**

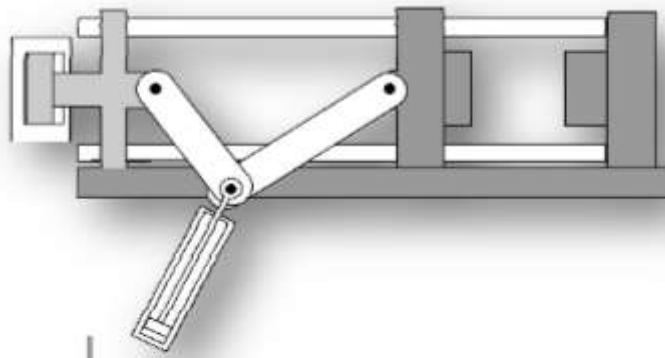
L'avance rapide de la partie mobile est assurée par genouillère. Le verrouillage du moule est fourni par la mise en traction des colonnes de la machine, au moment où le moule est verrouillé. La genouillère est actionnée par un vérin hydraulique, ce système est très simple mais n'assure pas une force de fermeture constante et reste difficile à régler. [20]



**Figure (II-7):** Fermeture double genouillère.     **Figure (II-8):** Fermeture simple genouillère.

**II-9-5-b-Fermeture hydraulique avec genouillère**

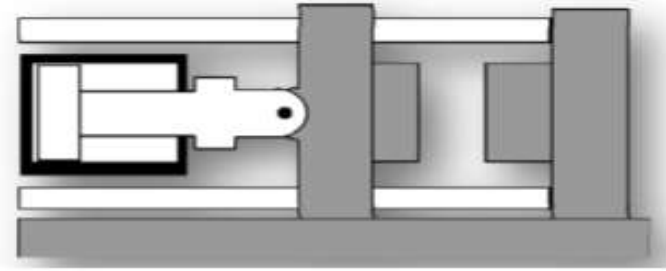
Le déplacement rapide pour l'approche des parties du moule a genouillère mais le verrouillage est obtenu par un ou plusieurs vérins hydrauliques quand la genouillère est alignée. [20]



**Figure (II-9) :** Fermeture hydraulique avec genouillère.

**II-9-5-c-Fermeture hydraulique a un vérin**

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



**Figure (II-10) :** Fermeture hydraulique a un vérin.

#### II-9-5-d-Fermeture hydraulique multi-vérins

Dans ce cas, les fonctions d'avance rapide et verrouillage sont dissociées et remplies par des vérins distincts, utilisés les uns après les autres. Aujourd'hui, on commence à voir apparaître sur le marché des machines entièrement électriques, sans centrales hydrauliques. La fermeture est mécanique avec commande par moteur électrique et la vis est également entraînée par un autre moteur. [20]

#### II-9-6-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.

**NOTE :** La pression de verrouillage doit-être de 10% à 25% supérieur à la pression d'injection.

#### II-9-6-a-Méthode de calcul de la force de fermeture

Force de fermeture :  $F = P \cdot C_{Pc} \cdot S \cdot 1.1$

Matériaux	ABS	rappelle
Pression d'injection <b>P (Mpa)</b>	120	1 bar = $10^5 \text{N/m}^2$
Surface projeté au plan de joint <b>S (mm<sup>2</sup>)</b>	2460	1 bar = 10N /cm <sup>2</sup>
Coefficient de perte de charge <b>C<sub>Pc</sub></b>	0.6	1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup>
Effort au plan de joint du moule <b>F (kN)</b>	194.83	1 kg = 10N
Force de fermeture de la presse (kN)	250	1 bar = 1 kg/cm <sup>2</sup>

II-9-6-b-Les efforts sur une presse

La force en Newton N ou en kN	La pression en pascal Pa ou en MPa
Force N : 1 kN = 1000N, 10 kN = 1Tonne, 1 daN=10N	Pression : Pa , 1Pa = 1 N /m <sup>2</sup> 1MPa = 1N/mm <sup>2</sup>
Section (m <sup>2</sup> ), m <sup>2</sup> = 10 <sup>6</sup> mm <sup>2</sup>	1 MPa = 10 bar, 1bar = 1 daN/ cm <sup>2</sup>
La section en mètre carré m <sup>2</sup> ou en mm <sup>2</sup>	

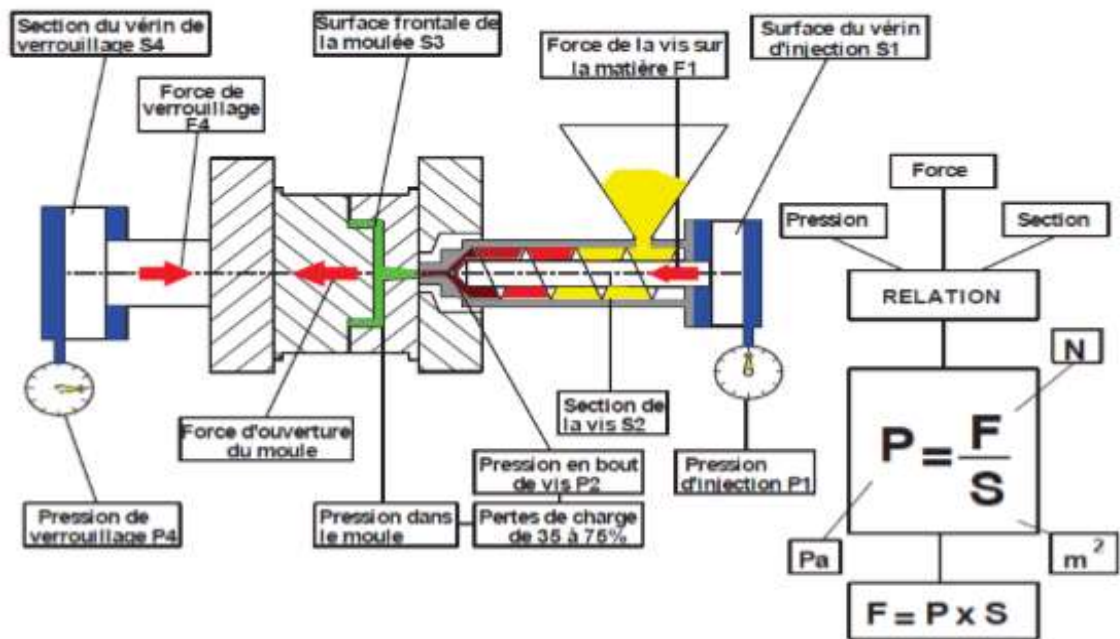


Figure (II-11) : Les différentes forces appliquées au système d'injection.

• La force d'injection

On sait que :  $F = P \times S$  avec  $F$  : la force d'injection,  $P$  : la pression d'injection,  $S$  : la surface du moule,  $s$  : Le coefficient de sécurité de la matière.

• Le volume injectable

Le volume injectable est calculé par la méthode suivante :  $V_{injectable} = V_{moulé} / S$  avec  $V_{moulé}$  est le volume de la matière qui entre dans le moule pour prendre la forme,  $s$  : coefficient de sécurité.

• Force de verrouillage

$F_v = 1.1 * P_m \times SF$  avec  $P_m$ : la pression de la matière et  $SF$  : la surface du moule

• Course de dosage

$C = V_{inj} / S_{vis}$

Avec  $V_{inj}$  : la vitesse d'injection et  $S_{vis}$  : la surface du vis d'injection.

- Temps de remplissage

$Tr = V + 1.5 Qv$  avec  $V$  : le volume de la pièce et  $Qv$  : le débit arrivant de la buse

- Temps de cycle

Le temps de cycle = temps de refroidissement + temps de remplissage.

**Exemple de calcul**

Les Dimensions de la Boite : 100mm x 100mm x 50mm

- Epaisseur : 1.2mm
- Matière : PP
- Pression maintien donnée : 300 bars
- Soit pour 1 empreint

$$P = F / S \text{ ou } F = P \times S$$

$$F (\text{daN}) = P (\text{Bar ou Kg/cm}^2) \times S (\text{cm}^2) \times (\text{Coef sécurité } 20\%)$$

$$F (\text{daN}) = 300 \times 10 \times 10 \times 1.2, F (\text{daN}) = 36000 \text{ daN}$$

Soit 36T nécessaire théoriquement, le choix se portera sur une 50T



**II-9-7-Autres fonctions assurées par le moule**

Le moule assure en complément de la production de la pièce, les fonctions suivantes:

- Le guidage et centrage des plaques portant les empreintes par des colonnes.
- Le déplacement et butée de la plaque n°2 dans un moule à 3 plaques ainsi que le rappel des plaques pendant la fermeture.
- Le mouvement des tiroirs et des coquilles par des pentes, des doigts inclinés, des cames, des moteurs ou des vernis hydrauliques asservis.
- L'escamotage et rappel des broches de contre-dépouilles intérieurs.
- L'injection de la pièce et le rappel de rejection mécanique ou hydraulique pour une éjection du côté de la partie fixe de la fermeture de la presse.
- Le décarottage automatique et le contrôle du non présence de carotte de pièce avant la commande de fermeture du moule, le positionnement des inserts avant la fermeture du moule.
- La mesure et le contrôle de l'injection, par des capteurs de pression ou de force, ou par des capteurs de déplacement pour mesurer l'ouverture du moule pendant le remplissage.
- Les sécurités : des capteurs de position sont parfois nécessaires pour contrôler et commander les phases de l'ouverture ou de la fermeture du moule pour ne pas risquer d'endommager les tiroirs ou les surfaces des empreintes. [20]

**II-9-8-Fabrication de moule**

Les outillages peuvent être réalisés par différents procédés :

**II-9-8-a-Usinage à grande vitesse (UGV)**

L'usinage à grande vitesse est une technique qui est apparue suite aux importantes innovations mise en œuvre au cours de ces dernières années. L'UGV s'applique à l'ensemble des techniques d'usinage. La notion de grande vitesse peut s'adresser à la vitesse de coupe, la vitesse d'avance par tour restant inchangée, alors que la vitesse d'avance relative outil-pièce est augmentée proportionnellement à la vitesse de coupe. Généralement, les moules et outillages sont réalisés dans des aciers durs, souvent fortement alliés à des résistances mécaniques comprises entre 650 à 1800 MPa. De plus les échanges thermiques peuvent affecter la structure métallurgique de l'alliage à la surface et introduire des contraintes résiduelles superficielles qui peuvent être prétraitées. La chaleur produite lors de la formation du copeau n'a pas le temps de diffuser ni dans le matériau de la pièce usinée, ni dans l'outil. Le matériau n'est plus affecté, et la qualité d'état de surface est meilleure. [23]

**II-9-8-b-Usinage par enlèvement de particules ou électroérosion**

Le métal est enlevé par étincelles électriques éclatant entre une électrode outil et la pièce à usiner qui sont immergées dans un liquide diélectrique. Chaque étincelle agit comme une source thermique ponctuelle qui provoque localement la fusion et la vaporisation des matériaux constituant l'électrode et la pièce. Il n'y a pas de contact, entre l'électrode et la pièce qui sont distantes de l'intervalle d'étincelage ou gap, dans la valeur est d'environ quelques dixièmes de millimètre. On obtient directement ainsi une très grande précision (ébauche Ra 10 à 30 pm, finition Ra 0.4 à 1.6 pm), bien adaptée à la reproduction d'empreintes multiples. Pour la réalisation des filières de formes, on utilise également l'électroérosion par fil. [23]

**II-9-8-c-Forçage à froid**

Le forçage à froid à la presse hydraulique d'un poinçon de forme dans une empreinte de dureté inférieure, en métal de type Plastom, qui se déforme progressivement jusqu'à épouser la forme du poinçon. Ce procédé est également utilisé pour produire des empreintes multiples précises, mais de faibles tailles. [24]

**II-9-8-d-Electro-dépositions**

L'électro-déposition permet de déplacer par électrolyse assez forte de métal (Cu + Ni) sur un modèle à reproduire, après d'avoir rendu conducteur par un dépôt de cuivre chimique. Le temps de formation du dépôt est de l'ordre d'un à deux mois, pour pouvoir disposer d'une forme reproduite, avec son grain, qui sera ensuite ajustée dans la carcasse du moule. On peut procéder par projection de métal plus rapide, mais les détails à reproduire sont alors moins précis. [24]

### II-9-9-Remplissage du moule

#### II-9-9-a-Organes constitutifs de la machine

Une machine d'injection classique comporte essentiellement :

- Une trémie d'alimentation en granules.
- Un cylindre, ou fut de plastification, chauffe.
- Une vis piston avec clapet anti-retour.
- un dispositif de manipulation et de retenue du moule.

#### II-9-9-b-Chauffage du filet

Le chauffage de filet (200 à 300°C) est réalisé par des colliers chauffants qui permettent d'atteindre une température interne de plastification de 150 à 250 °C. En fait rapport calorifique est réalisé pour moitié par les résistances électriques et pour l'autre moitié par brassage et frottement. [10]

#### II-9-9-c-Système vis-piston

Le dispositif remplit les deux fonctions de plastification et d'injection en un seul mécanisme. Pour la plastification, la vis tourne et plastifie la matière. Les granules sont chauffés, fondus, et homogénéisés pendant leur transport de la trémie vers la buse. Pour doser la quantité de matière nécessaire à l'injection d'une pièce, le dispositif vis-piston peut reculer dans le fourreau de la machine et doser la quantité voulue de matière plastifiée devant la vis, la vis s'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 injectée. [10]

#### II-9-9-d-Clapet de vis

La pression d'injection peut atteindre plus de 1000 bars, et celle développée dans le moule, du fait des pertes de charges. Dans la pratique et pour des polymères courants, elle est de l'ordre de 300 bars. Il y a donc lieu de prévoir une fermeture efficace, que l'on réalise souvent à l'aide d'un système à genouillère à commande hydraulique. Suivant le sens de l'injection, on notera encore deux configurations possibles :

- Presse horizontale. L'axe de la vis est horizontal et le plan d'ouverture du moule est vertical. L'ouverture provoque alors la sortie immédiate de la pièce par gravité après éjection.
- Presse verticale, l'axe de la vis est dans une position verticale et l'ouverture du moule dans un plan horizontal. On utilise ce type de presse pour mouler des petites pièces composées de nombreux inserts métalliques. [10]

**Chapitre III**  
**Application sur le**  
**moule de presse**  
**d'injection plastique**

### III-1-Introduction

Les logiciels CAO sont aujourd'hui indispensables dans l'industrie des moules, la plupart des logiciels de conception comporte une partie pour la conception des moules, ou un module spécifique, ce dernier pour la modélisation de l'empreinte, la création automatique d'assemblage du moule et la simulation d'écoulement de la matière. [25]

### III-2-Généralité sur les logiciels de CAO

#### III-2-1-Les logiciels 2D

Ils sont proches de la planche de dessin, on parle de DAO (dessin assisté par tâche ordinateur), le dessinateur peut se faciliter l'avec des outillés simples : cotation, fond de plan.. Ces logiciels sont souvent utilisé en complément des logiciels 3D parce que la mise en plan est plus rapide.

#### III-2-2-Logiciels 3D filaire

Ces logiciels permettent de travailler dans les trois dimensions mais seulement avec des entités géométriques simple, il n'y pas des notions de matière et aucun calcul de masse ou de volume ne peut être fait.

#### III-2-3-Logiciels 3D surfacique

Ces logiciels sont plus adaptés à la définition de surface gauche pour la carrosserie automobile, les pièces plastiques, la voilure en aéronautique, un spécialiste est indispensable pour avoir de bon résultants car les fonctions utilisées sont complexes. [25]

#### III-2-4-Logiciels 3D volumiques

La majorité des logiciels de conception est basé sur cette technologie, la conception des pièces s'effectue avec des entités volumiques, cela permet d'avoir l'illusion de modèles virtuellement les pièces avant de la fabriquer comme en le faisait autrefois avec des bois.

#### 1-Avantage des logiciels 3D volumique

Dans les assemblages : l'identification les interférences entre les déférentes pièces est rapide

- les calculs de masse, de centre de gravité, de moment d'inertie, sont quasiment immédiats.
- Le logiciel connaissant parfaitement la pièce, la mise en plan se fait sons risque d'erreurs.
- Les fonctions technologiques (perçage, tournage) sont prises en compte.
- On utilise directement la géométrie pour usiner la pièce. [25]

#### 2-Inconvénients de logiciels 3D volumique :

- Le temps de conception est plus long que 2D.
- Les fichiers sont plus nombreux et plus gros.
- Les modifications ne sont pas facilitées par les liens entre tous les fichiers.
- La mise en plan du modèle est moins performante que sur un logiciel 2D.

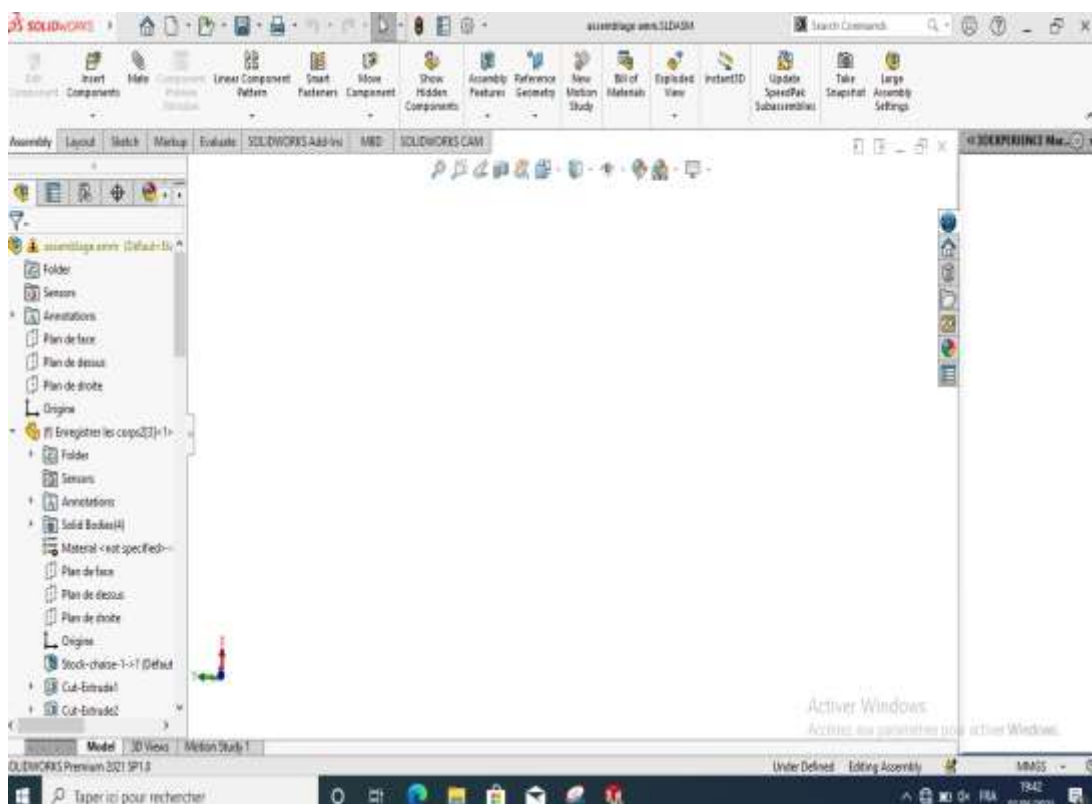
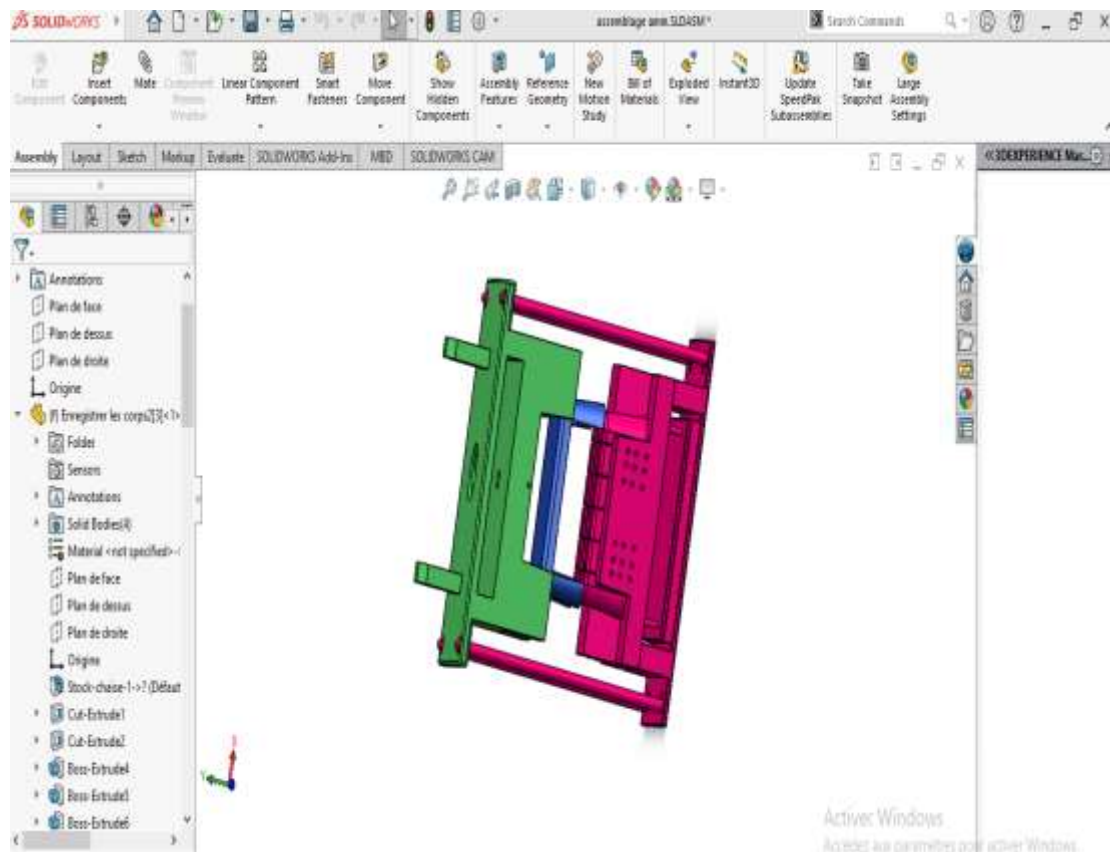


Figure (III-1) : Logiciels de CAO (SolidWorks).

**III-2-5-La CAO volumique au service du mouliste**

- L'étude des moules est souvent réalisée à la planche par BE prestataire pour définir la cinématique, l'injection, le système d'injection...
- Cependant certaines caractéristiques géométriques doivent être fournies par le mouliste au BE prestataire pour l'aider à définir et figer la cotation des éléments du moule.
- L'emploi des logiciels volumiques 3D puissants est nécessaire pour pouvoir identifier et modéliser chaque détail de l'empreinte de moule en ayant résolu les problèmes éventuels.
- Le dessin technique se trouve alors largement simplifié, il suffit de découper les empreintes volumiques pour générer en automatique, toutes les vues, coupes et sections nécessaires à la cotation des éléments du moule. [25]

**III-2-6- Les avantages de la conception des moules par CAO**

- Proposer une visualisation des parties moulantes en cours d'étude, avec photo et vues 3D à l'appui.
- Apprécier les zones de résistance créatique.
- Contrôler les possibilités de mouvement des ensembles mobiles de l'outil.
- Réaliser des plans fiables avec des coupes et des sections exactes.
- Préparer et simplifier le travail de FAO : le fichier livré au mouliste n'est pas celui de la pièce, mais celui des empreintes des moules.

**III-3-Méthodologie et conception de moules par logiciel CAO (Solidworks) :****III-3-1-Conception du moule par Solidworks :****Introduction**

Le logiciel Solidworks aide les concepteurs à développer des moules qui sont plus précis, font gagner du temps et améliorent la rentabilité. Avec le logiciel Solidworks, vous avez non seulement la capacité de définir la géométrie des moules, mais vous avez aussi accès à une large gamme d'outils de conception de moules automatisée. Vous êtes donc en mesure de vos conceptions de moules avant de les envoyer à la production.

De plus, vous pouvez identifier automatiquement les contre-dépouilles, compléter les tiroirs, vérifier les angles de dépouilles et définir les lignes de joint, créer les plans de joint, identifier les caractéristiques de remplissage correctes. Le logiciel Solid Works vous permet d'effectuer toutes ces fonctions dans l'environnement de modélisation et de gestion des plans qui vous est familier. Vous avez accès à une gamme complète de bases de moules et à d'autres composants standard, ainsi qu'à l'intégration de solutions partenaires du FAO.

La majorité des logiciels assisté par ordinateur (Solidworks, abaqus, Pro/Eng, Solipède, Catia...) offrent des outils, qui permet la création des moules pour injection plastique à partir d'une pièce crée sous logiciel, ou d'une pièce importée d'un autre logiciel.

Pour bien comprendre comment utiliser cet outil, nous avons présenté un exemple sous Solid Works.

### III-3-2-Application

Durant la conception des pièces, nous avons utilisé les commandes du logiciel SolidWorks tel que : Esquisses, fonctions et surfaces.

Premièrement, nous avons conçu les quatre tuyaux de purge avec les modifications appropriées, puis en utilisant la commande « noyau-empreinte » on a déduit les empreintes (fixe et mobile). Mais nous avons remarqué que l'utilisation de deux empreintes ne nous permet pas le démoulage des tuyaux de purge, alors ont été obligé d'utiliser des tiroirs, en plus nous avons découpé les empreintes de manière à faciliter l'usinage. Et pour permettre l'éjection automatique des pièces moulées, on a prévu des plaques d'éjection (inserts) dans l'empreinte mobile. Et comme le matériau utilisé pour les empreintes est un matériau noble, on doit minimiser au maximum ces dimensions, afin d'éviter l'endommagement de ces derniers et augmenter leurs résistances, on a utilisé des portes empreintes avec des aciers résistants et moins chères.

Deuxièmement, nous avons conçu le reste des pièces constituant le moule en trois dimensions (3D) de manière à assurer les fonctions objectives et les normes de construction. Ensuite, l'utilisation de la commande assemblages nous a permis d'effectuer le montage de toutes les pièces en formant un moule complet et la détection des interférences qui peuvent exister entre les pièces assemblées.

Finalement, la commande Solidworks animator nous a permis d'élaboré une animation 3D qui rend notre conception très claire malgré sa complexité, et donne aussi une idée sur le fonctionnement et le montage d'un moule d'injection plastique. [25]

### III-3-3-Le choix de la machine

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

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

## III-3-4-La capacité d'injection

Chaque machine a une capacité d'injection, donc on choisit la machine en fonction du poids des pièces et de la carotte. [14]

**Tableau (III.1) : Poids injectés théoriques pour les matières plastiques les plus importantes.**

Unités d'injection selon EUROMAP							
Diamètre de vis	mm	20	25	30	25	30	35
<b>Polystyrène</b>	max. g PS	29	45	65	54	77	105
<b>Polystyrène Copolymère</b>	max. g SB	28	44	63	53	76	103
	max. g SAN,ABS1)	27	43	62	52	74	101
<b>Acétate de cellulose</b>	max. g CA1)	32	50	73	61	87	119
<b>Acétobutyrate de cellulose</b>	max.g CAB1)	30	47	68	56	81	110
<b>Polyméthacrylate de méthyle</b>	max.g PMMA	30	46	67	56	80	109
<b>Polyphénylène éther</b>	max.g PPE modifié	27	42	60	50	72	98
<b>Polycarbonate</b>	max. g PC	30	47	68	57	81	111
<b>Polysulphone</b>	max. g PSU	31	49	70	58	84	115
<b>Polyamides</b>	max. g PA 6.6 PA 61)	28	44	64	53	77	104
	max.gPA6.10   PA 111)	26	41	60	50	72	98
<b>Polyoxyméthylène (Polyacetal)</b>	max. g POM	35	55	80	66	96	130
<b>Polyéthylène</b>	max. g PET	34	53	77	64	92	126
<b>Polypropylène</b>	max. g PP	23	36	51	43	62	84
<b>Fluorpolymères</b>	max. g FEP, PFA, PCTFE1)	46	72	103	86	124	169
	max. g ETFE	40	63	91	76	109	148
<b>Polychlorure de vinyle</b>	max.gPVC – U	35	54	78	65	94	127
	max.gPVCPI)	32	50	72	60	87	118

La fabrication des pièces par injection thermoplastique passe par plusieurs étapes pour obtenir un produit fini que nous avons proposé dans le chapitre passer (chapitre I et II).

La qualité des pièces réalisées est conditionnée par les paramètres de moulage et la technologie de leur mise en forme pour satisfaire cette nouvelle exigence.

**III-3-5-La matière utilisée**

Le PA 6 est obtenu par polycondensation de l'acide adipique avec l'hexaméthylène diamine. C'est un thermoplastique blanchâtre semi-cristallin. C'est le nylon aliphatique non renforcé le plus solide et le plus résistant à l'abrasion et aux faibles températures. Sa très faible viscosité de fusion peut causer des difficultés de transformation industrielle et son exposition aux intempéries peut entraîner une fragilisation et un changement de couleur à moins qu'il ne soit stabilisé ou protégé.

**III-3-6-Caractéristiques principales**

Plus rigide, plus résistant à la chaleur et à l'usure que le PA6, il est aussi moins sensible au fluage. Il présente par contre une moins bonne résilience et un pouvoir amortissant plus faible. Plus dur, il est la nuance utilisée en Décolletage. Exemples d'applications : Pièces décolletées - Mécanique générale - pignons - roues dentées - équipements chirurgicaux.

**III-3-7-Caractéristique de base. [14]****Tableau(III-2) : Caractéristique de base.**

Caractéristique	Critères	Unité	Norme de référence
Densité	1,15	g/cm	DIN 53479
Classement au feu	V 2	-	UL 94
Absorption d'eau 23 °C HR 50 %	2,5	%	DIN 53495
Température de fusion	255	°C	DIN 53736
Débit d'injection	100	cm <sup>3</sup> /s	-
T° de déformation sous charge 1.85 N/mm <sup>2</sup>	104	°C	-
Masse volumique	1.31	g/cm <sup>3</sup>	-

**Tableau(III-3) : Caractéristique mécanique et physique.**

Caractéristique	Critères	Unité	Norme de référence
Module de traction	80	N/mm <sup>2</sup>	DIN 53455
Résilience	>5	KJ/m <sup>2</sup>	DIN 53453
Conductivité thermique	0.23	-	DIN 52612
Rigidité diélectrique	15	-	DIN 53481
Module d'élasticité en traction	3300	N/mm <sup>2</sup>	DIN 53457
Allongement à rupture	25	-	DIN 53455
Coefficient de dilatation thermique	8.5	10E-5 mm/°C	DIN 52328

## III-4-La presse d'injection plastique ALLROUNDER 320 S



Figure (III-2) : Presse d'injection plastique. [14]

## III-4-1-Caractéristiques techniques

Chaque machine a des caractéristiques techniques (les tableaux ci-dessous) ; expliquez tous les caractéristiques de la machine. [14]

**Tableau(III-4) :** Caractéristiques techniques presse arburg allrounder 320 S Unité de fermeture.

Unité de fermeture	320 S		
Avec force de fermeture	maxi kN	500	
Force /Course d'ouverture	maxi kN /m	130	350
Epaisseur du moule fixe/Variable	mini mn	200	--
Distance plateau fixe/ Variable	maxi mm	550	--
Passage entre colonnes (1 x h)	mm	320 x 320	
Plateaux de bridage (1 x h)	maxi mm	446	x 446
Poids du demi_ moule mobile	maxi kg	180	
Force/Course d'éjection	maxi kN /mm	30	125
Temps cycle à vide EUROMAP	mini s - mm	1,3	-224

Tableau (III-5) : Caractéristiques techniques presse arburg allrounder 320 S Unit d'injection

Unité d'injection		100			170		
Avec diamètre de la vis	mm	20	25	30	25	30	35
Rapport de vis	L/D	25	20	16,7	24	20	17
Course de la vis	maxi mm	-	100	-	-	120	-
Cylindrée unitaire	maxi cm <sup>3</sup>	31	49	71	59	85	115
Poids injectable	maxi gPS	29	45	65	54	77	105
Débit de matière	maxi kg/h PS	5,5	8	9,5	10	13,5	16
	maxi kg/h PA 6.6	2,8	4	4,9	5	7	8
Pression d'injection	maxi bar	2500	2000	1390	2500	2000	1470
Pression de maintien	maxi bar	2500	2000	1390	2500	2000	1470
Débit d'injection	Maxi cm <sup>2</sup> /s	64	100	146	66	96	132
Vitesse circonférentielle de la vis	maxi m/min	28	35	42	35	42	49
Couple de rotation de la vis	maxi Nm	120	150	180	210	250	290
Force d'appui - course de recul buse	maxi kN	-	50	-	-	50	-
	mm	-	180	-	-	210	-
Puissance - zone de chauffage	kW	-	4,9	-	-	9,4	-
	-	-	5	-	-	5	-
Trémie	1	-	50	-	-	50	-

### III-5-La fabrication d'une chaise

#### III-5-1-Etape 01 : chargé la trémie

La matière plastique avant transformation se présente sous forme de granules dépassant rarement quelques millimètres. Ces granules servent à alimenter la trémie de la presse par un aspirateur régler (l'aspirateur charger la trémie après l'arrivée de commande du capteur. Le débit de matière = 8 kh/h.

#### III-5-2-Etape 02 : phase de plastification

La trémie alimente la vis de plastification des granulés en 8s avec une course de vis 100 mm.

**III-5-3-Etape 03 : phase de remplissage**

Le remplissage (préparation d'une dose à injecter dans le moule) s'effectue par rotation et translation de la vis et un remplissage à huile 1651.

Cette vis en tournant permet d'amener la matière dans le fourreau par vitesse 350 tr/min. Les colliers chauffants et l'action mécanique de la vis vont faire fondre et malaxer les granulés. (Les températures des colliers chauffants 260°C, 265°C, 270°C, 275°C, 280°C±10.

**III-5-4- Etape 04 : phase de compactage**

La matière pénètre dans le moule et vient remplir les empreintes en passant dans la carotte, les canaux d'injection et les seuils.

**III-5-5-Etape 05 : le maintien et refroidissement de la pièce**

Le moule reste fermé pendant un laps de temps, pour permettre à la matière de se solidifier. Pendant ce temps, la vis recule tout en tournant pour effectuer un nouveau dosage en amenant de la matière fondue au-devant de la buse (recule de buse 50/180 KN/mm.

**III-5-6-Etape 06 : l'éjection de la pièce**

L'unité d'injection recule alors pour ne pas rester en contact avec le moule, la partie mobile du moule recule afin d'ouvrir le plan de joint et les éjecteurs vont sortir pour éjecter la pièce de l'empreinte. Le moule va ensuite se refermer, les éjecteurs vont rentrer à une course d'éjection 30 KN / m<sup>2</sup>, l'unité va avancer et la buse va venir à nouveau en contact avec l'outillage pour effectuer une nouvelle injection.

**III-6-Conditions du processus**

- Le temps de remplissage = 8.8 sec.
- Température Principale de matériaux de fusion = 280 °C.
- Pression d'Injecter (Machine) Max = 30KN/ m<sup>2</sup>.
- Débit d'Injecter (Machine) Max = 8kg/h.
- Temps de séchage = 4h.

**III-7-Conditions de refroidissement**

- Température de fusion d'entrée= 280 °C.
- Temps d'ouverture du Moule = 3.0 sec.
- Débit moyen du liquide de refroidissement= 1.5bar.
- Temps d'injection = 0.8sec -15sec.
- Temps de refroidissement = 36 sec.
- Température de l'eau d'entrée = 30°C.
- Température de l'eau sortie = 40°C.

III-8- Description de moule

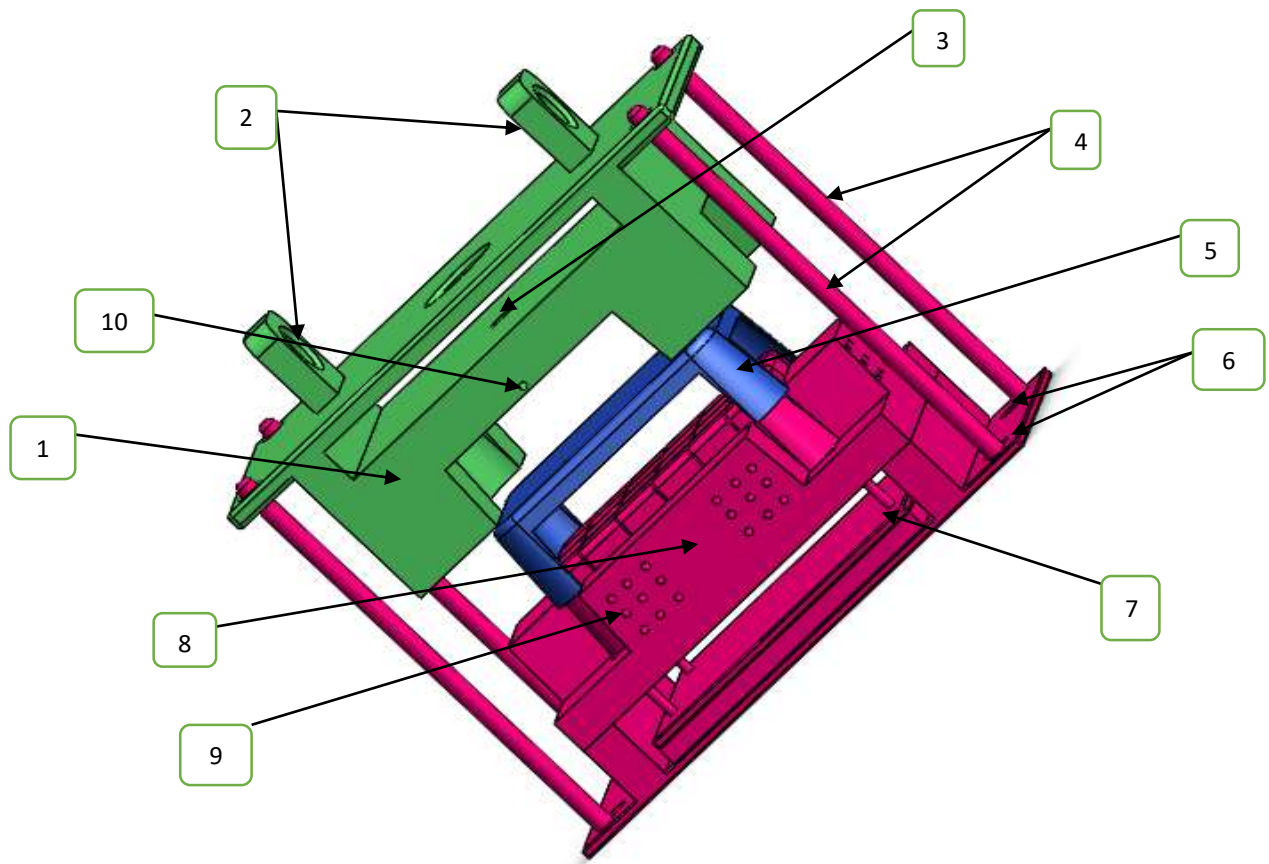
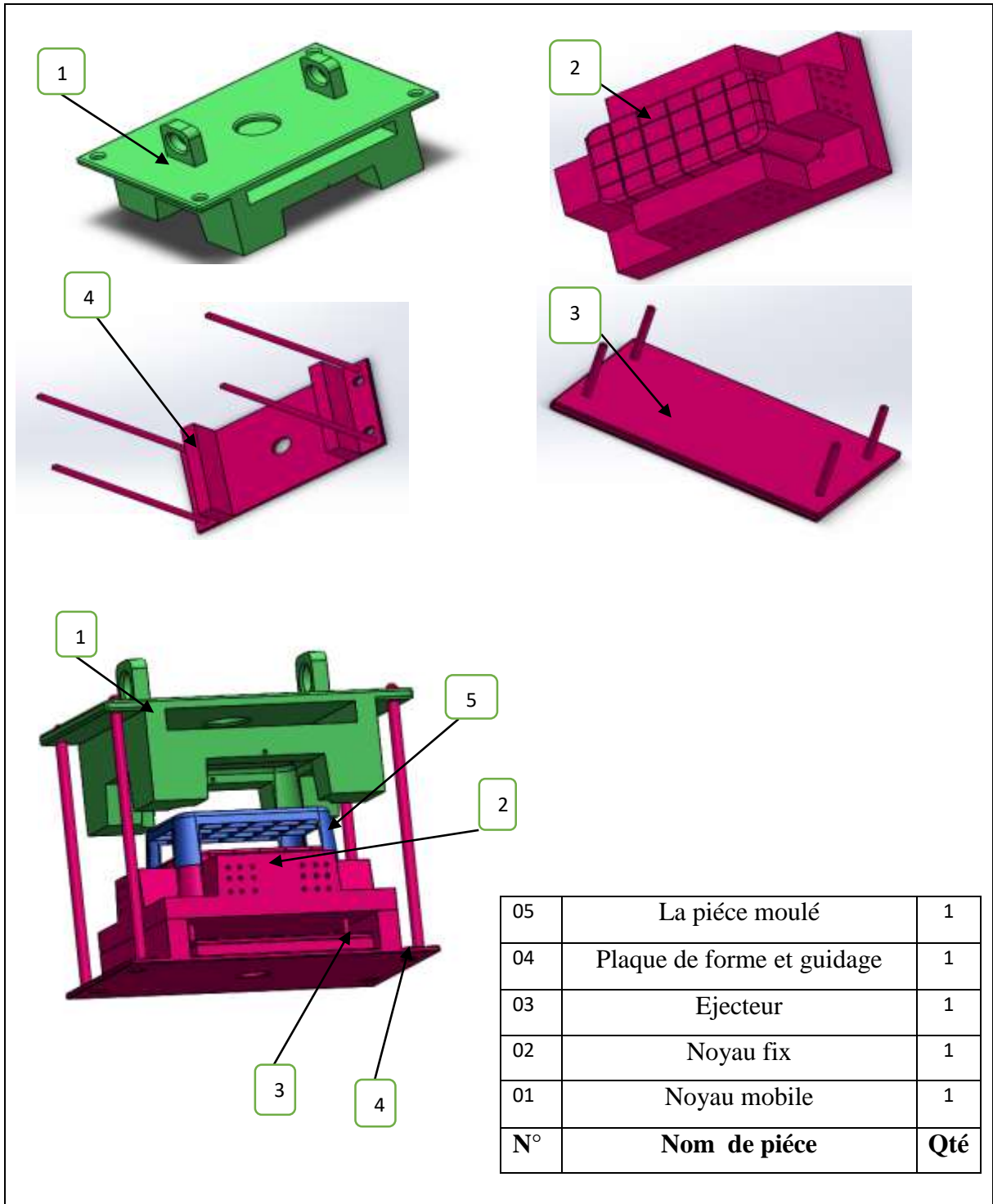


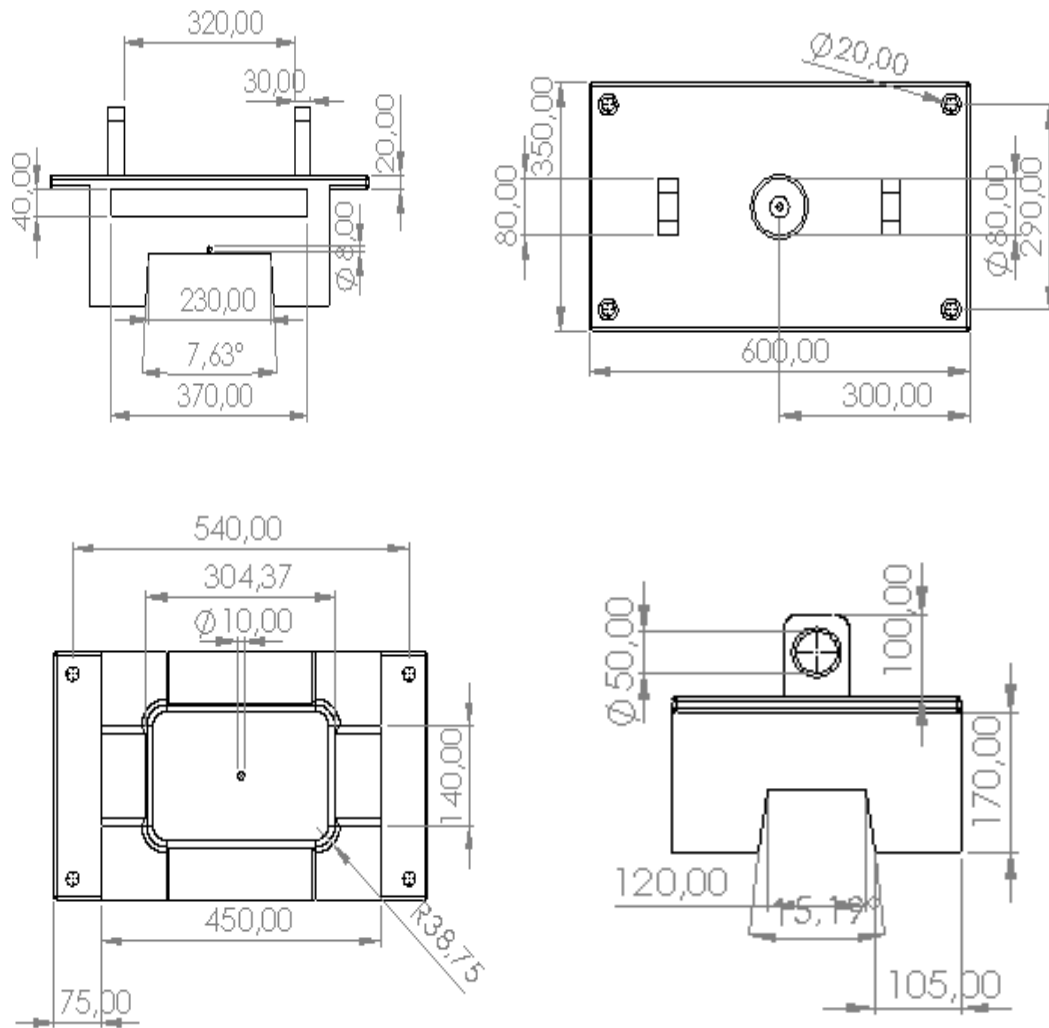
Figure (III-3) : Moule d'injection plastique état ouvert.

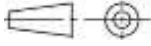
N°	Désignation
01	Noyau mobile
02	Trou de fixation de vérin
03	Buse d'injection
04	Tige de guidage
05	Noyau mobile
06	Trou de fixation de moule
07	Ejecteur
08	Noyau fix
09	Orifice de refroidissement
10	Carotte

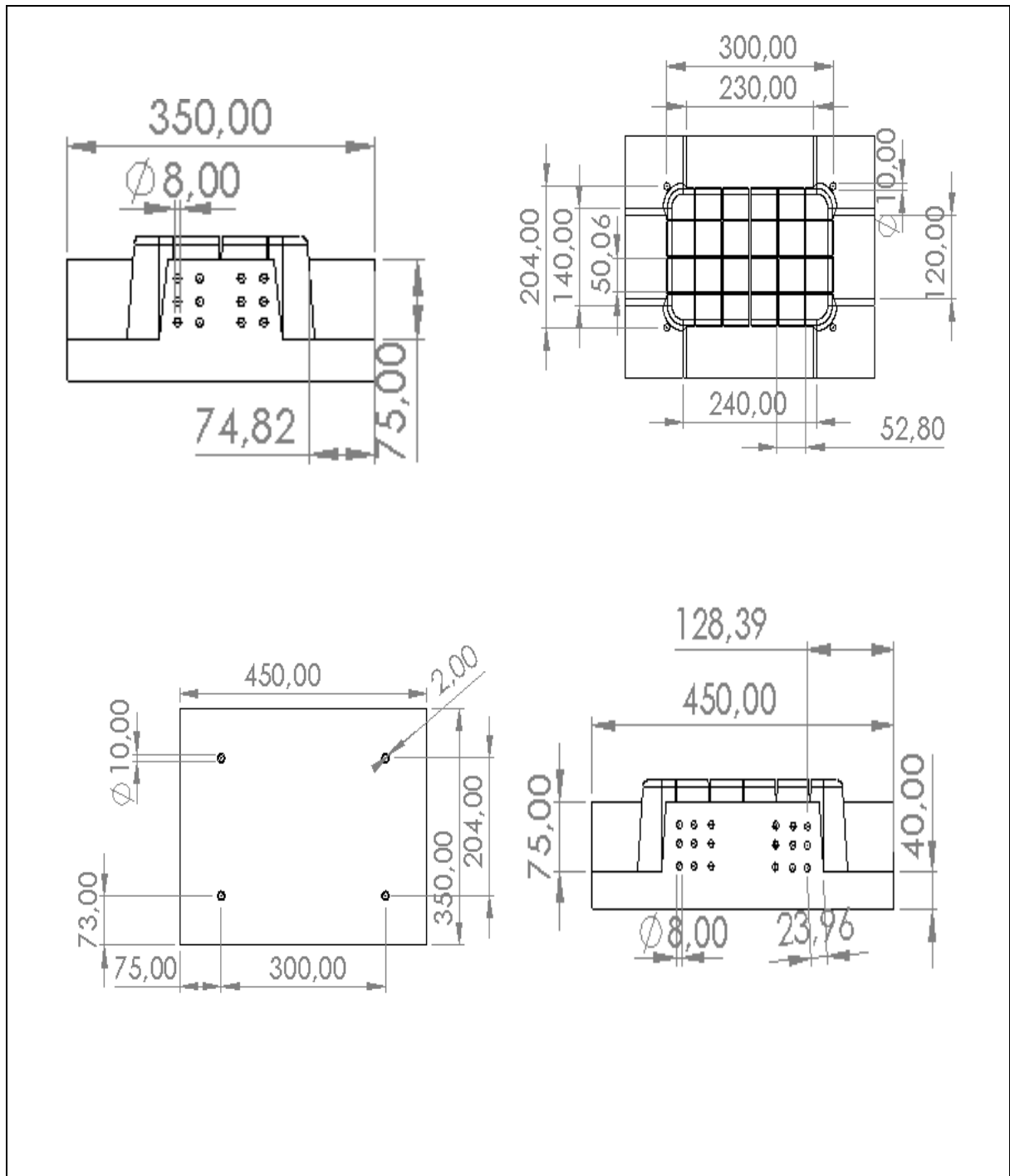


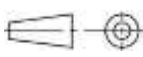
05	La pièce moulé	1
04	Plaque de forme et guidage	1
03	Ejecteur	1
02	Noyau fixe	1
01	Noyau mobile	1
N°	<b>Nom de pièce</b>	<b>Qté</b>

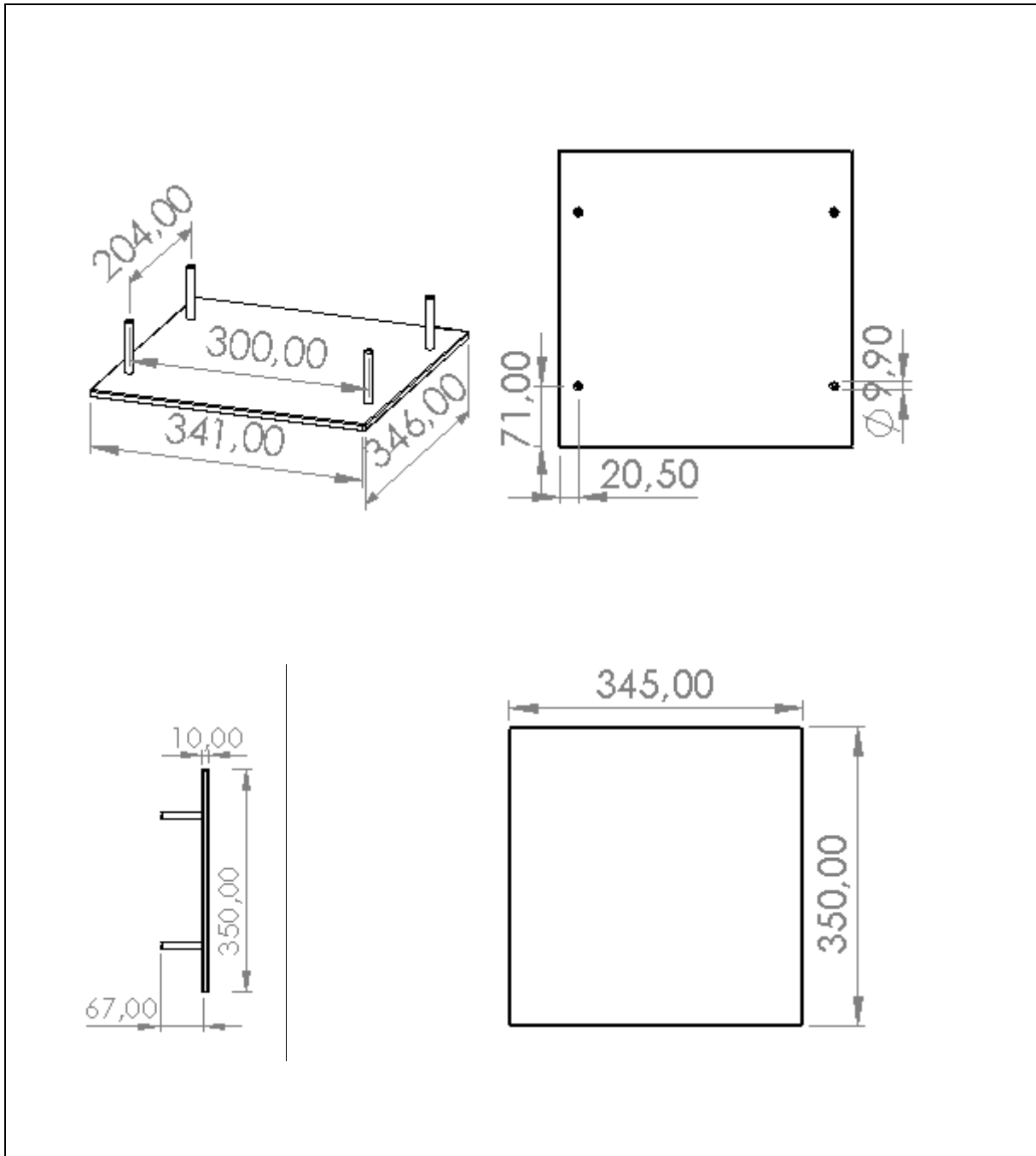
Echelle : 1:4	<b>Assemblage de moule</b>	Nom :	Langue :	
		Prénom :		
UNIVERSITE ABBES LAGHROUR KHENCHELA	Date :	Dessin : N° 01	A4	

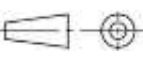


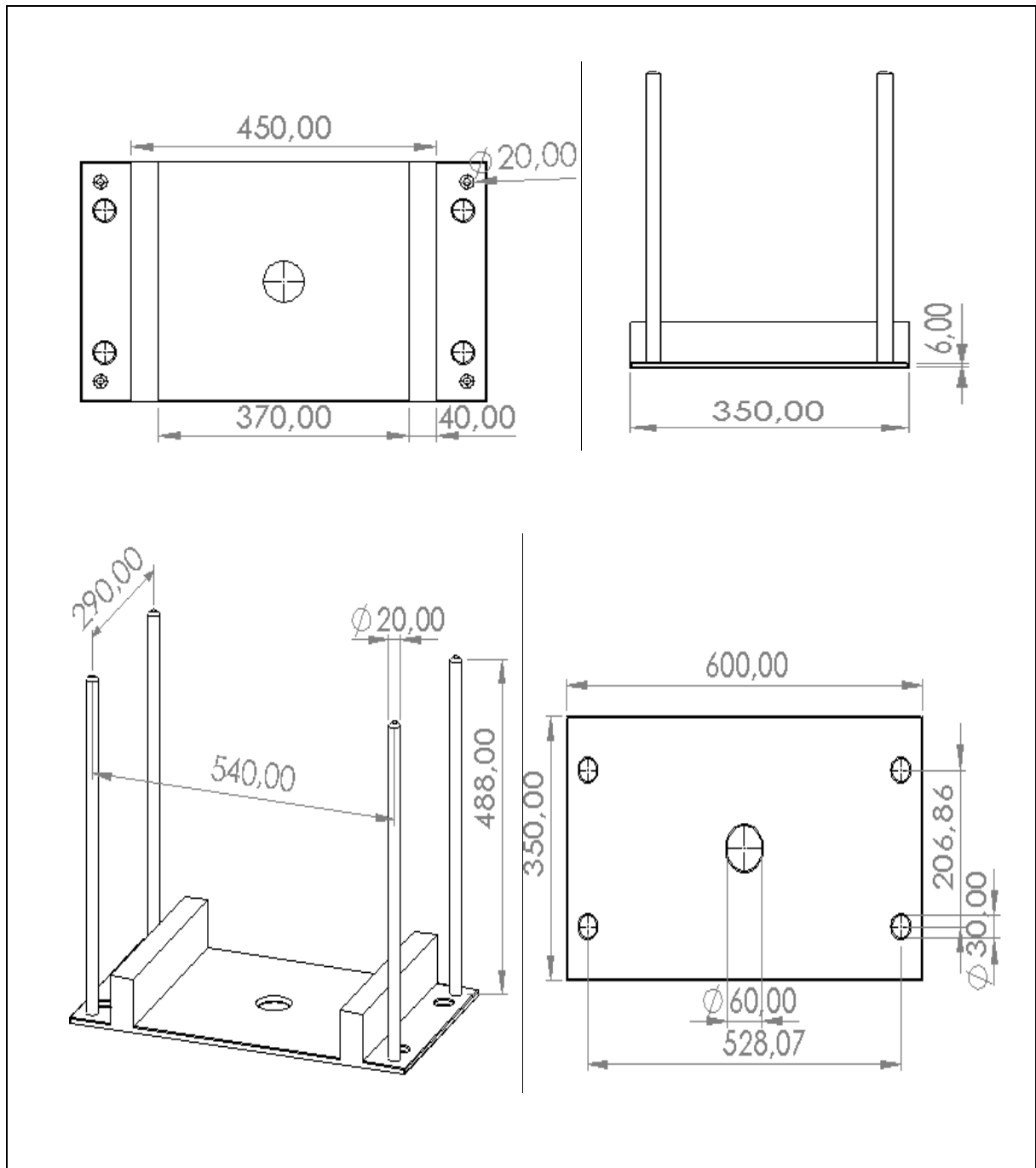
Matière : XC 38		Tolérance générale : $\sqrt{3,2}$	
Echelle : 1:2	<b>Noyau mobile</b>	Nom :	Langue :
		Prénom :	Fr
UNIVERSITE ABBES LAGHROUR KHENCHELA		Date :	Dessin : N° 02      A4

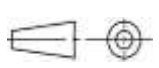


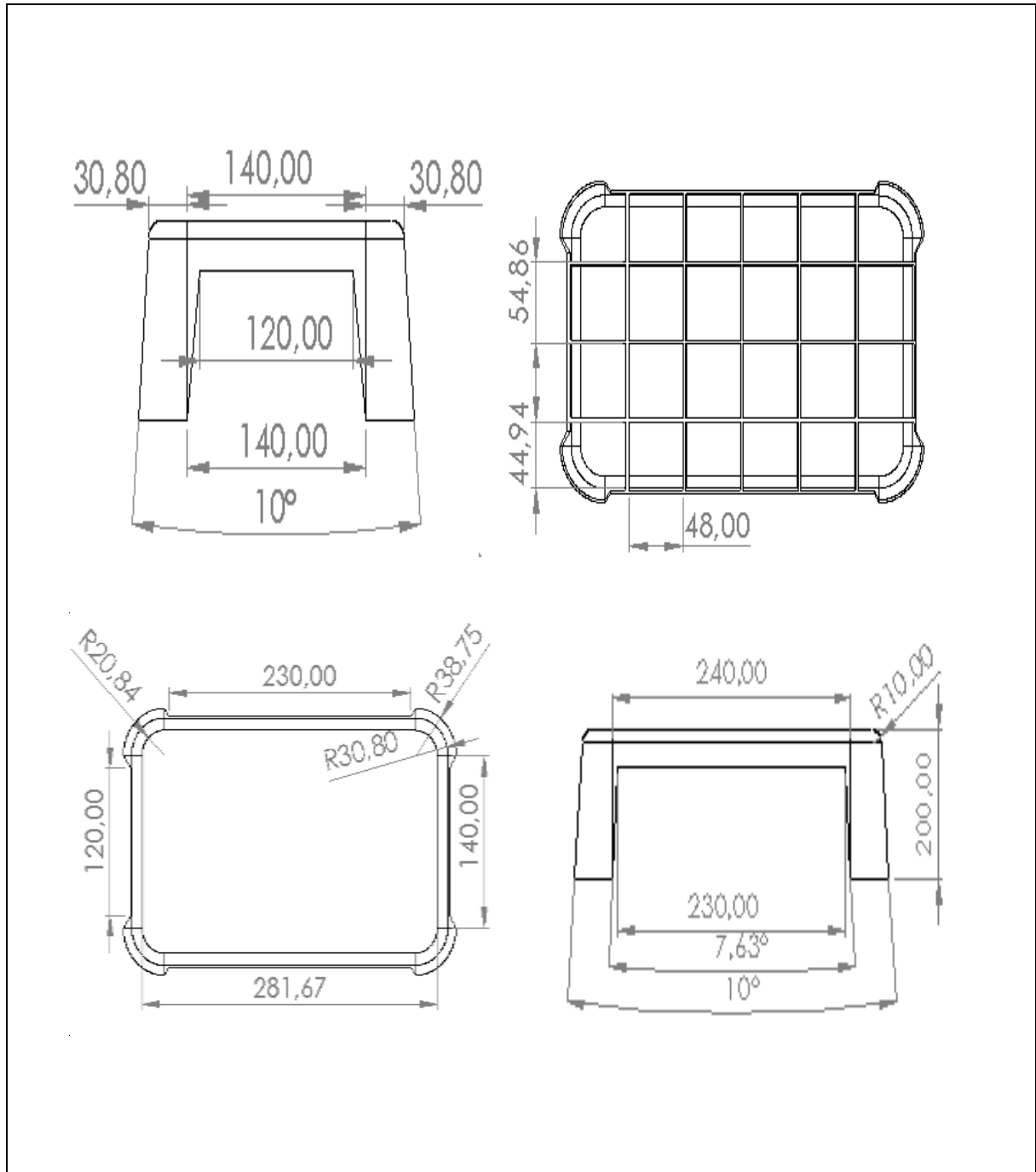
Matière : XC 38		Tolérance générale : $\sqrt{3,2}$	
Echelle : 1:2	<b>Noyau fixe</b>	Nom :	Langue :
		Prénom :	Fr
UNIVERSITE ABBES LAGHROUR KHENCHELA		Date :	Dessin : N° 03      A4



Matière : XC 38	Tolérance générale : $\sqrt[3]{3,2}$			
Echelle : 1:2	<b>Ejecteur</b>		Nom :	Langue :  Fr
			Prénom :	
UNIVERSITE ABBES LAGHROUR KHENCHELA		Date :	Dessin : N° 04	A4



Matière : XC 38	Tolérance générale : $\frac{3,2}{\sqrt{\quad}}$			
Echelle : 1:2	<b>Plaque de forme et guidage</b>		Nom :	Langue :
			Prénom :	Fr
<b>UNIVERSITE ABBES LAGHROUR KHENCHELA</b>	Date :	<b>Dessin : N° 05</b>	A4	



<p>Matière : polyamide P6</p>	<p>Tolérance générale : <math>\nabla 3,2</math></p>			
<p>Echelle : 1:2</p>	<p><b>CHASSE</b></p>		<p>Nom :</p>	<p>Langue :</p>
			<p>Prénom :</p>	<p>Fr</p>
<p>UNIVERSITE ABBES LAGHROUR KHENCHELA</p>		<p>Date :</p>	<p>Dessin : N° 06</p>	<p>A4</p>

## III-9- Etude du comportement mécanique par la simulation numérique

## III-9-1-partie mobile

## a-Les contraintes de Von Mises

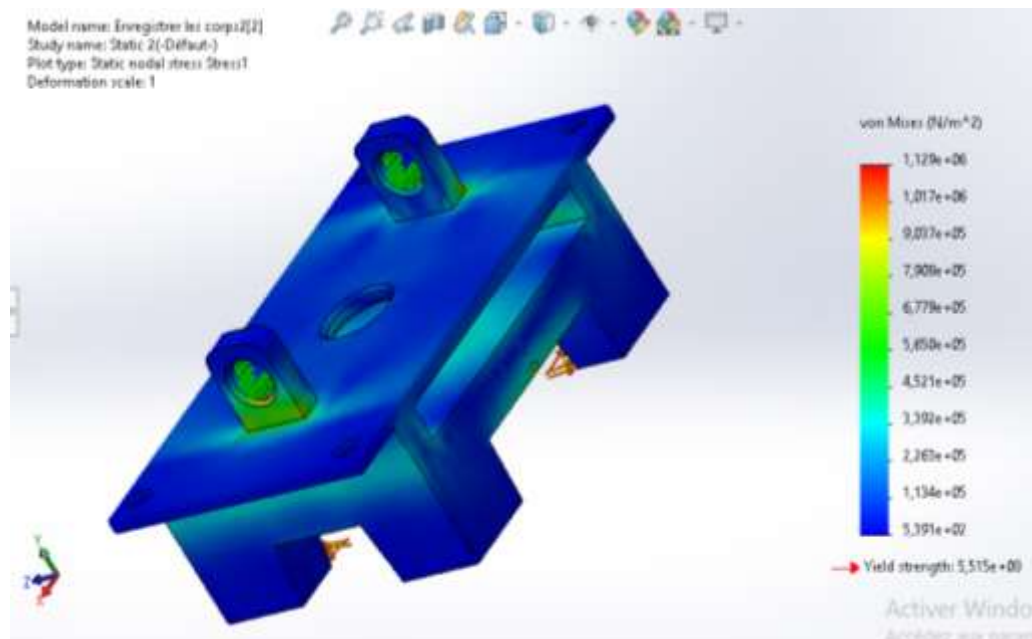


Figure (III-4) : Concentration des contraintes de Von Mises dans le moule (partie mobile) sous Solidworks.

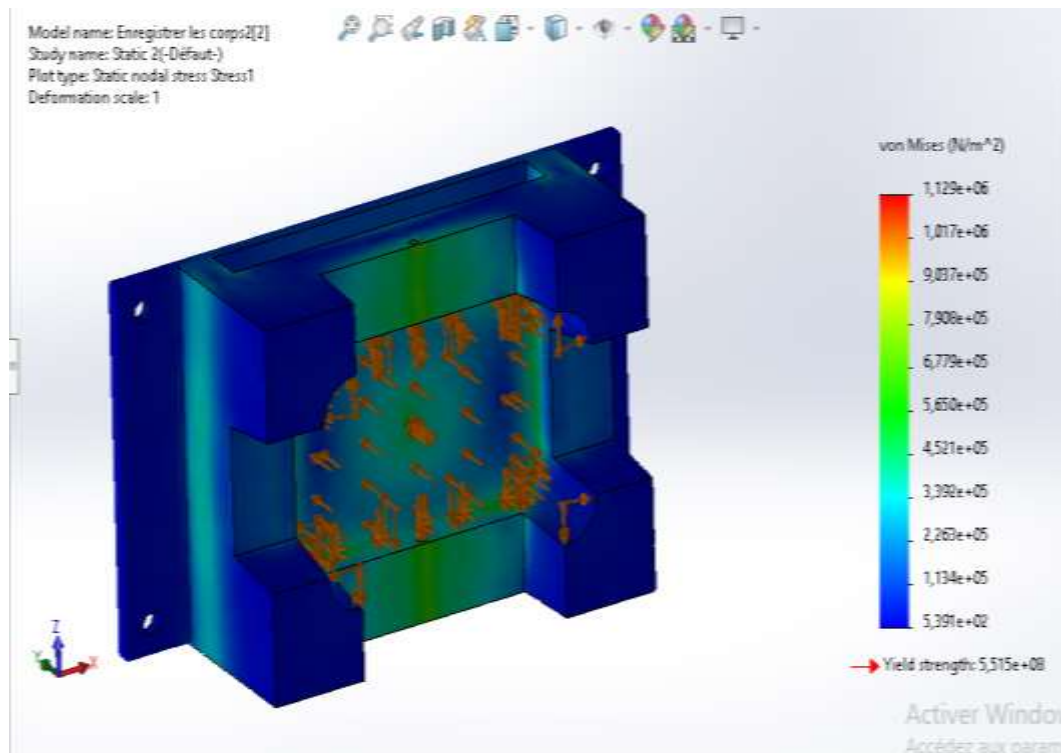


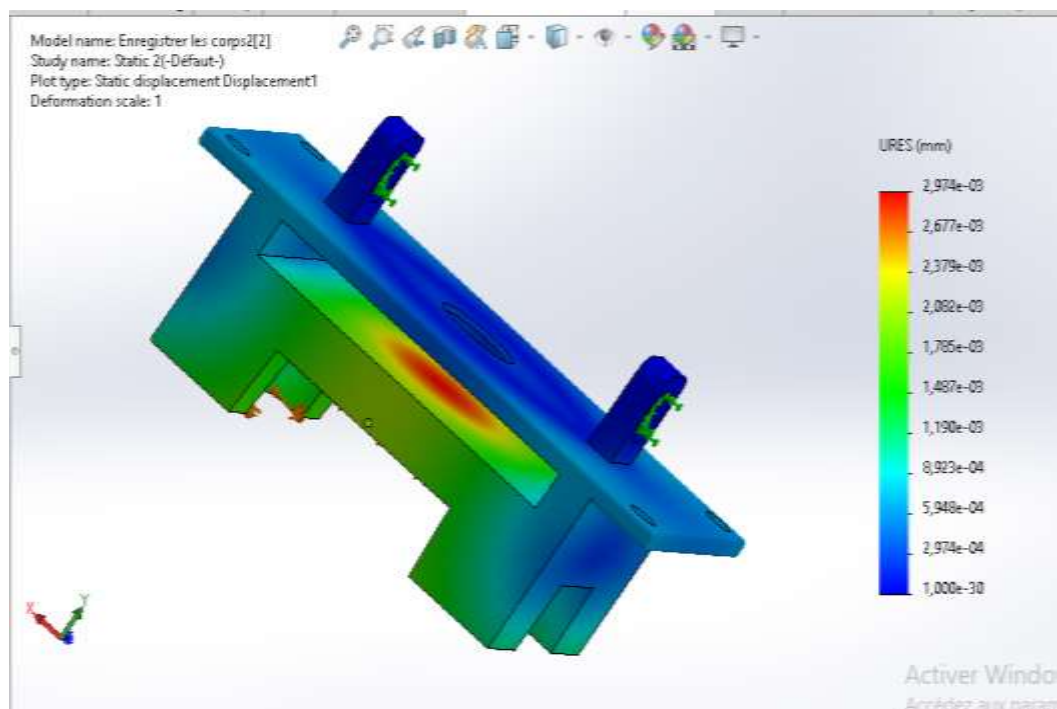
Figure (III-5) : La répartition des contraintes sur le moule (partie mobile) sous Solidworks.

Les résultats obtenir d'après la simulation numérique voir les figures (III-4) et (III-5) sur la partie mobile du moule on a :

- La contrainte maximale de Von Mises :  $1,129 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ .
- La contrainte minimale de Von Mises :  $5,391 \times 10^2 \text{ N/m}^2$ .
- La limite d'élasticité :  $5,515 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ .

La concentration des contraintes concentre au milieu de moule dans le trou d'injection exactement, et cette dernière avec des valeurs peut faible sur les deux trous de l'emplacement de vérin hydraulique on peut dire qu'est acceptable.

### b-Déplacement



**Figure (III-6) :** L'évolution des déplacements au niveau du moule sous Solidworks.

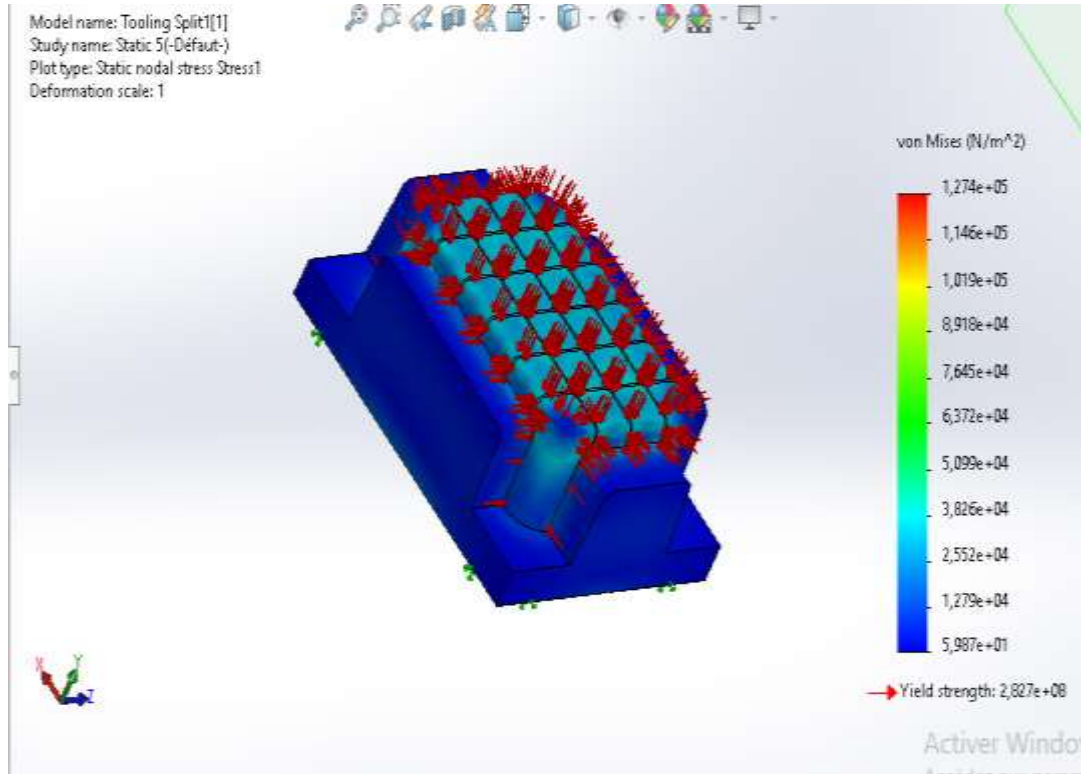
Les résultats obtenir d'après la simulation numérique voir les figures (III-6) sur la partie mobile du moule on a :

- Le déplacement axial maximum est :  $2,974 \times 10^{-3} \text{ mm}$ .
- Le déplacement axial minimum est :  $10^{-30} \text{ mm}$ .

Les déplacements sur la partie mobile de moule orienté au centre de moule mais avec des petites valeurs on peut dire que ces valeurs sont négligeables para port aux dimensions de moule.

## III-9-2- partie fixe

## a- Les contraintes de Von Mises



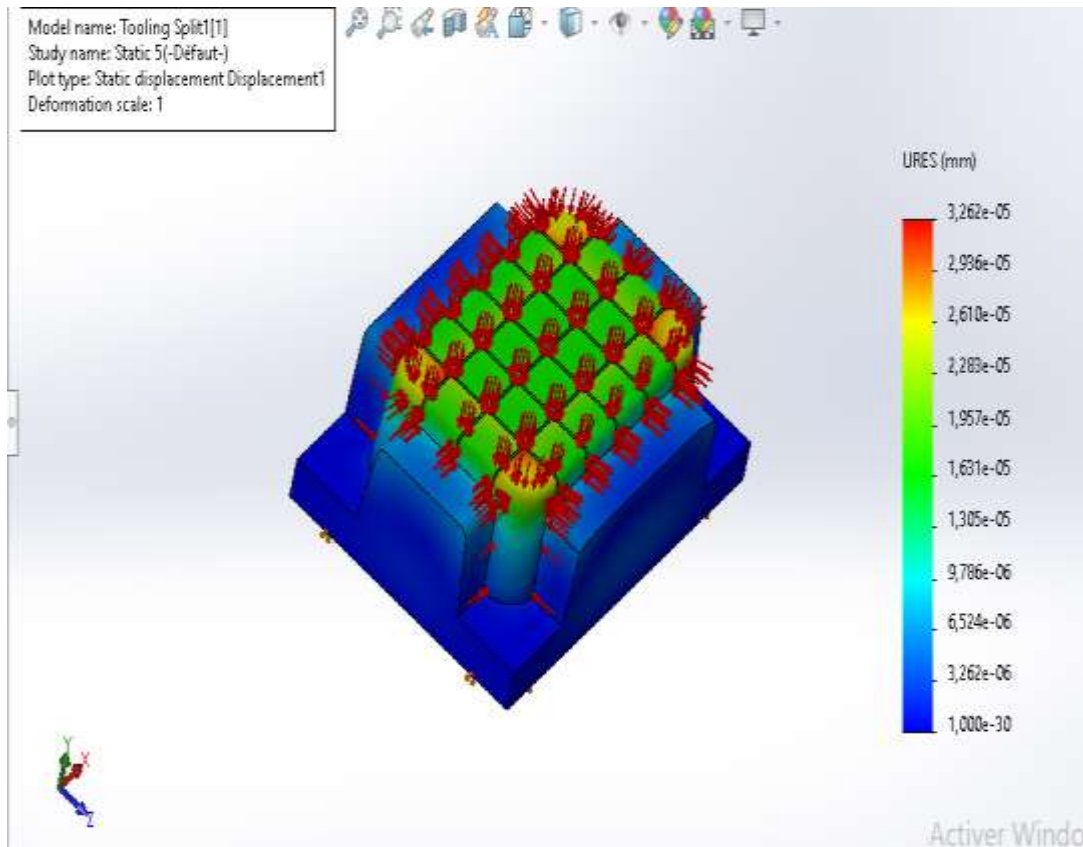
**Figure (III-7) :** Concentration des contraintes de Von Mises dans le moule (partie fixe) sous Solidworks.

Les résultats obtenir d'après la simulation numérique voir les figures (III-7) sur la partie fixe du moule on a :

- La contrainte maximale de Von Mises :  $1,274 \times 10^5$  N/m<sup>2</sup>.
- La contrainte minimale de Von Mises :  $5,987$  N/m<sup>2</sup>.
- La limite d'élasticité :  $2,827 \times 10^8$  N/m<sup>2</sup>.

La concentration des contraintes concentre sur les coins de moule, et cette dernière avec des valeurs très faible para port l'autre partie on peut dire qu'est très acceptable.

## b-Déplacement



**Figure (III-8) :** L'évolution des déplacements au niveau du moule (partie fixe) sous Solidworks.

Les résultats obtenir d'après la simulation numérique voir les figures (III-8) sur la partie fixe du moule on a :

- Le déplacement axial maximum est :  $3,262 \times 10^{-5}$  mm.
- Le déplacement axial minimum est :  $10^{-30}$  mm.

Les déplacements sur la partie fixe de moule orienté aux coins de moule mais avec des petites valeurs on peut dire que ces valeurs sont négligeables para port aux dimensions de moule.

A l'aide de logiciel Abaqus qui est un logiciel de calcul par éléments finis. Il permet, entre autres, de réaliser des simulations du comportement mécanique de pièces ou de structures impliquant des éléments en polymères ou en élastomères : prise en compte des non linéarités, des grandes déformations, couplage avec les effets de température. Il est ainsi possible de réaliser des analyses en statique, ou en dynamique, qui permes nous d'extraies les résultats représentés sur les figures (III-10) et (III-12), avec le mode de choix sur la diagonale de moule soit partie mobile au fixe représentés sur les figures (III-9) et (III-11).

Partie mobile de moule

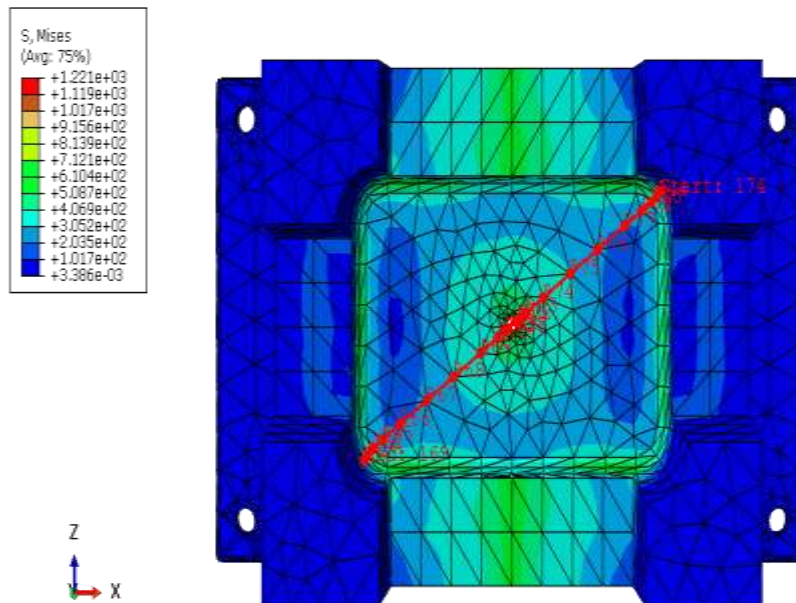


Figure (III-9) : La sélection des points d'axe de diagonal au moule partie mobile sous abaqus.

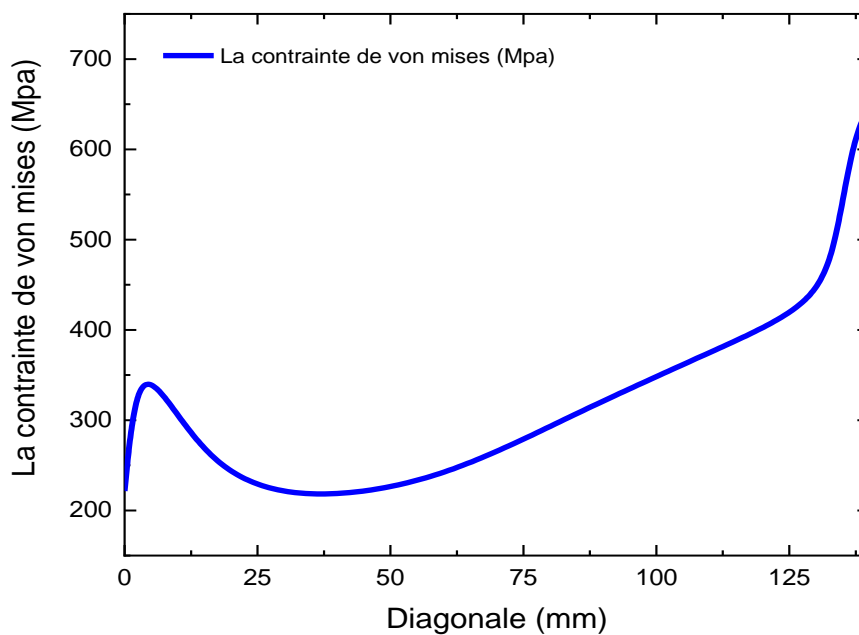
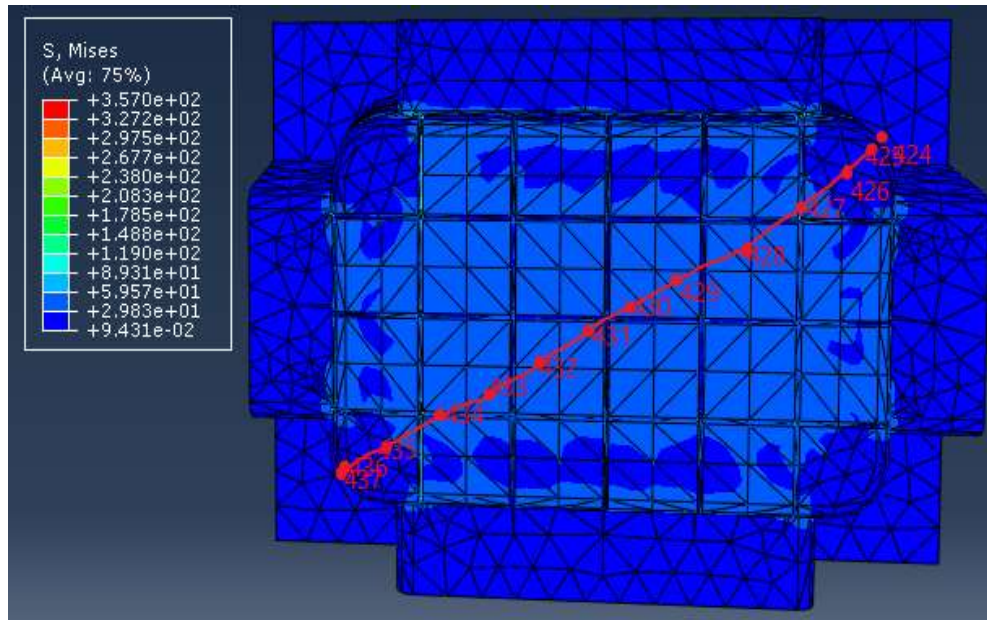


Figure (III-10) : L'évolution de la contrainte de Von Mises à travers l'axe de la diagonale de moule (partie mobile).

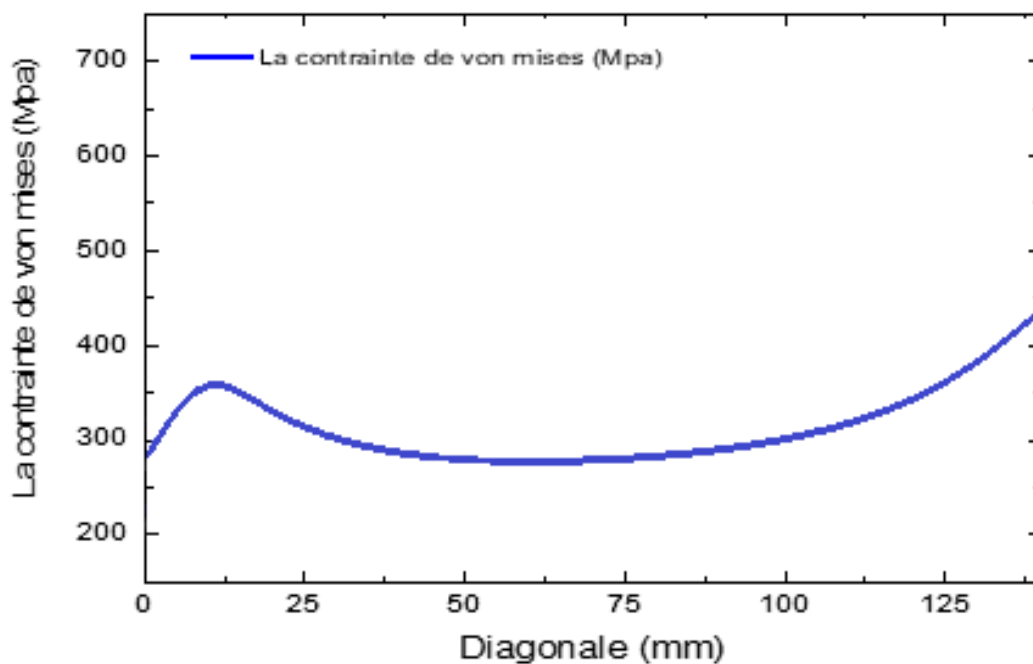
On interprète les résultats obtenir comme suit :

Une augmentation très claire des contraintes de Von Mises sur l'axe diagonale de moule jusqu'à le centre avec des valeurs de 220 MPa au coin de moule (contrainte minimale) et 649 MPa au centre de moule (contrainte maximal).

**La partie fixe de moule**



**Figure (III-11) :** La sélection des points d'axe de diagonal au moule partie fixe sous abaquus.



**Figure (III-12) :** L'évolution de la contrainte de Von Mises à travers l'axe de la diagonale de moule (partie fixe).

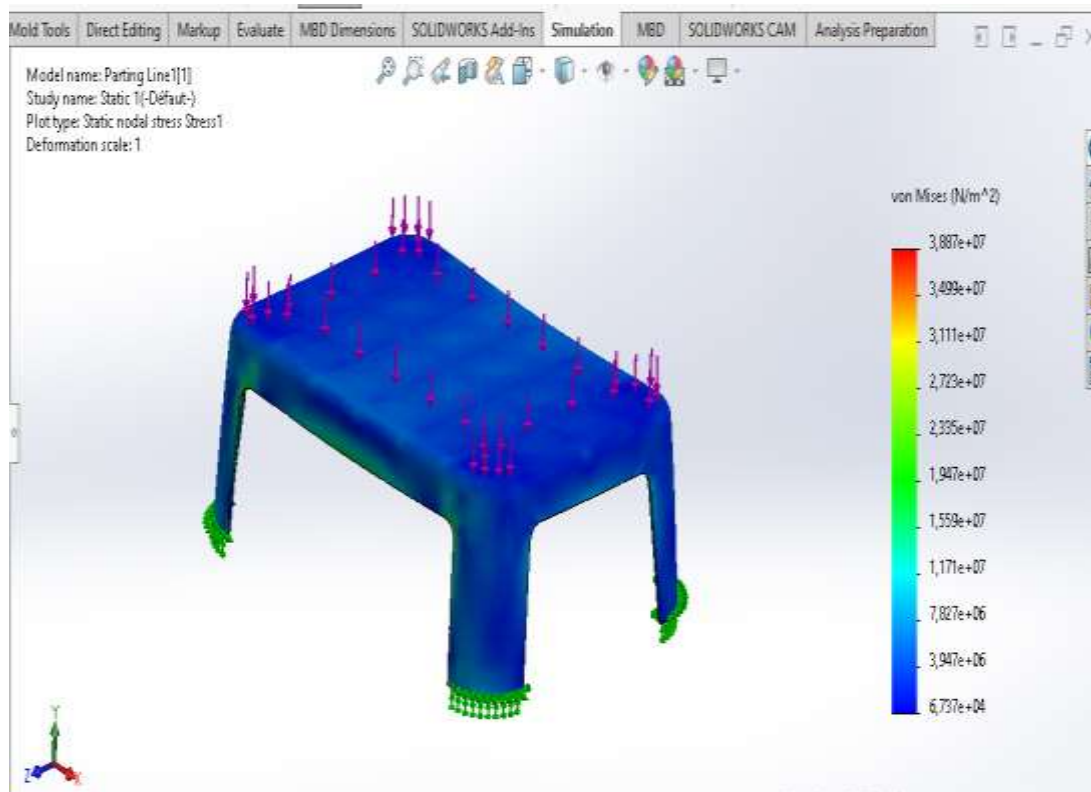
On interprète les résultats obtenir comme suit :

Une augmentation légèrement très claire des contraintes de Von Mises sur l'axe diagonale de moule jusqu'à le centre avec des valeurs de 280 MPa au coin de moule (contrainte minimale) et 440 MPa au centre de moule (contrainte maximale).

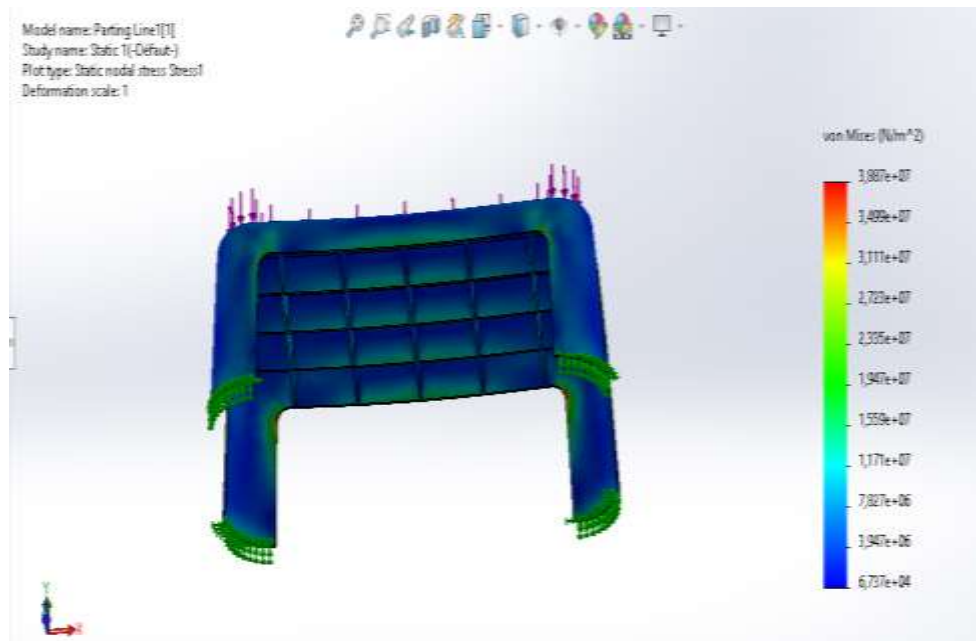
### III-9-3-la pièce moulé (chaise)

Pour comprendre la résistance de la pièce moulée (chaise) on a examiné une force de 1250 N et extraite les valeurs suivant.

#### a-Von Mises



**Figure (III-13) :** La concentration des contraintes Von Mises au niveau de la pièce moulée sous Solidworks.



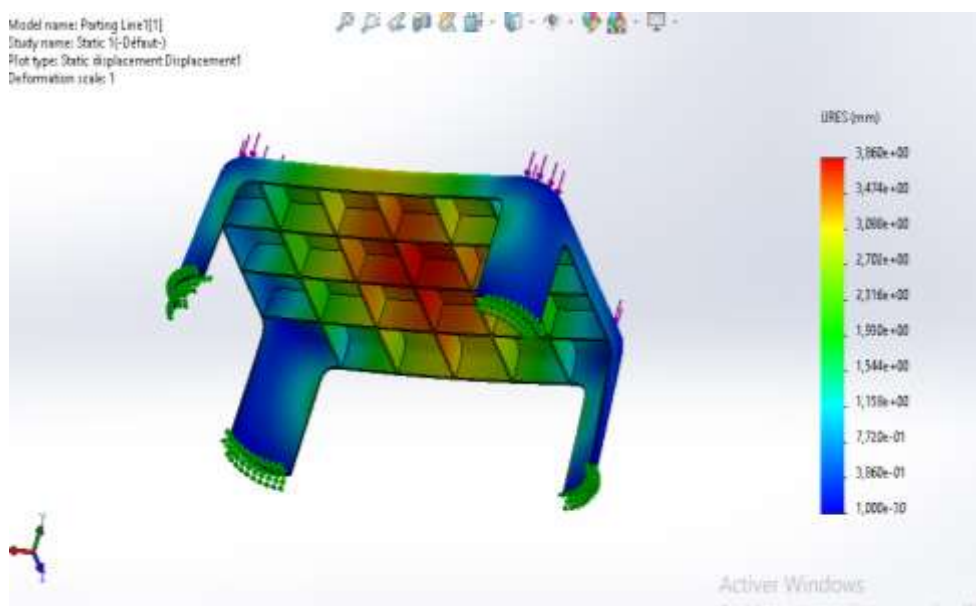
**Figure (III-14) :** La concentration des contraintes Von Mises au niveau de la pièce moulée vue de bas sous Solidworks.

Les résultats obtenir d'après la simulation numérique voir les figures (III-13) et (III-14) sur la pièce moulée on a :

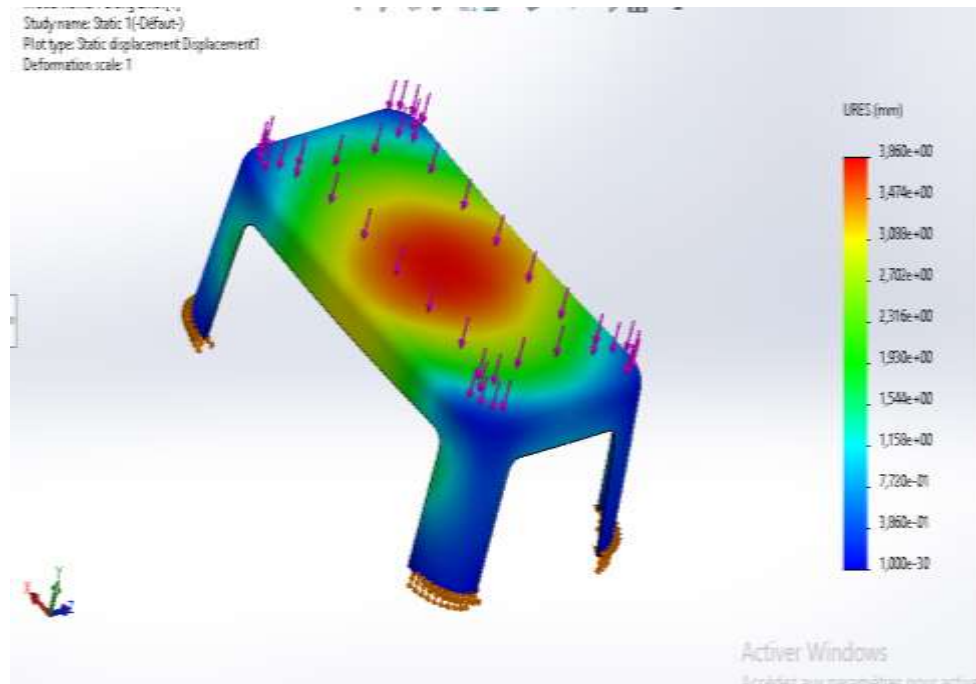
- La contrainte maximale de Von Mises :  $3,887 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ .
- La contrainte minimale de Von Mises :  $6,737 \times 10^4 \text{ N/m}^2$

La concentration des contraintes sur la pièce moulée est très acceptable

### b-Déplacement



**Figure (III-15) :** Les déplacements axiale au niveau la pièce moulée vue de bas sous Solidworks.



**Figure (III-16) :** Les déplacements axiale au niveau la pièce moulée sous Solidworks.

Les résultats obtenir d'après la simulation numérique voir les figures (III-15) et (III-16) sur la pièce moulée on a :

- Le déplacement axial maximum est : 3,860 mm.
- Le déplacement axial minimum est :  $10^{-30}$  mm.

Les déplacements sur la pièce moulée orienté aux centre avec des valeurs très important on peut dire que ces valeurs est détermine l'étude du paramètre et comportement mécanique et physique de la pièce moulée et ces dimensionnements pour évités le risque de la déforme géométrique après le démoulage.

### Conclusion générale

On a vu les principaux technologique d'obtention des pièces en moulage par injection plastique, nous avons choisir des techniques et des paramètres pour faire la conception et la modélisation des partie de moule standard à l'aide des logiciels soit : Solidworks et abaqus,

Nous avons conclu dans notre travail à trois niveaux comme suit :

Au niveau de la partie mobile de moule :

Une augmentation très claire des contraintes de Von Mises sur l'axe diagonale de moule, c'à d la concentration des contraintes concentre au milieu de moule dans le trou d'injection exactement, et cette dernière avec des valeurs peut faible sur les deux trous de l'emplacement de vérin hydraulique, avec des petits valeurs des déplacements orienté vers le centre de moule on peut dire que ces valeurs est négligeable para port aux dimensions de moule.

Au niveau de la partie fixe de moule :

Une augmentation légèrement très claire des contraintes de Von Mises sur l'axe diagonale de moule jusqu'à le centre, c'à d la concentration des contraintes concentre sur les coins de moule, et cette dernière avec des valeurs très faible para port à la partie mobile de moule, ainsi que les déplacements sur cette partie il est orienté aux coins de moule mais avec des petits valeurs on peut dire que ces valeurs est négligeable para port aux dimensions de moule.

En fin au niveau de la pièce moulée :

La concentration des contraintes sur la pièce moulée est très acceptable, avec les déplacements il est orienté aux centre de cette pièce avec des valeurs très important on peut dire que ces valeurs est bien détermine d'après une étude du paramètre et des comportements mécanique et physique de la pièce moulée et ces dimensionnements pour évités le risque de la déforme géométrique après le démoulage.

### ملخص

مكبس الحقن عبارة عن آلة تجعل من الممكن الحصول على أجزاء بلاستيكية محقونة تحت الضغط في قالب يتم تثبيته على المكبس، ويتم حقن البلاستيك بشكل عام عند ضغط مرتفع ودرجة حرارة عالية، وتعتمد دراستنا على التصميم ونمذجة قالب حقن البلاستيك، مع دراسة المعلمات وخصائصها للمواد وسلوكها الميكانيكي.

### Résumé

La presse d'injection est une machine qui permet d'obtenir des pièces plastique injecté sous pression dans un moule qui est-il monté sur la presse, et l'injection du plastique se fait généralement à haute pression et à température élevés, notre étude dépend sur un conception et modélisation d'un moule d'injection plastique, avec l'étude des paramètres et leur propriété des matériaux et leur comportement mécanique.

### Resume

The injection press is a machine that makes it possible to obtain plastic parts injected under pressure in a mold which is mounted on the press, and the injection of the plastic is generally done at high pressure and at high temperature, our study depends on a design and modeling of a plastic injection mold, with the study of the parameters and their property of materials and their mechanical behavior.

### **Bibliographique**

- [1] les plastiques dans notre vie collège de Monteil 2012.
- [2] origines plastiques de Jacky Aubry.
- [3] les plastiques en débat ensemble scolaire Notre Dame 2010 /2011.
- [4] Article (2007-2016 © the Quadrant group of companies).
- [5] outils PFERD pour l'usinage des matières plastiques.
- [6] thermoformages plastiques de Rhône Alper 2013/ 2015.
- [7] Wikipédia <http://retrObright.wikispaces.com>.
- [8] sociétés WEFAPRESS spécialisé dans le domaine de plastique.
- [9] articles de resinex France 2016.
- [10] mémoire « étude et conception d'un moule d'une prise » 2008/2009.
- [11] procède de fabrication plastique <http://www.plasturgie-cojema.com/>.
- [12] procède e l'injection <http://www.rose-plastic.fr/3515.html>.
- [13] [http:// www.valorplast.com/ le-campus/collège/la-transformation/](http://www.valorplast.com/le-campus/collège/la-transformation/)
- [14] c.corbet. Matières plastiques. Edition CASTELLA (1998).
- [15] H.H.kausch. Mâtereaux polymère, propretés mécaniques et physiques.
- [16] misse en œuvre presse polytechnique et université de remende (2001).
- [17] les plastiques dans notre vie collège de Monteil 2012.
- [18] Wikipédia <http://retrObright.wikispaces.com>.
- [19] articles de resinex France 2016.
- [20] F.Agassant. La misse en forme des matières plastiques.
- [21] D. Spenle. Guide de calcul en mécanique. Edition HACHETTE(1999).
- [22] J.Rollet. Travail des plastiques. DELAGRAVE(1970).
- [23] injection des thermoplastiques ; les moules, technique de l'ingénieur A 3680.
- [24] A.DESSARTHE, H. GUYOT .M. CARAYOL technique de fabrication des pièces en plastique" CETIM 1994.
- [25] [https://www.minedetalents.fr/formation/formation-dessinateur-dao-cao-3d solidwor](https://www.minedetalents.fr/formation/formation-dessinateur-dao-cao-3d-solidwor)

