

---

**Université ABBES LAGHROUR Khenchela**



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



# Mémoire

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

**Spécialité : Génie Mécanique**

**Option : Construction Mécanique**

## Thème

---

**Etude des paramètres et simulation d'une  
presse à injection plastique.**

---

**Réalisé par :**

- M. CHEBEDEN menacer
- M. GHODBANE nabil

**Dirigé par : M . HIMEUR nabil**

**Membres de jury :**

- M. KHADRAOUI faycel \_Président.
- M. MENSOURI khelifa \_Examineur.

---

**Année universitaire : 2019-2020**

---



# REMERCIEMENT

*Tout d'abord, nous devons remercier « ALLAH » le tout puissant de nous avoir donné tout le courage et la santé pour achever ce travail.*

*A Monsieur Himeur nabil, pour nous avoir suivi durant notre travail dans le cadre de ce mémoire, pour ces conseils précieux, pour sa disponibilité et la compétence de son encadrement, qu'elle trouve ici notre reconnaissance et notre respect.*

*Un grand merci aux membres de jury, pour tous les conseils et l'encouragement...*

*Enfin nous remercions nos familles et nos amis pour leur soutien moral et leurs aides, ainsi que tous ce qui nous avaient soutenu et aidé tout au long de ce travail.*

# SOMMAIRE

---

## Sommaire

<b>Introduction générale</b> .....	02
------------------------------------	----

### **CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS SUR L'INJECTION PLASTIQUES**

I. Généralités.....	04
I.1. Le moulage.....	04
I.2. Les Plastiques.....	04
I.3. Les procédés d'usinage.....	04
I.3.1. le procédé injection.....	04
I.3.2. le procédé injection soufflage.....	05
I.3.3. le procédé extrusion.....	06
I.3.4. le procédé rotomoulage.....	09
I.3.5. Le procédé expansion moulage.....	10
I.4. Description d'une presse a injecté.....	11
I.4.1. Le cycle d'injection.....	11
I.5. Les polymères .....	12
I.5.1. définition d'une polymère.....	13
I.5.2. Classification des différents polymères.....	14
I.5.2.1. Polymères linéaires amorphes.....	14
I.5.2.1.1. Homopolymères.....	14
I.5.2.1.2. Copolymères.....	15
I.5.2.1.3. Polymères ramifiés.....	15
I.5.2.1.4. Polymères à cycles dans la chaîne.....	15
I.5.2.1.5. Polymères tridimensionnels.....	16
I.5.3. Les polymères synthétiques et réaction de synthèse.....	16
I.5.3.1 Définition d'une réaction de synthèse.....	16
I.5.3.2. Réaction de synthèse (réaction de polymérisation).....	16

### **CHAPITRE II : LES PARAMETRE DES PRESSE D'INJECTION**

II.1. Le procédé d'injection des thermoplastiques.....	19
II.1.1. Le déroulement de l'injection.....	19
II.2. Les matières injectables.....	22

# SOMMAIRE

---

II.3. Le moule d'injection.....	23
II.3.1. Type des moules d'injection.....	25
II.3.1.1. Moule à deux plaques.....	26
II.3.1.2. Moule à trois plaques.....	26
II.3.1.3. Moule à tiroir.....	27
II.4. Les différentes fonctions du moule.....	28
II.4.1. La fonction d'alimentation.....	28
II.4.2. La fonction mise en œuvre.....	29
II.4.3. Fonction d'éjection.....	30
II.4.4. Fonction régulation thermique.....	31
II.4.5. Fonction de guidage et de positionnement.....	32
II.4.6. Fonction de maintien.....	33
II.4.7. Fonction de fixation.....	34
II.4.8. Fonction manutention, stockage, sécurité et liaison machine.....	34
II.5. Dimensionnement et conception du moule.....	35
II.5.1. Dimensionnement de la buse outil.....	35
II.5.2. Dimensionnement des canaux d'alimentation.....	36
II.5.3. Dimensionnement des seuils d'injection.....	36
II.5.4. Choix des dépouilles.....	38
II.5.5. Le calcul des retraits.....	39
II.5.6. Le choix du plan de joint.....	39
II.5.7. Le choix des éjecteurs.....	42
II.5.8. Le dimensionnement des canaux de refroidissement.....	43
II.5.9. Le choix des paramètres de la machine d'injection.....	45
II.5.10. Le choix de la matière du moule.....	46
II.5.11. Le choix du type de moule.....	47

## **CHAPITRE III : APPLICATION (CONCEPTION ET SIMULATION D'UNE PIECE)**

III.1. Le dessin de définition de la caisse.....	50
III.2. Présentation de la presse d'injection utilisée.....	52
III.3. Conception du moule de la caisse sur Catia V5R21.....	52
III.3.1. La détermination du poinçon, de la matrice ainsi que les tiroirs.....	52

# SOMMAIRE

---

III.3.1.1. Le choix du plan de joint.....	53
III.3.1.2. le remplissage des trous.....	54
III.3.1.2. Le dimensionnement du moule.....	55
III.4. simulation d'injection.....	57
Conclusion général.....	60
Annexe.....	62

## Liste des figures

---

<b>Figure I.1:</b> Procédé soufflage.....	05
<b>Figure I.2 :</b> Le procédé d'extrusion.....	06
<b>Figure I.3 :</b> Le procédé Rotomoulage.....	07
<b>Figure I.4 :</b> La machine de rotomoulage .....	07
<b>Figure I.5 :</b> Moule de rotomoulage .....	07
<b>Figure I.6 :</b> Bille de polystyrène expansée .....	08
<b>Figure I.7 :</b> Emballage en polymère .....	09
<b>Figure I.8 :</b> Presse d'injection plastique .....	10
<b>Figure I.9 :</b> Cylindre de plastification et moule.....	11
<b>Figure I.10 :</b> Cycle injection .....	12
<b>Figure I.11 :</b> La constitution d'un polymère.....	13
<b>Figure I.12 :</b> Différentes tacticités des polymères vinyliques .....	14
<b>Figure I.13 :</b> Structure de Copolymères .....	15
<b>Figure I.14 :</b> Structure de Polymère ramifié .....	15
<b>Figure I.15 :</b> Structure de Polymère tridimensionnels .....	16
<b>Figure II.1 :</b> Presse d'injection.....	19
<b>Figure II.2:</b> Les diverses parties de la machine.....	21
<b>Figure II.3 :</b> Système d'éjection .....	22
<b>Figure II.4 :</b> Les différentes fonctions du moule d'injection .....	24
<b>Figure II.5 :</b> Les différents composants du moule, vue en 2D.....	24
<b>Figure II.6:</b> Vue en 3D du moule d'injection.....	25
<b>Figure II.7 :</b> Le fonctionnement d'un moule à deux plaques.....	26
<b>Figure II.8:</b> Fonctionnement d'un moule à trois plaques .....	27
<b>Figure II.9 :</b> Fonctionnement d'un moule à tiroir .....	27
<b>Figure II.10:</b> Principe de l'alimentation du moule.....	29
<b>Figure II.11</b> La partie mobile et la partie fixe d'une pièce faite par injection.....	30
<b>Figure II.12 :</b> Éjection par Bloc d'éjection ou pavé d'éjection et les défauts à éviter.....	31
<b>Figure II.13 :</b> Les centrages et les guidages à assurer sur une presse/moule.....	32
<b>Figure II.14:</b> Cague de centrage .....	33
<b>Figure II.15 :</b> Colonne de guidage .....	33
<b>Figure II.16 :</b> Différentes possibilités de fixation dans un moule .....	34

## Liste des figures

---

<b>Figure II.17</b> : Ensemble de seuils rectangulaires.....	37
<b>Figure II.18</b> : Ensemble de seuils circulaires .....	37
<b>Figure II.19</b> : La forme de dépouille .....	39
<b>Figure II.20</b> : La fermeture d'outillage.....	40
<b>Figure II.21</b> : La ligne de joint intérieure ou interne.....	41
<b>Figure II.22</b> : La ligne de joint .....	41
<b>Figure II.23</b> : La ligne de joint auxiliaire.....	42
<b>Figure II.24</b> : Différents circuits de refroidissement .....	44
<b>Figure II.25</b> : Les canaux de refroidissement.....	45
<b>Figure II.26</b> : Les différentes forces appliquées au système d'injection .....	46
<b>Figure II.27</b> : Les différents types des moules et leurs propriétés.....	47
<b>Figure III.1</b> : Dessin de définition de la caisse .....	50
<b>Figure III.2</b> : Les différentes vues de la caisse.....	51
<b>Figure III.3</b> : Vue globale de la caisse.....	51
<b>Figure III.4</b> : La dépouille utilisée .....	52
<b>Figure III.5</b> : La matrice, le poinçon et les tiroirs .....	53
<b>Figure III.6</b> : La surface limitant du plan de joint de la caisse .....	53
<b>Figure III.7</b> : Trous remplis .....	54
<b>Figure III.8</b> : La partie poinçon .....	54
<b>Figure III.9</b> : La partie matrice .....	54
<b>Figure III.10</b> : Les tiroirs .....	55
<b>Figure III.11</b> : La forme du moule de la caisse .....	56
<b>Figure III.12</b> : La partie empreinte du moule d'injection pour le Générative Tool de la caisse.....	57



# **Introduction général**

## Introduction général

La révolution industrielle fut l'avènement de la fonte et de l'acier, nous vivons aujourd'hui dans un monde où les matières plastiques dominent. L'électrotechnique, l'électricité, la médecine, le bâtiment, le transport, l'agriculture, et fait un usage de plus en plus courant.

L'injection thermoplastique est aujourd'hui l'un des procédés les plus utilisés pour la mise en forme des polymères. Il est généralement utilisé pour la production de très grandes séries pour l'automobile, l'électroménager, articles de sport, santé...etc., ou pour des séries plus réduites en aéronautique. Il permet de produire à grande cadence avec un faible coût, et avec une grande régularité, et de façon automatique des pièces massives et des formes complexes.

Son principe consiste à remplir le polymère thermoplastique fondu dans une cavité, appelée empreinte, à l'intérieure d'un moule. Lorsque celui-ci se refroidit, la pièce se solidifie tout en se contractant : le volume occupé par la pièce solidifiée est inférieur à celui de l'empreinte, on appelle ce phénomène le retrait. Lorsque la solidification est terminée, il y a ouverture du moule et éjection de la pièce.

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 objectif c'est une étude et simulation numérique sur les paramétrés de la presse par injection sur les propriétés des matériaux et leur comportement mécanique.

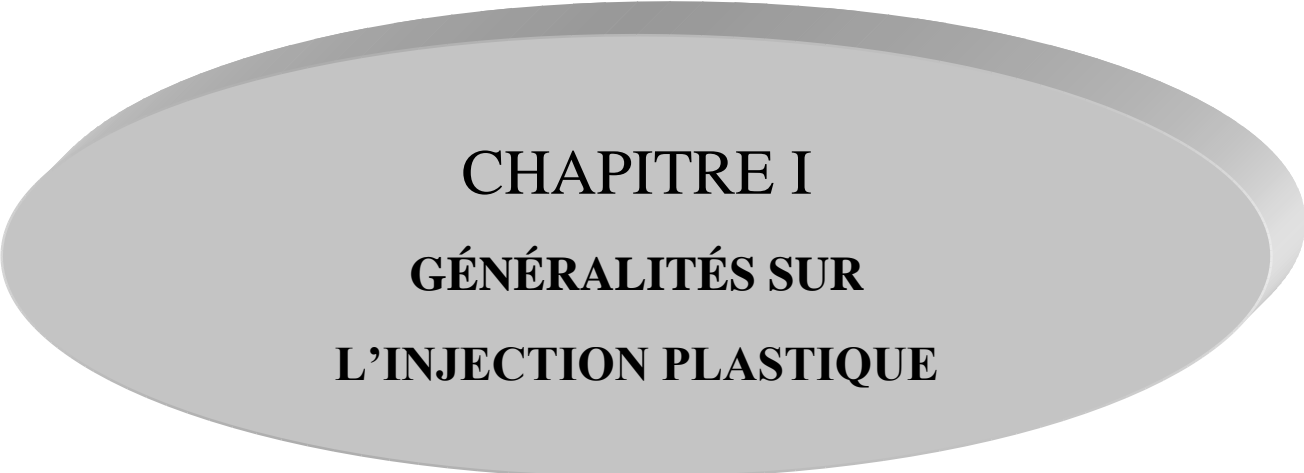
Et Notre travail est divisé en trois chapitres :

Le premier chapitre expose généralités sur l'injection plastique qui présente en bref le moulage par injection, les polymères, la presse d'injection, les déférents possédé d'injection...etc.

Le deuxième chapitre est consacré à l'étude des paramètres des presses à injection et on présente la structure de la presse d'injection ainsi que les paramètres de mise en œuvre du moulage par l'injection.

Le troisième chapitre est réservé à la conception d'une pièce et la simulation d'injection.

Pour la pièce, nous avons choisi une caisse, on fait une conception et simulation d'une caisse injectée et une interprétation distrait.



**CHAPITRE I**  
**GÉNÉRALITÉS SUR**  
**L'INJECTION PLASTIQUE**

## I. GÉNÉRALITES

### I.1. Le moulage

Le moulage est l'action de prendre une empreinte qui servira ensuite de moule dans lequel sera placé un matériau et qui permettra le tirage ou la production en plusieurs exemplaires d'un modèle. Le tirage consiste donc à placer un matériau (liquide, pâte, poudre, feuille, plaque, paraison, préforme, pastille, etc.) dans un moule avec un dont il prendra la forme [1].

Le moulage par injection est le procédé le plus utilisé pour l'élaboration en série des pièces en matière plastique. Il consiste à injecter de la matière fondue et chaude dans un moule froid. Ainsi le polymère subit des transformations thermomécaniques importantes qui conditionnent la qualité du produit fini.

La modélisation de l'état de la matière dans le moule apportera une aide considérable au mouliste durant la détermination des paramètres de moulage [2].

### I.2. les plastiques

En réalité, un plastique est un mélange assez complexe pouvant contenir jusqu'à plus d'une dizaine de constituants. Le plus important d'entre eux est le polymère qui donne au plastique ses propriétés physicochimiques et son appellation. La formulation d'un polymère est l'action de lui ajouter des additifs, en quantité plus ou moins grande, pour de multiples raisons telles que :

- Protéger le polymère lors de sa mise en œuvre (par exemple avec un antioxydant),
- aider à sa mise en œuvre par modification des caractéristiques rhéologiques du mélange à l'état visqueux (par exemple avec un plastifiant, ou un lubrifiant),
- conférer au produit fini certaines propriétés spécifiques (par exemple principe actif, un agent de conduction, etc.) [2].

### I.3 les procédés d'usinage

Dans la fabrication des pièces mécaniques il existe plusieurs procédés d'usinage :

#### I.3.1 Le procédé injection

Le moulage par injection, aussi appelé injection plastique, est un procédé de mise en œuvre des thermoplastiques. La plupart des pièces en thermoplastique sont fabriquées avec des presses d'injection plastique : la matière plastique est ramollie puis injectée dans un moule, et ensuite refroidie. Le moulage par injection est une technique de fabrication de pièces en grande ou très grande série. Il concerne avant tout les matières plastiques et les élastomères (caoutchoucs) mais aussi divers métaux et alliages à point de fusion relativement bas : alliages d'aluminium, de zinc (Zamak) ou encore laitons [3].

## I.3.2. Le procédé injection soufflage

Le procédé d'Injection -Soufflage, **FIG (I.1)** permet de réaliser des corps creux qui présentent de bonnes propriétés mécaniques. Il se décompose en deux phases distinctes :

- Une première phase d'injection. Cette phase consiste à injecter une préforme (éprouvette) dans un moule d'injection.
- Une deuxième phase de soufflage. Cette phase consiste à souffler la préforme dans un moule. Cette technique est essentiellement réservée aux thermoplastiques. Le cycle de fabrication se compose de 5 étapes.

\* Injection de la préforme. Celui-ci est définitivement réalisé à ce stade de fabrication de l'objet.

\* La préforme encore chaude (120°C-200°C) est transférée dans un moule de soufflage.

\* soufflage L'air comprimé est introduit au travers du noyau portant la préforme.

\* La pièce est démoulée, puis transférée à l'aide du noyau sur le poste d'éjection

\* éjection [3].

### Injection soufflage

#### Procédé :

- On fabrique une préforme par injection.
- On chauffe cette préforme et on y envoie un jet d'air comprimé qui la pousse contre les parois du moule.

#### Exemples d'utilisation :

- Bouteilles, flacons, réservoirs de carburants, contenants divers

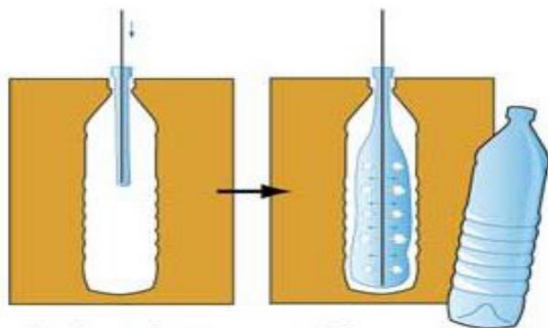
#### Indice :

- Point d'injection au fond du contenant



Vidéo du procédé : [injection soufflage](#)

Sources des images : <http://www.valorplast.com>



Injection soufflage  
avec biorientation



**FIG (I.1) : Procédé soufflage [3].**

## I.3.3. Le procédé extrusion

Le procédé d'extrusion des matières plastiques est couramment utilisé dans de nombreuses industries.

Nous vous proposons aujourd'hui un article pour bien comprendre le principe de ce procédé.

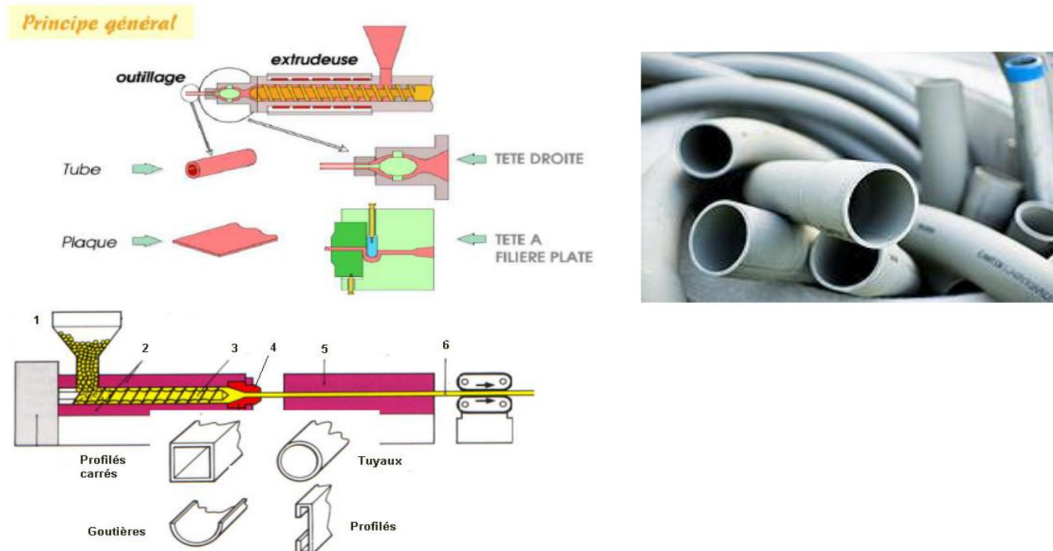
Le procédé d'extrusion plastique commence avec ce qu'on appelle des résines thermoplastiques. Les résines thermoplastiques sont un type de plastique qui peut être fondu, traité, puis refondu afin d'être réutilisé. Ces résines sont généralement livrées dans sous forme de granulés ou de billes pour être utilisé dans des machines d'extrusion de plastique. **FIG (I.2)**

Les granulés ou les billes peut se présenter sous différentes formes. Il y a par exemple des perles de résine plastique. Ce sont des perles qui n'ont jamais été traitées auparavant et qui sont généralement fournies avec des certificats de pureté.

Les déchets plastiques issus du procédé d'extrusion peuvent être retransformés en perles qui peuvent être utilisés à nouveau, ce qui réduit le gaspillage global généré dans le processus.

Les machines d'extrusion peuvent être compliquées à utiliser, mais l'ensemble du processus est relativement simple. Le cœur de la machine est la vis. La vis est actionnée par une boîte de vitesses, qui est actionné par un moteur.

Les granulés thermoplastiques sont insérés dans la machine à travers une trémie. La trémie est située à l'arrière de l'ensemble tube/vis, les granulés tombent dans la machine depuis cette trémie. Lorsque la vis tourne, elle entraîne lentement les granulés thermoplastiques vers l'avant. La chaleur dégagée par le frottement de la vis qui tourne à l'intérieur du tube – en plus d'une unité de chauffage externe – fait fondre la matière plastique. Le plastique fondu est alors envoyé vers l'avant de la machine pour la suite du processus [3].



**FIG (I.2) : Le procédé d'extrusion [3].**

### I.3.4. Les procédés Rotomoulage

Le rotomoulage est un procédé de transformation des matières plastiques qui permet principalement la réalisation de pièces creuses de grandes dimensions, sans reprise, ni lignes de soudure. Ce procédé est connu depuis une cinquantaine d'années, mais son utilisation est restreinte à des pièces peu ou pas techniques : silos, balises, jouets. Les entreprises de rotomoulage sont généralement de petites sociétés, utilisant un savoir-faire empirique, et qui sont peu génératrices d'innovations. Les inconvénients majeurs du rotomoulage sont aujourd'hui le temps de cycle et la non maîtrise du procédé. Or de nouveaux marchés, notamment l'automobile, ayant des exigences de productivité, de rendement et de qualité se profilent. Afin de saisir l'opportunité offerte par ces nouveaux marchés, il est nécessaire d'améliorer l'adéquation entre le procédé de rotomoulage et le matériau.

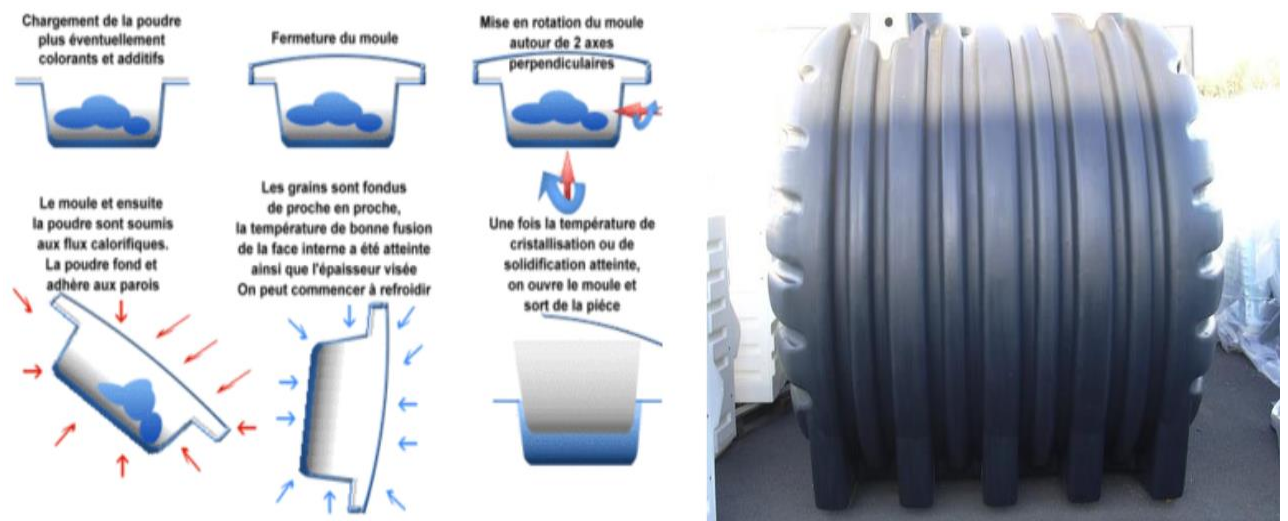


FIG (I.3) : Le procédé Rotomoulage [3].



FIG (I.4) : La machine de rotomoulage [3].



FIG (I.5) : Moule de rotomoulage [3].

- a. Le **rotomoulage** est un procédé de mise en forme des matières plastiques très utilisé pour fabriquer des articles de sports nautiques.
- b. La matière première est du plastique (en général du polyéthylène) sous forme de poudre.
- c. Elle est chargée dans un moule afin de reproduire la forme intérieure de ce moule.

La mise en œuvre du rotomoulage comporte **6 phases** :

1. Le chargement de la matière plastique dans le moule ;
2. La fermeture du moule;
3. La mise en rotation du moule autour de 2 axes perpendiculaires ;
4. Le chauffage dans un four;
5. Le refroidissement;
6. Le démoulage.

Grâce au rotomoulage, on peut ainsi fabriquer des kayaks, des canoës, des barques, des planches de stand.

Cette technique a commencé à être mise en œuvre de manière industrielle dans les années 70.

Elle a permis à de nombreuses marques de développer et mettre sur le marché de nombreux produits en vente [3].

### **I.3.5. Le procédé expansion moulage**

#### **Principe :**

Au contact de la vapeur d'eau, la matière plastique (petites graines) se ramollit, alors que le gaz qu'elle contient se dilate : les graines gonflent, comme le pop-corn grâce à l'air qu'il contient. Cette première expansion est réalisée en usine dans des grandes cuves en inox et permet d'obtenir jusqu'à 30 fois le volume initial des billes de polystyrène.



**FIG (I.6) : Bille de polystyrène expansée [3].**

Après séchage des billes pré-expansées, stockées dans un silo, cette matière est introduite dans un moule fermé et est soumise à une nouvelle injection de vapeur d'eau.

Le polystyrène est un polymère qui se présente avant transformation sous forme de petites billes non expansées. Elles renferment des micro-inclusions à l'état liquide qui se transforment en gaz lors de l'expansion. Dans une chaudière, en présence de vapeur d'eau, la matière se ramollit et le gaz qu'elle contient se dilate. Les petites billes gonflent, comme du pop-corn, en gardant une forme sphérique régulière. Cette première expansion est réalisée dans de grandes cuves en inox et permet d'obtenir jusqu'à 30 fois le volume initial du polystyrène non expansé.

Dans un deuxième temps, après séchage, les billes pré-expansées sont introduites dans un moule fermé et sont soumises à une nouvelle expansion grâce à l'injection de vapeur d'eau. Les billes augmentent de volume et collent les unes aux autres dans le volume intérieur du moule. Cette technique est utilisée pour fabriquer toutes sortes d'emballages en polystyrène expansé : emballages de protection pour appareils fragiles, caisses à poissons, barquettes alimentaires ...

Cette technique est surtout utilisée pour fabriquer toutes sortes d'emballages en polystyrène expansé caisses à poissons, barquettes ...[3].



**FIG (I.7) : Emballage en polymère [3].**

- Parmi ces procédés nous allons parler sur l'injection plastique (injection thermoplastique).

L'injection est aujourd'hui l'un des procédés les plus utilisés pour la mise en forme des polymères avec l'extrusion et le soufflage (30% des polymères transformés). Il est généralement utilisé pour la production de très grandes séries pour l'automobile ou l'électroménager par exemple ou pour des séries plus réduites en aéronautique.

Le moulage par injection, aussi appelé injection plastique, est un procédé de mise en œuvre de matières thermoformables, surtout les matières thermoplastiques mais aussi divers métaux, alliages et céramiques techniques.

On rencontre des composants moulés par injection dans de très nombreux produits manufacturés : automobile, électroménager, matériel informatique, mobilier... Pour les pièces métalliques, les dimensions sont relativement limitées (les carters de boîtes de vitesses en aluminium sont coulés par injection) mais pour les plastiques elles vont de quelques millimètres à plusieurs mètres (éléments de carrosseries automobiles, tables de jardin, par exemple). [4]

Les moules, installés sur une machine spéciale (presse), FIG(I.8), sont constitués le plus souvent de deux coquilles (partie fixe et partie mobile) qui sont fortement pressées l'une contre l'autre au moment du moulage puis écartées pour permettre l'éjection de la pièce moulée. Outre ces coquilles, le moule peut comporter un ou plusieurs noyaux destinés à former les parties creuses de la pièce et des poinçons permettant de réserver des ouvertures dans ses parois. Il arrive fréquemment que l'on place dans le moule des « inserts » qui se retrouveront par la suite inclus dans la pièce : il s'agit le plus souvent d'éléments filetés qui pallient localement la résistance insuffisante du matériau constituant le corps de la pièce [4].

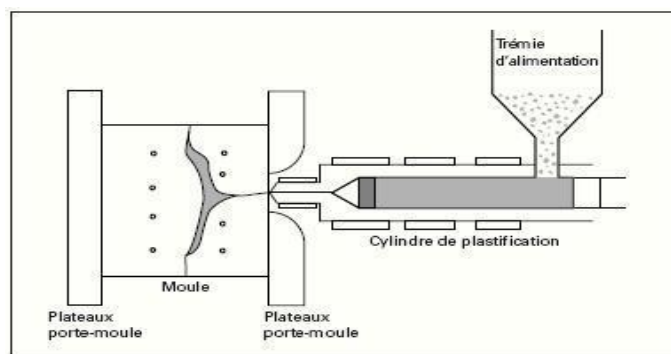


**FIG (I.8) : Presse d'injection plastique [4]**

### I.4. Description d'une presse à injecté

Une presse à injecter, ou machine d'injection moulage, est constituée de deux unités principales : l'unité d'injection, ou de plastification, et l'unité de moulage (moule et système de fermeture) **FIG(I.9)**. Le plus souvent, les différences notables entre les types de machines concernent l'unité de plastification).

Notons qu'il existe des presses verticales bien que les presses horizontales soient les plus fréquentes. Parmi ce type de machines, deux grands groupes se distinguent : les presses hydrauliques et les presses électriques. Elles présentent chacune des particularités plus ou moins intéressantes et adaptées à certaines fabrications [5].



**FIG (I.9) : Cylindre de plastification et moule [5]**

La plupart des pièces thermoplastiques sont fabriquées avec des presses d'injection plastique : la matière plastique est ramollie par la chaleur puis injectée dans un moule, puis refroidie.

La productivité du procédé est liée au temps de cycle (durée d'un cycle de moulage) et au nombre d'empreintes (ou cavités) de la moulée. Ainsi un moule à huit cavités permet de réaliser huit pièces lors d'un seul cycle. La durée du cycle est essentiellement liée à la nature de la matière injectée, à la qualité des pièces à réaliser ainsi qu'aux vitesses de chauffe et de refroidissement.

#### I.4.1. Le cycle d'injection

- Déroulement du cycle d'injection
- Le cycle d'injection minimal est décrit sur.
- 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.

\*éjecter 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... [3].

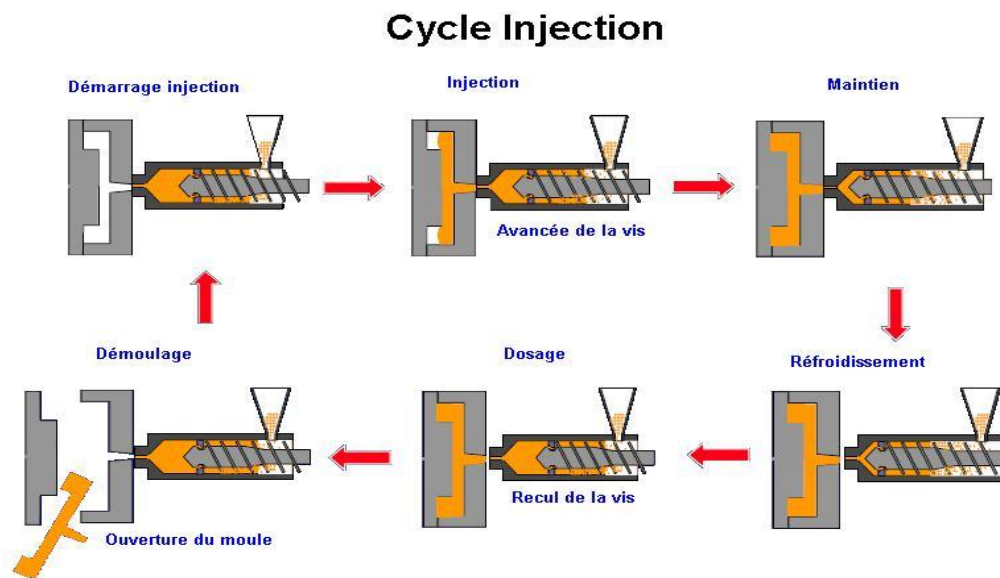


FIG (I.10) : Cycle injection [5]

### I.5.LES POLYMERS

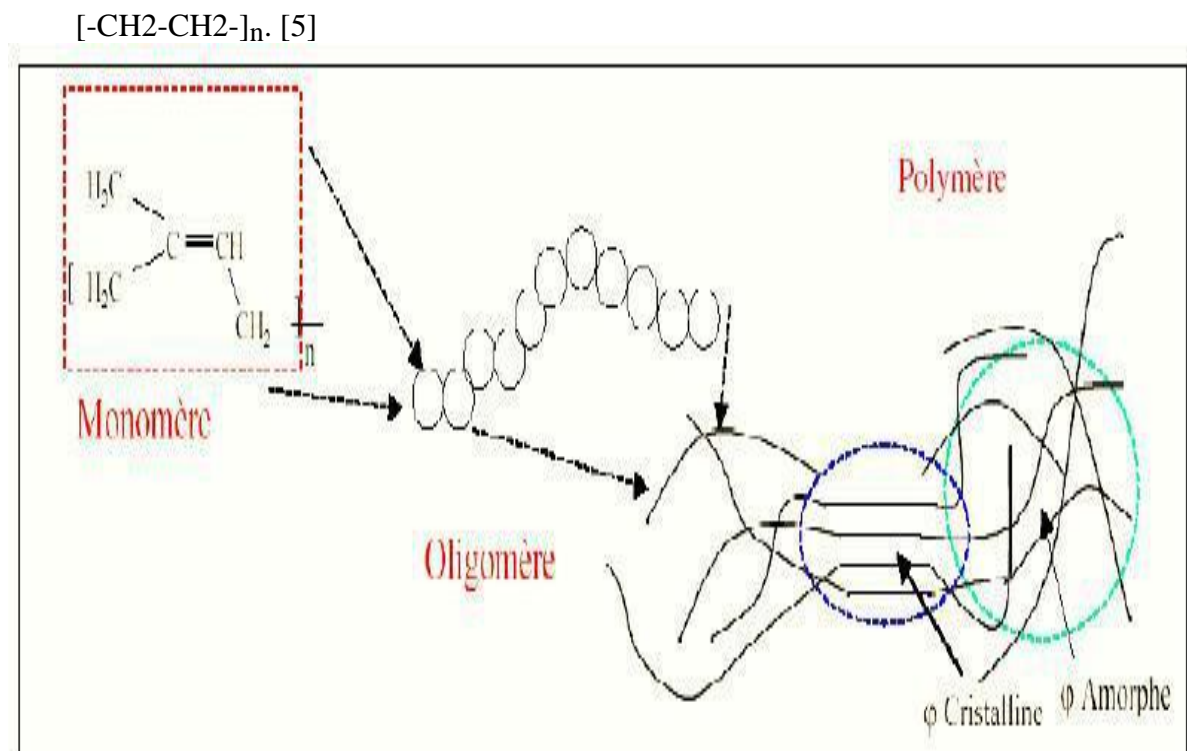
Les polymères, appelés communément "matières plastiques", sont indissociables de notre environnement et de notre vie pratique. Ils se sont imposés dans tous les domaines de nos activités: des objets les plus banals jusqu'aux applications techniques sophistiquées, en passant par leur utilisation dans les produits d'hygiène, d'alimentation et de biomécanique.

Les polymères sont constitués de macromolécules qui sont obtenues par adjonction de petites molécules appelées monomères. Lors d'une réaction de polymérisation, les monomères forment en général de longues chaînes qui peuvent se replier sur elles mêmes et/ou s'enchevêtrer avec les macromolécules voisines **FIG(I.11)**. Les longues chaînes de polymères peuvent présenter des domaines cristallins et amorphes selon les cas [6].

### I.5.1 Définition de polymère

Un polymère est une macromolécule, organique ou inorganique, constituée de l'enchaînement répété d'un même motif, le monomère (du grec monos: un seul ou une seule, et meros : partie), reliés les uns aux autres par des liaisons covalentes.

Dans la macromolécule suivante.....A-A-A-A-A-A-A.....= $[-A-]_n$  l'unité constitutive est A ; elle est formée d'un groupe d'atomes qui se répète. A l'échelle moléculaire, quelques centaines de nm, la plupart des macromolécules se présentent sous forme de « fils long et souples ». Les réactions chimiques permettant de passer d'un monomère A à la macromolécule  $[-A-]_n$  s'appellent polymérisation. Ainsi, l'éthylène  $CH_2=CH_2$  (monomère) conduit par polymérisation par ouverture de la double liaison au polyéthylène (polymère)



**FIG (I.11) : La constitution d'un polymère [5]**

## I.5.2. Classification des différents polymères

Il existe diverses classifications

### I.5.2.1. Polymères linéaires amorphes

Au niveau de la solubilité, il y a d'abord gonflement puis solubilité à une certaine température pour les polymères linéaires.

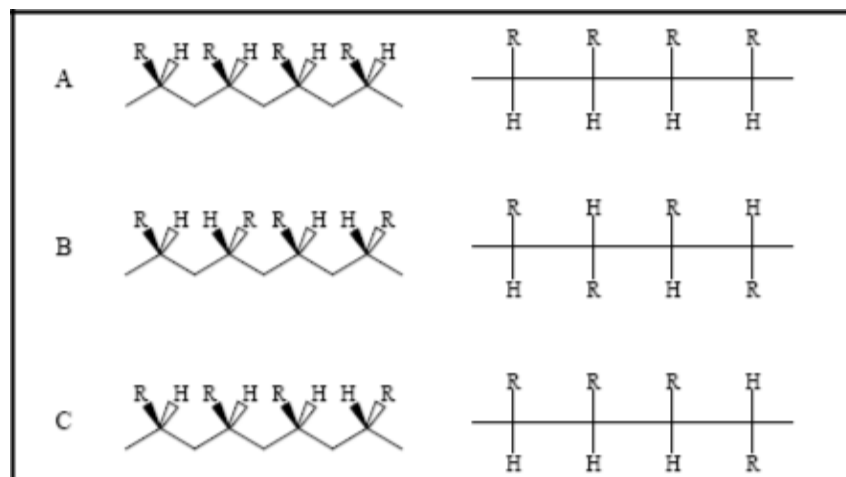
#### I.5.2.1.1 Homopolymères

Enchaînement linéaire du même monomère:  $-A-A-A-A-A-A-$ , bien que ces polymères soient relativement simples, dès qu'il y a des substituants sur la double liaison, plusieurs possibilités de position pour les substituants existent: on parle alors de tacticité.

La tacticité est la position que vont prendre les substituants le long de la chaîne carbonée. Ces substituants peuvent être n'importe quoi tel que benzène, méthyle, etc.

Pour la détermination de la tacticité, tous les carbones de la chaîne sont mis dans un plan.

Si tous les groupes substituants sont tous devant ou derrière le plan, le polymère sera appelé isotactique **FIG(I.12..A)** (Selon Natta<sup>7</sup>, l'isotacticité est définie pour deux monomères pour lesquels les carbones asymétriques (CH) ont la même configuration). Si par contre tous les substituants sont liés alternativement devant et derrière le plan (ou vice versa), la configuration du polymère est dite syndiotactique **FIG(I.12.B)** (Pour Natta<sup>7</sup>, syndiotactique définit des carbones asymétriques adjacents qui ont une configuration opposée). Là où les substituants sont disposés aléatoirement devant et derrière la chaîne carbonée, le polymère est nommé atactique. **FIG(I.12.C)** [7].



**FIG (I.12) : Différentes tacticités des polymères vinyliques [7]**

## I.5.2.1.2. Copolymères

Réaction de polymérisation avec des monomères différents:

\***copolymères alternés**: A-B-A-B-A-B-A-B-

\***copolymères séquencés**: -A-A-A-A-B-B-B-B-

\***copolymères statistiques**: aléatoire (-A-B-B-B-A-A-)

Pendant la guerre de 1939 à 1945, on a utilisé le copolymère butadiène/styrène comme caoutchouc synthétique.

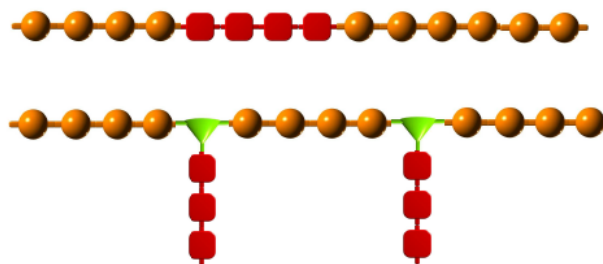


FIG (I.13) : Structure de Copolymères [8]

## I.5.2.1.3. Polymères ramifiés

Au sein d'un polymère, il y a quelques grandes chaînes et plein de petites chaînes latérales.

Voici les ramifications les plus courantes:

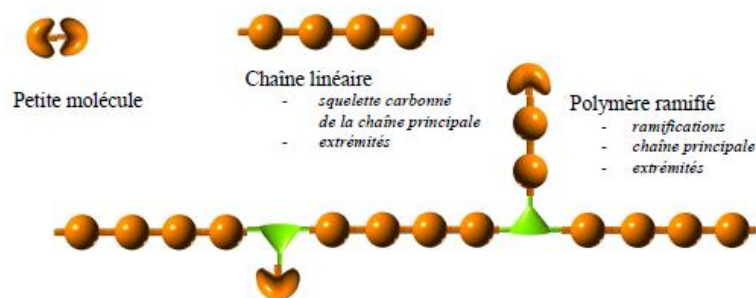


FIG (I.14) : Structure de Polymère ramifié [8]

## I.5.2.1.3. Polymères à cycles dans la chaîne

-Ils sont très rigides et résistent très bien à très haute température.

-Dans certains cas, ils sont trop rigides ; on sépare alors les cycles par des chaînes que l'on nomme des chaînes charnières.

### I.5.2.1.4. Polymères tridimensionnels

Au niveau de la solubilité, il y a d'abord gonflement puis solubilité partielle ; il y a donc gélification (insoluble et infusible).

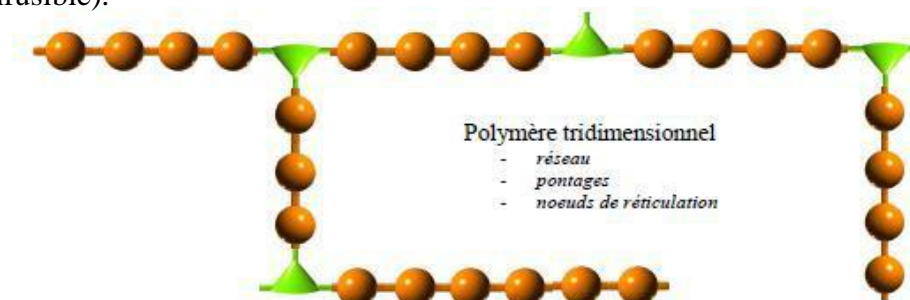


FIG (I.15) : Structure de Polymère tridimensionnels [8]

### I.5.3. les polymères synthétiques et réaction de synthèse

#### I.5.3.1 Définition d'une réaction de synthèse

Une réaction de synthèse est une réaction chimique au cours de laquelle des atomes, des ions ou des molécules se combinent de manière à former une nouvelle molécule plus grosse. Aussi appelée réaction d'addition.

Une synthèse chimique est un enchaînement de réactions chimiques mis en œuvre volontairement par un chimiste pour l'obtention d'un ou de plusieurs produits finaux, parfois avec isolation de composés intermédiaires. Les synthèses chimiques peuvent avoir lieu à toutes sortes d'échelles : du laboratoire de recherche (de l'ordre du gramme ou moins) à l'industrie chimique (souvent de l'ordre de la tonne ou plus).








Réaliser la synthèse d'un composé chimique, c'est obtenir ce composé à partir d'autres composés chimiques grâce à des réactions chimiques. La planification de l'enchaînement des réactions afin de maximiser l'efficacité de la synthèse (nombre d'étapes, rendement, simplicité des réactions, considérations toxicologiques et environnementales) est la stratégie de synthèse [3].

#### I.5.3.2. Réaction de synthèse (réaction de polymérisation)

La polymérisation désigne la réaction chimique ou le procédé par lesquels des petites molécules (par exemple des hydrocarbures de deux à dix atomes de carbone)

réagissent entre elles pour former des molécules de masses molaires plus élevées. Les molécules initiales peuvent être des monomères ou des pré-polymères ; la synthèse conduit à des polymères.

En général, en présence de réactifs et de catalyseurs, et sous l'action de la chaleur et de la pression, il se forme des chaînes macromoléculaires constituées de motifs de répétition identiques (homopolymère synthétisé) ou différents (copolymère obtenu), liés de façon covalente [3].

SIGLE	NOM	UTILISATIONS	SÛR ?
 <b>PET</b>	<b>Polyéthylène Terephthalate (PET)</b>	Bouteilles d'eau, de boissons gazeuses, de jus de fruits, d'huile de cuisine... (transparent). Emballages jetables de toutes sortes, Sac de cuisson, barquette alimentaire, emballages de cosmétiques	<b>Pas sûr</b> Plusieurs études montrent le relargage de perturbateurs endocriniens dont le trioxyde d'antimoine
 <b>PEHD</b>	<b>Polyéthylène haute densité ou High Density Polyethylene (HDPE)</b>	Souvent utilisé pour les bouteilles de détergents, de jus de fruits, de lait (opaque), bouchons vissés, flacons pour cosmétiques, gels douches	<b>Sûr</b> d'après l'Institut national d'information en santé environnementale (Canada) et le Réseau environnement santé (France)
 <b>PVC</b>	<b>Polychlorure de vinyle (PVC)</b>	Peu utilisé dans les emballages alimentaires si ce n'est pour emballer le fromage et la viande. Surtout utilisé dans la fabrication de jouets, de tuyaux en plastique, de rideaux de douche	<b>Pas sûr.</b> Le PVC relargue des phtalates lorsqu'il est chauffé ou stocké en contact de corps gras. Les phtalates sont des perturbateurs endocriniens
 <b>PEBD</b>	<b>Polyéthylène basse densité ou Low Density Polyethylene (LDPE).</b>	Sacs congélation, sacs poubelles, poches zipées alimentaires, films alimentaires, barquettes	<b>Sûr</b> d'après l'Institut national d'information en santé environnementale (Canada) et le Réseau environnement santé (France)
 <b>PP</b>	<b>Polypropylène (PP)</b>	Certaines tasses pour enfant, certaines gourdes souples réutilisables pour sportifs, récipients alimentaires réutilisables. Pots de yaourt, de margarine, de beurre, planches à découper en plastique	<b>Sûr</b> d'après l'Institut national d'information en santé environnementale (Canada) et le Réseau environnement santé (France)
 <b>PS</b>	<b>Polystyrène (PS)</b>	Barquettes alimentaires à emporter, barquettes de viandes et poisson, gobelets, couverts et verres en plastique jetables, pots de yaourts. Sous forme expansée, sert à l'emballage et à l'isolation.	<b>Pas sûr</b> Le polystyrène relargue du styrène, suspecté d'être cancérigène
 <b>Autre</b>	<b>Autres</b>	Cette catégorie comprend tous les types de plastique qui ne sont pas inclus dans les autres. Notamment le polycarbonate (PC) compose les biberons, les résines internes des boîtes de conserve, les bombonnes d'eau, les récipients pour micro-ondes mais aussi le petit électroménager	<b>Pas sûr</b> Le PC contient du bisphénol A qui est un perturbateur endocrinien



**CHAPITRE II  
LES PARAMETRES  
DES PRESSES D'INJECTION**

### II.1. Le procédé d'injection des thermoplastiques

Le procédé d'injection est un procédé de mise en forme des thermoplastiques par moulage permettant la production de pièces minces jusqu'à quelques millimètres d'épaisseur. Ce procédé est très répandu pour les productions de grandes séries comme l'automobile, l'électroménager ou l'électricité.

#### II.1.1. Le déroulement de l'injection

##### ▪ La presse d'injection

La presse d'injection se compose de trois sous parties :

- Le groupe de plastification et d'injection (Figure II.1) comprenant la vis, le fourreau au chauffant et la trémie d'alimentation.
- Le moule d'injection (Figure II.1) qui se constitue d'une partie fixe de la machine et un autre mobile afin de libérer la pièce, et un système d'éjection, de refroidissement, et d'alimentation.
- l'unité de contrôle.[9]

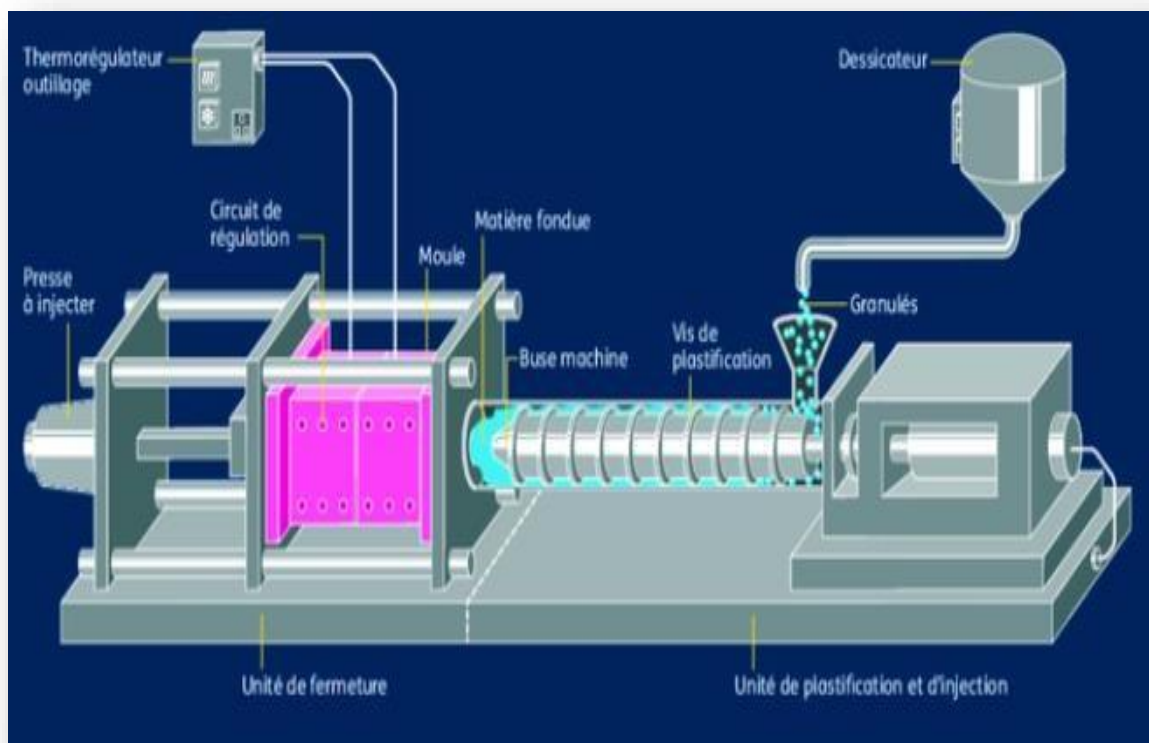


FIG (II.1) : Presse d'injection.

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

---

\* Les diverses parties de la machine:

1- Plateau arrière fixe (Backingplatten)

2- Mécanisme de fermeture - genouillère et vérin (Closingmechanism- Toggle lever and.

1. Éjecteur(Ejector)
2. Plateau mobile (Floatingplatten)
3. Colonne de guidage (Tiebar)
4. Plateau fixe d'injection (Fixedplatten)
5. Buse d'injection(Nozzle)
6. Tête du baril (Barrelhead)
7. Bande chauffante (Heaterband)
8. Baril d'injection (Transferchamber)
9. Vis(Screw)
10. Trémie d'alimentation (Feedhopper)
11. Goulotte d'alimentation (Feedthroat)
12. Motorisation de la vis (Screwmotor)
13. Décharge des pièces (Parts dischargeopening)
14. Moule(Mold)
15. Console de commande (Digital controlpanel)
16. Bâti(Frame)
17. Éjecteur (Ejector)
18. Plateau mobile (Floatingplatten)
19. Colonne de guidage (Tie bar)
20. Plateau fixe d'injection (Fixedplatten)
21. Buse d'injection (Nozzle)
22. Tête du baril (Barrel head)
23. Bande chauffante (Heater band)
24. Baril d'injection (Transfer chamber)
25. Vis (Screw)
26. Trémie d'alimentation (Feedhopper)

## Chapitre II Les paramètres des presses d'injection

27. Goulotte d'alimentation (Feedthroat)
28. Motorisation de la vis (Screwmotor)
29. Décharge des pièces (Parts dischargeopening)
30. Moule (Mold)
31. Console de commande (Digital control panel)
32. Bâti (Frame)

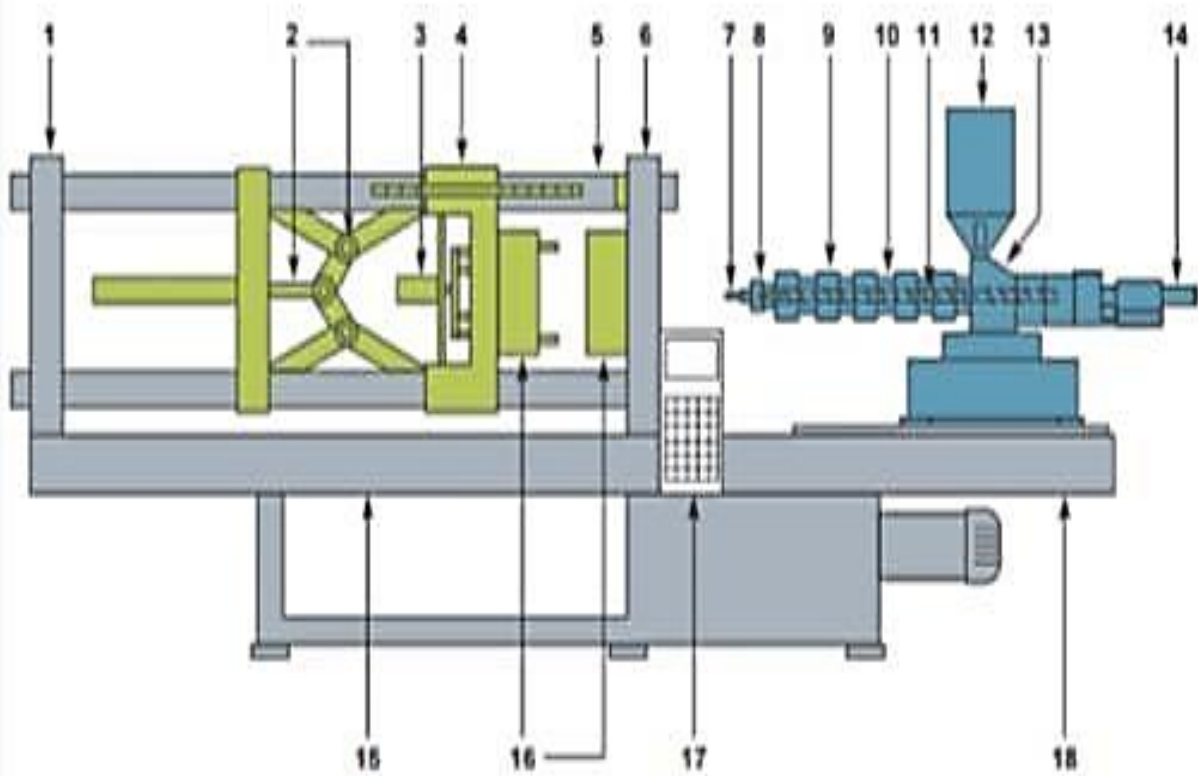


FIG (II.2) : Les diverses parties de la machine.[9]

### ▪ Le cycle de vie de l'injection

La matière plastique (exemple : PP, PE, ABS, ...) se présente sous forme de granulés dans la trémie. Celle-ci doit subir une première transformation, elle est chauffée à l'intérieur du fourreau puis malaxée par une vis. Cette première étape s'appelle la plastification. A la suite de cette opération la matière visqueuse est poussée dans le moule par un piston. C'est l'injection. Pour que la matière puisse se solidifier, il est ensuite nécessaire de thermo réguler le moule. La pièce moulée peut alors être éjectée après ouverture du moule grâce à un système d'éjection.

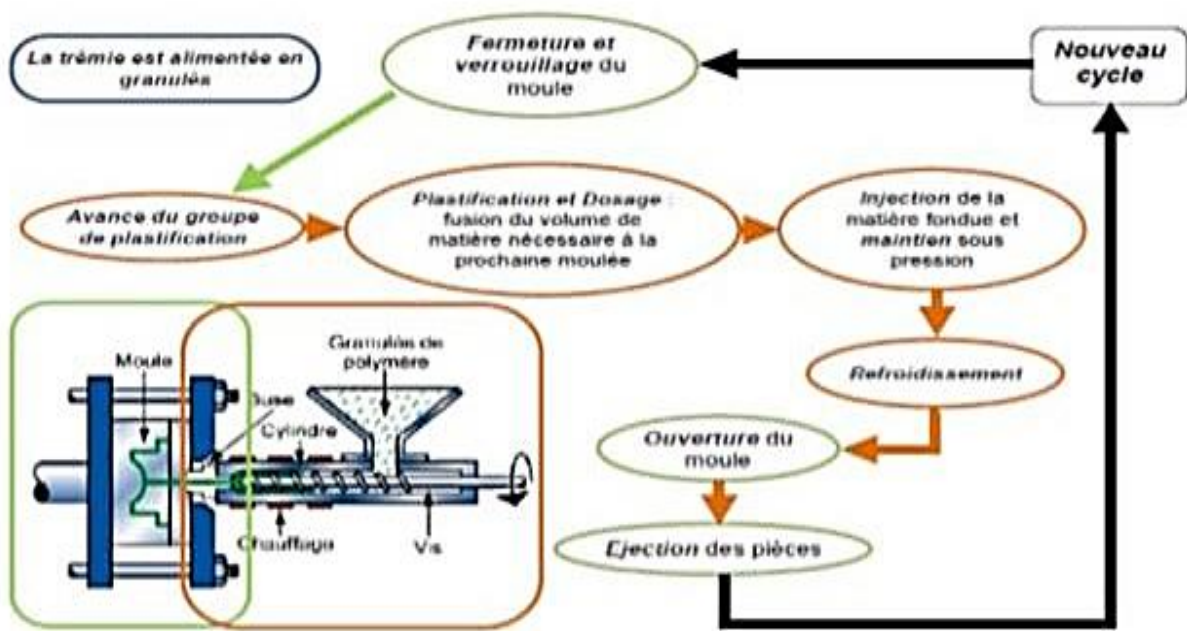


FIG (II.3) : système d'éjection

### II.2. Les matières injectables

Les polymères (thermoplastiques et thermodurcissables) et les élastomères peuvent être moulés par injection. Les Thermoplastiques se déforment et sont façonnables sous l'action de la chaleur. Ils reprennent leur forme initiale en refroidissant sauf dans le cas de réchauffement répétés.

- Les Thermoplastiques se déforment et sont façonnables sous l'action de la chaleur. Ils reprennent leur forme initiale en refroidissant sauf dans le cas de réchauffements répétés.
- Les thermodurcissables Ce sont des plastiques qui prennent leur forme définitive au premier refroidissement, la réversibilité est impossible.
- Les élastomères : Ils présentent les mêmes qualités élastiques que le caoutchouc. Ils sont employés dans la fabrication des coussins, de certains isolants ou des pneus.

Mais, les thermoplastiques restent les plus utilisés pour ce procédé de mise en forme.[10]

#### Synthèse

Le procédé d'injection est un procédé de mise en forme essentiellement des thermoplastiques par moulage permettant la production de pièces minces. Ce procédé se fait à l'aide d'une presse d'injection qui se constitue de trois principales parties : unité d'injection, moule et unité de fermeture.

## Chapitre II Les paramètres des presses d'injection

---

L'injection des matières plastiques se fait en plusieurs étapes : plastification, remplissage, maintien, refroidissement et éjection de la pièce finale.

### II.3. Le moule d'injection

Le terme mouler une forme ou une cavité creuse, dans laquelle le plastique fondu est forcé de donner la forme de la pièce requise, se réfère généralement à tout l'ensemble des pièces qui constituent la section de l'appareil de moulage dans lequel les parties sont formées. En outre, le fait de démouler ses pièces plus facilement, il faut s'assurer de maîtriser de nombreux paramètres : la solidification de la pièce, le remplissage complet du moule, le réchauffage, le refroidissement de la matière etc., ceci est dans le but d'éviter toute sorte de défaut qui va influencer le processus de production.

En générale, le moule se compose d'un certain nombre d'éléments qu'on peut les classées dans des sous-ensembles fonctionnels :

#### **-Les éléments moulants**

empreints (poinçon et matrice).

#### **-Les éléments fonctionnels**

carcasse, alimentation, mécanisme de démoulage et de libération des pièces injectées, dispositifs de régulation de températures de moule.

#### **-Les éléments auxiliaires**

fixation et dispositif de manipulation, systèmes de centrage, robots de mise en place des prisonniers et d'extraction des pièces moulées, dispositifs de sécurité et de contrôle du démoulage. Ces éléments doivent remplir plusieurs fonctions dans la presse d'injection:

- fonction mise en forme.
- fonction alimentation.
- fonction régulation.
- fonction éjection.

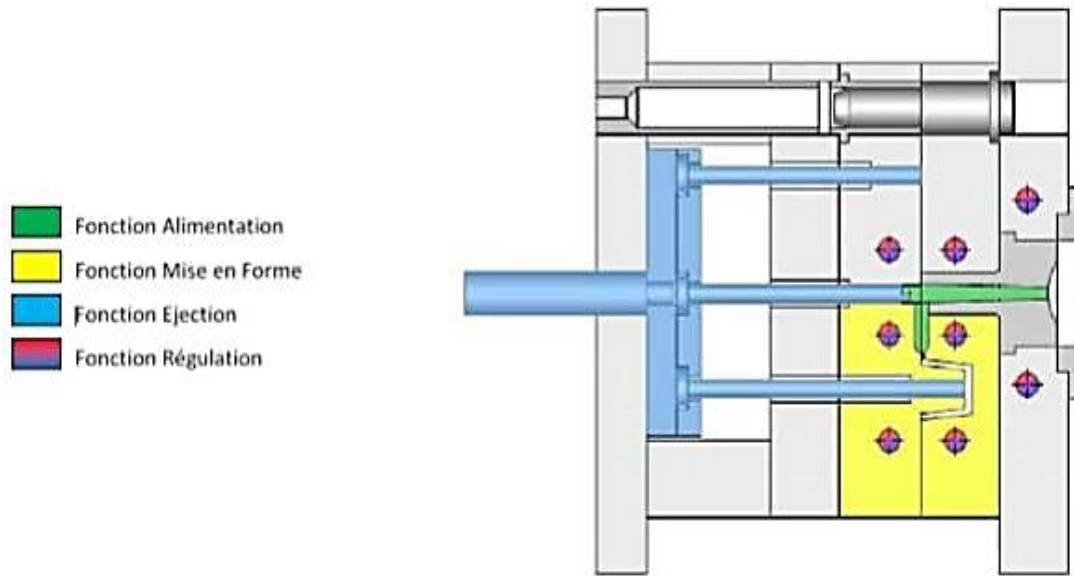


FIG (II.4) : Les différentes fonctions du moule d'injection[11]

### 1)-Vue en 2D et 3D du moule

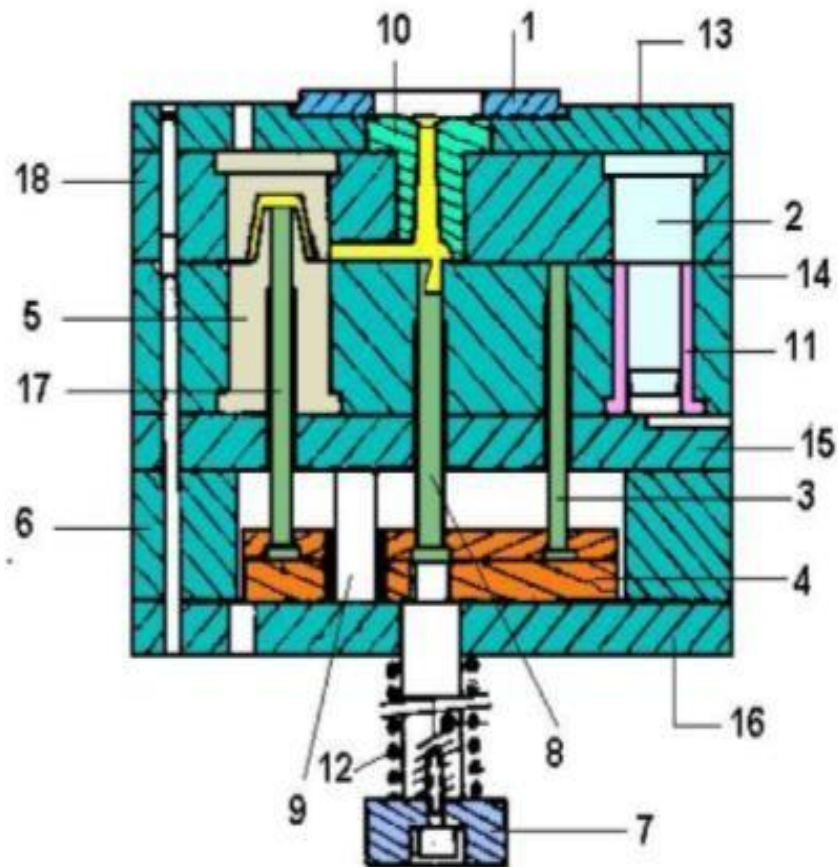


FIG (II.5) : Les différents composants du moule, vue en 2D

## Chapitre II Les paramètres des presses d'injection

Nomenclature (tableau 3 de l'annexe)

### II.3.1. Type des moules d'injection

Un moule doit généralement remplir des fonctions, de moulage, éjection, guidage et refroidissements, plusieurs familles de moules trouvent leurs justifications en fonction du :

- Nombre d'empreintes (1, 2, 4, 8, 16, 32 ...).
- Son architecture : nombre de plaques, tiroirs, coquilles.
- Le système d'alimentation : carotte perdue, canaux chauffants.
- Le type d'alimentation des empreintes : pin point, en masse, en parapluie, sous-marine, en ligne, en "n" points.
- L'éjection des pièces (par éjecteur, bloc d'éjection ou autres).
- La régulation de la température.
- La durée de vie (choix des matériaux) En fonction de ces paramètres.

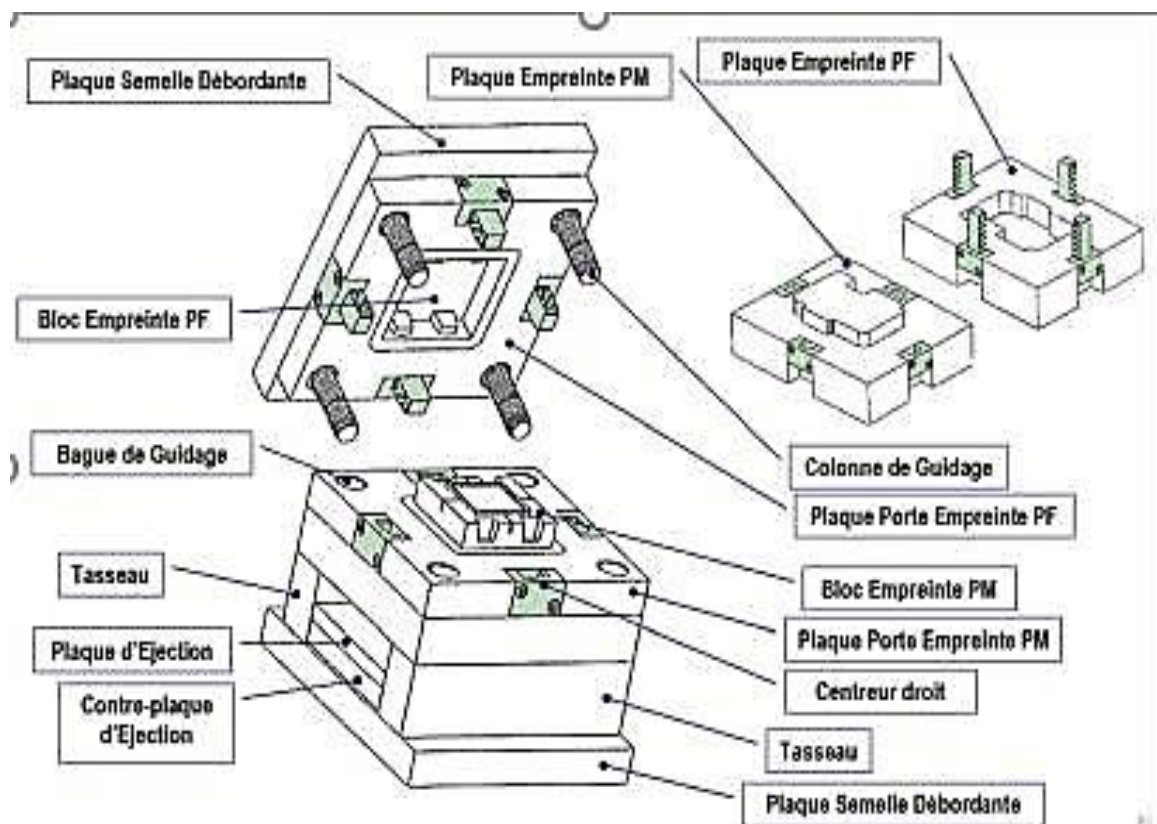


FIG (II.6) : vue en 3D du moule d'injection[12]

### II.3.1.1. Moule à deux plaques

La figure suivante illustre le fonctionnement d'un moule à deux plaques, par les schémas associés.

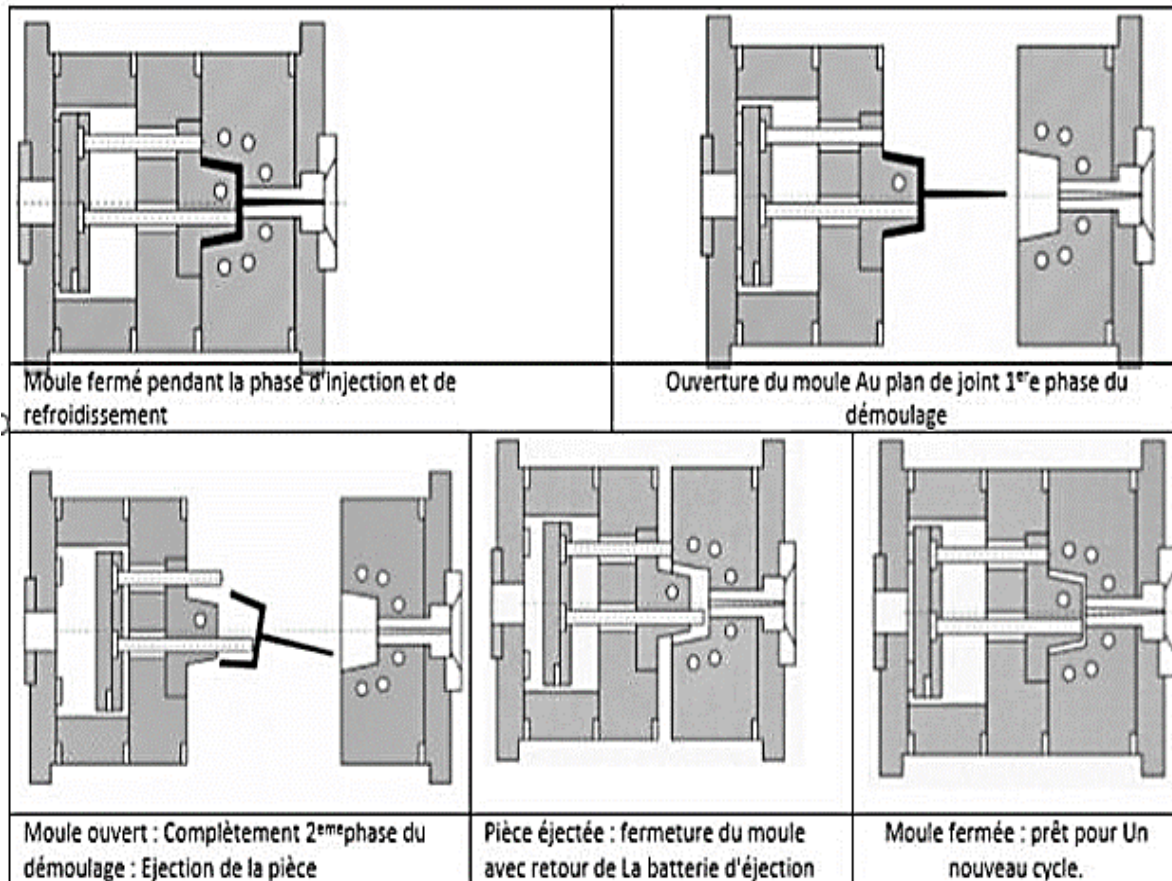
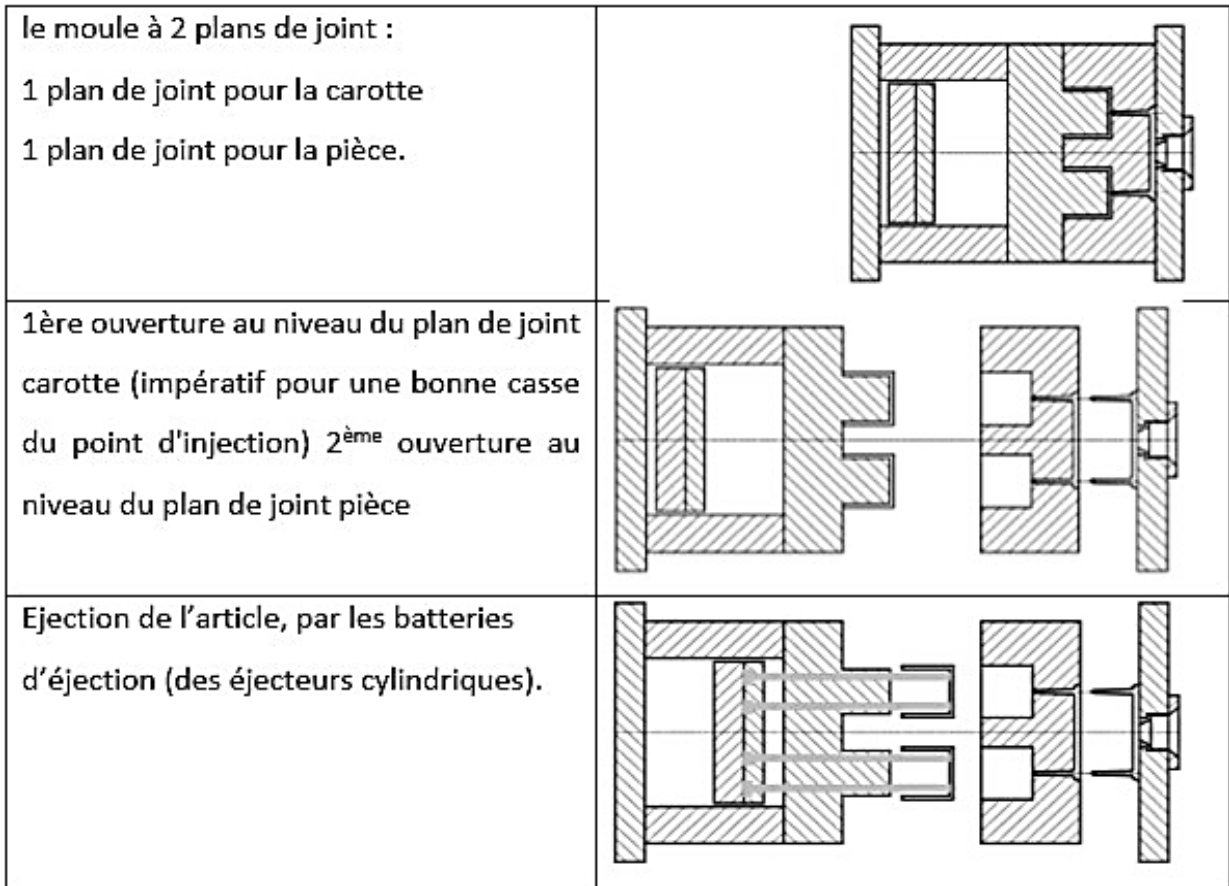


FIG (II.7) : Le fonctionnement d'un moule à deux plaques

### II.3.1.2. Moule à trois plaques

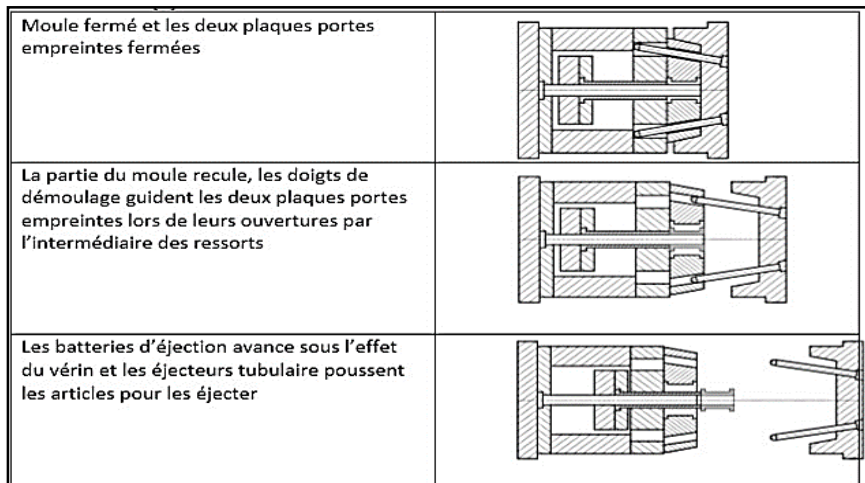
La figure suivante illustre le fonctionnement d'un moule à trois plaques, également on rencontre dans l'industrie des moules à plusieurs plaques utilisant le même principe, la chronologie des ouvertures, se fait les priorités définies par le concepteur, principalement on a un plan de joint carotte et un plan de joint pièce.[13]



**FIG (II.8) : Fonctionnement d'un moule à trois plaques**

**II.3.1.3. Moule à tiroir**

Les moules à tiroir et à coins forment des solutions particulières pour permettre d'injecter des pièces présentant des contre dépouilles, leur fonctionnement est présenté par la figure suivante.



**FIG (II.9) : Fonctionnement d'un moule à tiroir**

### II.4. Les différentes fonctions du moule

La majorité des moules sont fabriqués à partir des éléments standard vendus dans le marché par différents constructeurs comme DME, HASCO, RABOURDIN, STRACK, etc. Chaque moule, quel que soit son type, se compose ou fait appel à un certain nombre de sous-ensemble fonctionnel pour remplir les fonctions suivantes.

#### ▪ **Fonction alimentation**

Le moule doit conduire la matière en fusion depuis la buse de presse jusqu'à l'empreinte.

#### ▪ **Fonction mise en forme**

C'est la forme et les dimensions des parties moulantes qui déterminent la forme et les dimensions de la pièce plastique.

#### ▪ **Fonction éjection**

Pour démouler les pièces plastiques, il faut souvent faire des mouvements plus ou moins complexes puis l'éjecter pour sortir la pièce de l'outillage.

#### ▪ **Fonction régulation thermique**

La matière entre en fusion dans les parties moulantes. Il faut donc la refroidir pour qu'elle se solidifie. C'est souvent le refroidissement qui est le temps le plus important dans un cycle démoulage.

#### ▪ **Fonction guidage / positionnement**

Le moule étant composé de plusieurs parties séparées par le plan de joint, à la fermeture du moule celui-ci doit être guidé et recentrer pour que les parties moulantes de la pièce soit en correspondance entre les différentes parties du moule.

#### ▪ **Fonctions manutention, stockage, sécurité et liaison machine**

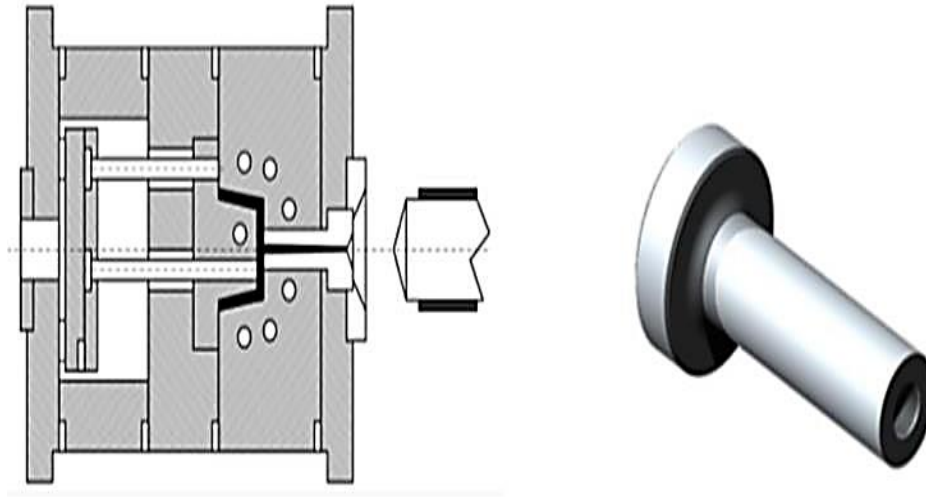
Ces fonctions assure la relation correcte entre la presse et les différents périphériques ainsi que le stockage et la manutention des moules.

Ainsi que d'autres fonctions indispensables : Le maintien, La fixation

#### II.4.1. La fonction d'alimentation

Elle sert à faire passer le polymère fondu de la buse machine vers la buse outillage ou la buse moule (il se peut que la buse machine remplace la buse outillage) soit directement ou à travers un canal d'alimentation, la plupart des buses outillages utilisées sont les buses directes à cause de plusieurs caractéristiques, les paramètres qu'il faut prendre en considération sont:

- Le diamètre de la buse outil (elle doit répondre à quelques critères)
- La forme du canal : cylindrique, trapézoïdale, etc.
- Le diamètre du canal.
- La forme et le diamètre des seuils canal d'alimentation.[13]

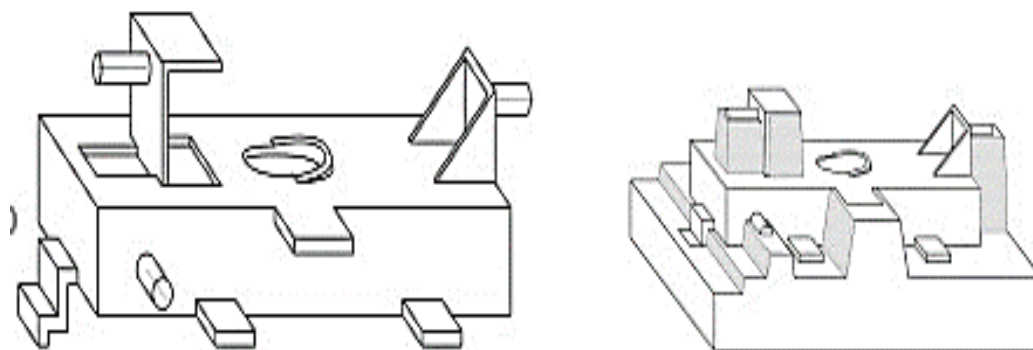


**FIG (II.10): Principe de l'alimentation du moule[13]**

### II.4.2. La fonction mise en œuvre

C'est cette fonction qui assure la forme de notre pièce, en fait pour se faire il faut prendre en considération que :

- La pièce doit contenir des dépouilles d'ordre de grandeur entre  $0.5$  à  $2^\circ$ ,
- Ainsi que des congés dans les angles vifs (les coins),
- Il s'agit aussi de retraits différentiels qui peuvent avoir lieu à cause de refroidissement. Lors de la conception des pièces on doit appliquer un coefficient de correction des dimensions de l'empreinte qui tiennent compte du retrait de la matière. Il s'agit de pourcentage de calcul du retrait total qui est la somme du retrait de moulage et du post retrait dû à la poste cristallisation, pour les polymères semi- cristallin comme le PE et le PP le PR est moins important que celui du moulage.
- Il s'agit d'éventail : qui sont des bulles d'air qui restent lors de l'injection et qui peuvent causer un brulement de la pièce ainsi qu'un retardement de remplissage et une pression intense sur le polymère. C'est pour cela qu'il faut utiliser des orifices qui permettent l'évacuation rapide de l'air c'est plus difficilement réalisable en dehors de la ligne de joint. Il est donc souvent préférable de revoir la géométrie de la pièce afin de limiter ce défaut. [12]



**FIG (II.11): La partie mobile et la partie fixe d'une pièce faite par injection**

Les empreintes sont les parties du moule qui servent à obtenir la pièce désirée. Il y en a deux par pièce moulée, une en partie fixe et l'autre en partie mobile.

### ◆ Le bloc empreint mobile

Les fonctions à assurer :

- Mettre en forme la pièce avec le bloc empreinte fixe.
- Alimenter l'empreinte. • Ejecter la pièce.
- Positionnement par rapport au bloc empreint mobile (si nécessaire).

### ◆ Le bloc empreint fixe

Les fonctions à assurer :

- Mettre en forme la pièce avec le bloc empreinte fixe.
- Alimenter l'empreinte.
- Positionnement par rapport au bloc empreint mobile (si nécessaire).
- ✓ La plaque de support d'efforts (passages d'éjecteurs à percer) Il faut permettre le passage des éjecteurs.(Perçage)
- ✓ Méthodes d'obtention des empreintes : Réalisation par usinage (Enlèvement de matière).
- Réalisation par coulée sous vide.
- Réalisation par fonte à ci reperdue.
- Réalisation par ajout de matière

### II.4.3. Fonction d'éjection

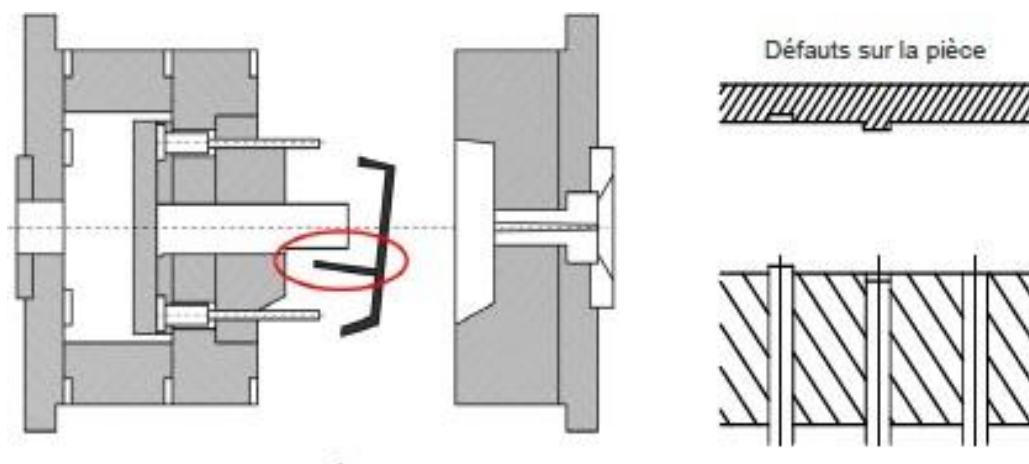
Cette fonction assure l'extraction correcte des pièces et suivant besoin de leur système d'alimentation hors de l'outillage. L'étude des plans de joint et du sens de démoulage détermine la partie de l'outillage sur laquelle s'opérera la retenue globale de la pièce. Cette partie est dans la plupart des cas la partie mobile où sont implantés les dispositifs d'éjection de pièce:

- ❖ Hydraulique
- ❖ Pneumatique
- ❖ Mécanique

Grace à l'action de la presse ou par un système indépendant. Il peut arriver de devoir positionner l'éjection coté fixe. Il est aussi possible de faire de séquence d'éjection avec multi-batterie d'éjection pour éjecter la carotte avant la pièce ou inversement ou bien d'autres possibilités existent.

Cette fonction prend en compte les paramètres suivants :

- ❖ Les possibilités mécaniques du polymère
- ❖ Un calcul d'effort d'éjection peut être fait faisant entrer en compte:
- ❖ Les formes et dimensions des zones de retenues



**FIG (II.12) : Éjection par Bloc d'éjection ou pavé d'éjection et les défauts à éviter**

### II.4.4. Fonction régulation thermique

Cette fonction assure la régulation de l'outillage pour permettre une solidification correcte du polymère. Cette fonction est nécessaire pour obtenir une structure optimale du polymère injecté et un temps de production minimum. Ces deux objectifs sont généralement contradictoires. La réalisation de cette fonction est assurée par la circulation dans l'outillage (circuits de régulations) d'un fluide caloporteur qui passe par des trous de refroidissement ayant un diamètre d'ordre de grandeur de 6 mm à 12 mm, au-delà de ces diamètres crée un flux laminaire néfaste à l'absorption de calories. L'importance du standard des raccords de raccordement peut aussi jouer sur le dimensionnel ou bien à travers des rainures soit sur un fond, soit sur le périmètre d'une pièce circulaire.

### II.4.5. Fonction de guidage et de positionnement

Le moule étant composé de plusieurs parties séparées par le plan de joint, à la fermeture du moule celui-ci doit être guidé et recentrer pour que les parties moulantes de la pièce soit en correspondance entre les différentes parties du moule. Cette fonction assure le guidage et le positionnement de la partie mobile de l'outillage par rapport à la partie fixe.

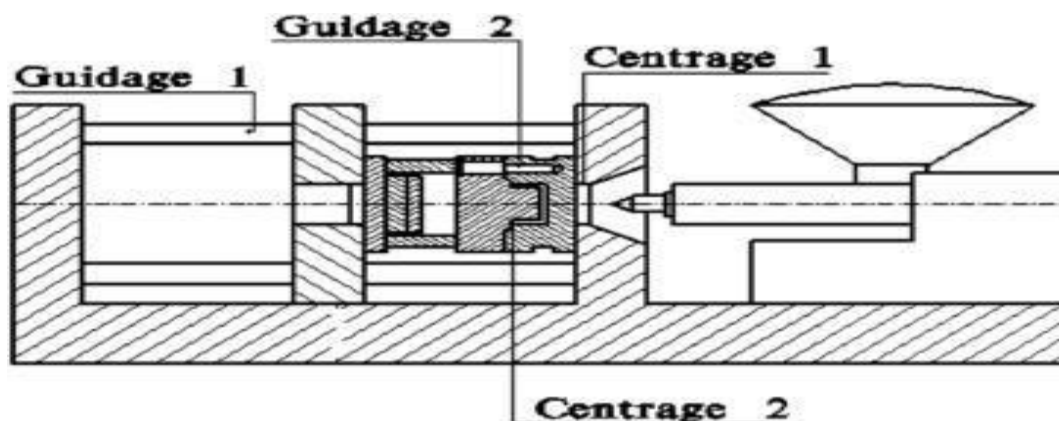


FIG (II.13) : Les centrages et les guidages à assurer sur une presse/moule[12]

Bilan des centrages et des guidages :

- Guidage 1 : Mouvement linéaire du plateau mobile sur les colonnes presse
- Guidage 2 : Mouvement de la Partie Mobile (PM) avec la Partie Fixe (PF) de l'outillage
- Centrage 1 : Mise à l'axe de l'Axe Outillage sur l'Axe Presse
- Centrage 2 : Mise à l'axe de l'Axe de la Partie Mobile (PM) avec l'Axe de la Partie Fixe (PF) de l'outillage.
  - ❖ Concernant le centrage entre l'outillage et la presse, il s'agit de bagues de centrages ayant pour rôle de faire cette fonction.
  - ❖ Pour assurer le centrage entre l'axe de la partie fixe et la partie mobile on procède à un recentrage:
    - Soit par un "cône"
    - Soit par des faces inclinées.
    - Soit par des centreurs coniques ou droits.
  - ❖ Le guidage et le positionnement seront obtenus suivant les tolérances imposées à la pièce et aux parties rentrantes fragiles ou non, par différents systèmes:
    - Soit un ensemble de colonnes et douilles de guidage permettent d'assurer la

## Chapitre II Les paramètres des presses d'injection

fonction complète,

- Soit un ajout de centreurs coniques ou droit seront nécessaires afin d'assurer cette fonction avec plus de précision.

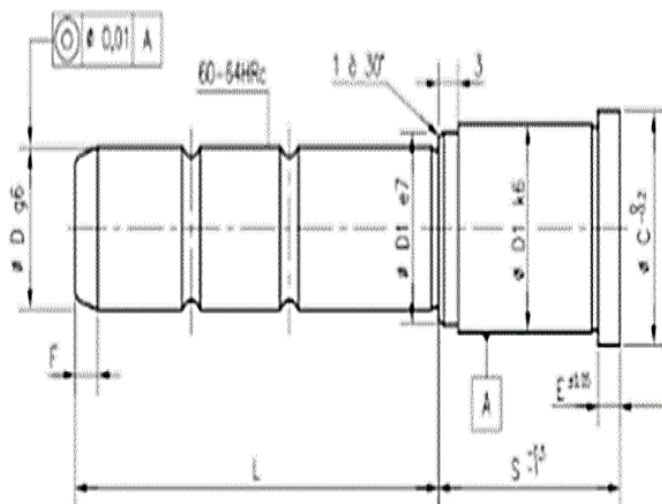
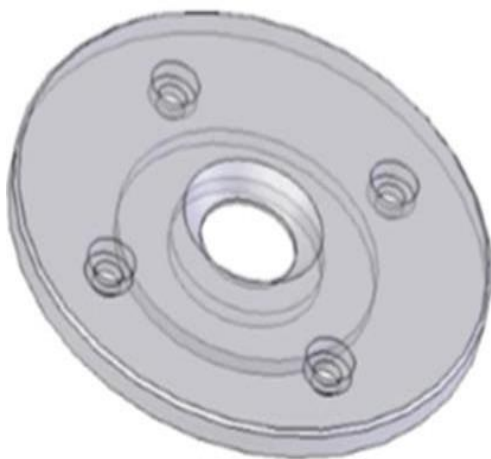


FIG (II.14) : Cague de centrage

FIG (II.15) : Colonne de guidage

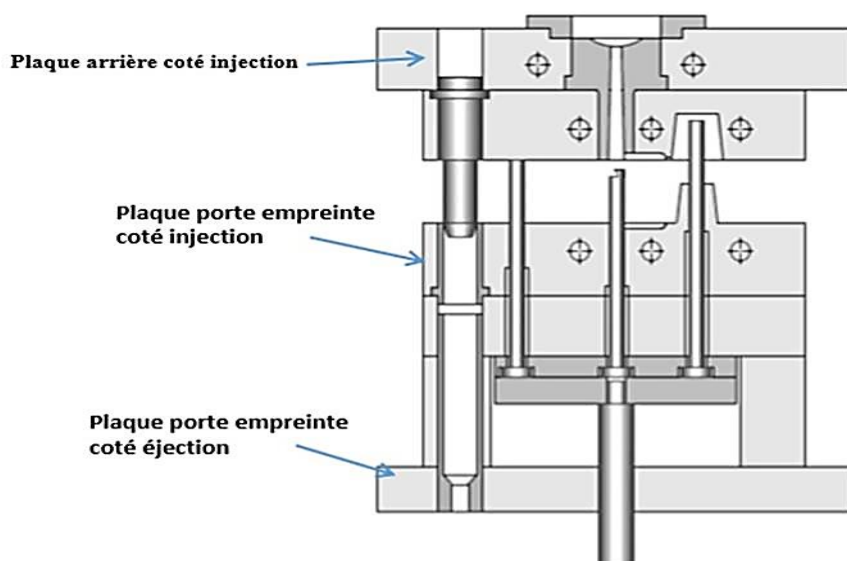
### II.4.6. Fonction de maintien

Assuré par :

**Plaque arrière coté injection** Permet de fixe la rondelle de centrage, la buse moule et les bagues de guidage, ainsi que le bridage.

**Plaque porte empreinte coté injection** Permet la fixation de la bague de guidage, contient.

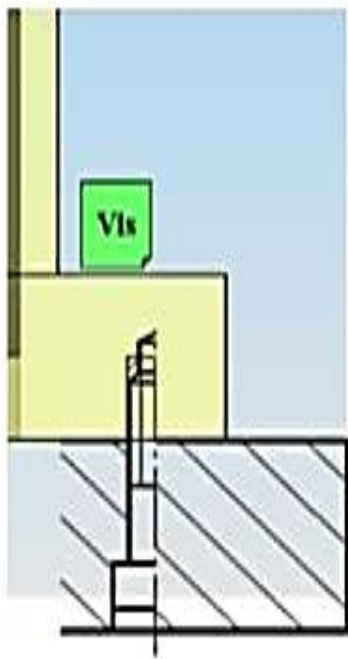
**Plaque porte empreinte coté éjection** le circuit de régulation de température.



### II.4.7. Fonction de fixation

Permet de fixer la plaque arrière cote injection sur la plaque porte empreinte cote injection, elle se fait soit:

-Par la vis de fixation



- Par bride et vis

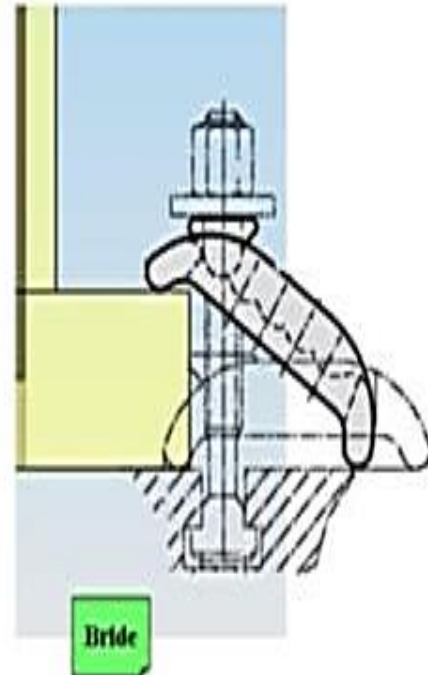


FIG (II.16) : différentes possibilités de fixation dans un moule

### II.4.8. Fonction manutention, stockage, sécurité et liaison machine

Afin d'éviter toute détérioration de l'outillage, il est impératif qu'à la fermeture du moule le dispositif d'éjection soit rentré. Les systèmes permettant le retour de la batterie d'éjection sont :

- ❖ Les ressorts
- ❖ Les vérins
- ❖ Les éjecteurs de remise à zéro
- ❖ Les capteurs

En outre des solutions constructives sont mise en place pour assurer la manutention des moules pour le stockage et les opérations de maintenances et de fin de série.

## Chapitre II Les paramètres des presses d'injection

### II.5. Dimensionnement et conception du moule

La conception du moule pose sur des règles bien définies qui prennent en considération un nombre important de critères ainsi qu'elle nécessite un dimensionnement bien précis.

#### II.5.1. Dimensionnement de la buse outil

- **Le diamètre de la buse**

$$d = \left( \frac{V}{0.78.v.t} \right)^{\frac{1}{2}} \text{ Ou } t \text{ est temps de remplissage.}$$

Est défini selon MENGES par la relation suivante :

Où  $V$  : est la quantité de la matière injectée (après presque la fin du remplissage, une quantité additionnelle de la matière est injectée pour remplir le vide établi par le retrait) et  $v$  : la vitesse d'injection et  $t$  : temps de remplissage, généralement le produit  $v \cdot t$  est connu pour chaque matériau, [14]

	PS	PA66	PMMA	Ac cellulose
v.t	2,5	5	2,1	2,25

En outre de cette relation il y a une autre qui présente un critère très important

$$5 < \frac{\text{longueur carotte}}{d} < 9$$

Le même auteur propose pour le calcul de  $d$ , la relation suivante:

$$d = \left( \frac{0.52.V}{K} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Où  $K$  est une constante dépendant de la matière.

	PS	PVC plast	CA	PMMA	PA66
K	1	0,9	0,9	0,85	2

- **Les types de la buse outil**

On distingue plusieurs types de buse moule en fonction de la pièce, la matière et le moule.

- Buses Directes
- Buses Chauffantes Directes.
- Buses Chauffantes à Obturation.
- Blocs Chauds et Busettes d'alimentation directes
- Blocs Chauds et Busettes à Obturation.

## Chapitre II Les paramètres des presses d'injection

- En effet les buses d'injection directe sont les plus répandues dans le marché dont les caractéristiques générales Possibilité d'injecter directement sur la pièce mais nécessite une reprise (coupe de la carotte) ou directement sur le canal d'alimentation au plan de joint.

Elles comportent une dépouille suffisante, un état de surface polie et une dureté de minimum 55HRC.

- Le Ø d'entrée doit être supérieur au Ø de la Buse machine
- Généralement Ø4 pour les petites pièces et Ø8 pour les grosses pièces
- Une régulation efficace est nécessaire autour de la buse pour que le cycle de démoulage ne dépende pas du temps de refroidissement de la carotte. (Tableau 7 annexe).

### II.5.2. Dimensionnement des canaux d'alimentation

#### La forme du canal d'alimentation (tableau 8 annexe)

Bien qu'idéalement la section circulaire (qui offre la surface maximale pour un périmètre minimal) soit la meilleure, on a recours pour des raisons de facilité d'exécution à des canaux dont les sections sont semi-circulaires, trapézoïdales ou en forme de U

#### Diamètre du canal d'alimentation

Le calcul du diamètre du canal d'alimentation d'après le tableau du DUBOIS suivant : (tableau 4, annexe)

Selon PYE, le diamètre du canal d'alimentation s'exprime par :  $d_c = \frac{\sqrt{m} \cdot \sqrt{L}}{8}$

dc = diamètre du canal en inches (1 inches = 25,4mm)

m = masse de la pièce en onces (1 oz = 31 g) L = longueur du canal en inches.

### II.5.3. Dimensionnement des seuils d'injection

- Calcul des dimensions des seuils

Il n'y a pas des critères sur la géométrie des seuils, néanmoins à chaque géométrie des règles selon plusieurs auteurs qu'il faut respecter, parmi ces calculs :

Pour les seuils rectangulaires, la hauteur h est déterminée par la formule :  $h = n e$

h = hauteur du seuil en mm

e = épaisseur de la paroi en mm (au droit du seuil)

n = constante du matériau.

	PS	PE	POM	PC	PP	CA	PMMA	PA	PVCrig
n	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9

## Chapitre II Les paramètres des presses d'injection

Le calcul de la largeur l s'effectue selon la formule :  $l = \frac{n\sqrt{S}}{30}$

l : largeur en inches ;

S : surface de la cavité exprimée en inches<sup>2</sup>.

Pour ce qui concerne la longueur L<sub>s</sub> du seuil, PYE propose :  $L_s = h + \frac{1}{2}$

Pour les seuils circulaires PYE fait intervenir l'épaisseur de la paroi de la pièce, face au seuil, pour le calcul du diamètre:  $d = n.e.\sqrt[4]{5}$

d = diamètre du seuil ; n = constante du matériau ; S = surface de la cavité e = épaisseur de paroi au droit du seuil

MOURGUE propose une autre formule faisant intervenir la masse de matière m à fournir en g.

$$\frac{S_s}{m_s \sqrt{L}} = \text{cte}$$

S<sub>s</sub> = section du seuil en mm<sup>2</sup> ; e = longueur du seuil en mm L = longueur du canal d'alimentation (mm)

MENGES propose des surfaces de seuils égales au 1/10 de la surface des canaux et une Largeur égale à trois fois la longueur de l'attaque.

La formule la plus simple est en fait celle de DELORMES = 0,3 P S avec S section du seuil en mm<sup>2</sup> et P poids de la pièce en g.[14]

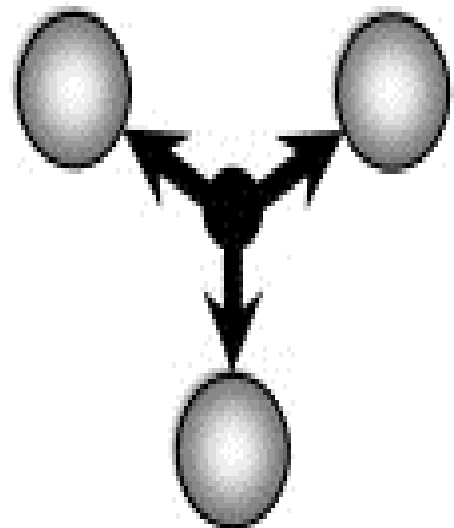
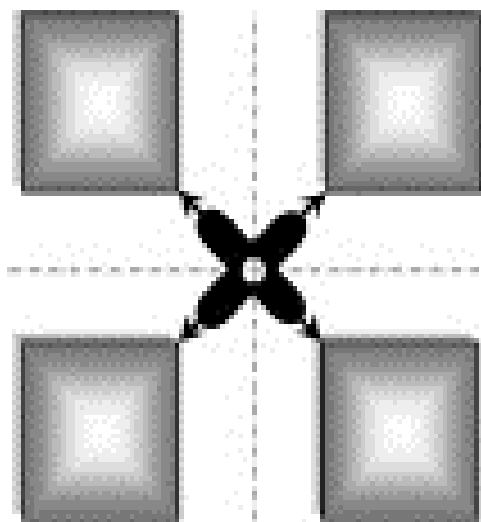


FIG (II.17) : Ensemble de seuils rectangulaires

FIG (II.18) : Ensemble de seuils circulaires

## Chapitre II Les paramètres des presses d'injection

---

**Types de seuils d'injection** (tableau 9, annexe)

- **La position des seuils d'injection**

Le choix de la position du seuil est guidé par des contraintes de fabrication du moule et de limitation des défauts pièces, il faut pour choisir la position des seuils suivre les recommandations suivantes :

Toujours chercher à positionner le point d'injection dans la zone présentant la plus grande épaisseur de paroi.

\_ Ne jamais positionner le seuil près de zones soumises a de fortes contraintes.

\_ Pour les pièces longues, le seuil sera si possible positionne longitudinalement, de préférence a une position transversale ou centrale, notamment dans le cas de résines renforcées.

\_ Si le moule possède deux cavités ou plus, les pièces et leurs points d'injection seront disposées de façon symétrique par rapport à la carotte.

\_ Pour les pièces comportant des charnières intégrées, le seuil sera positionné de telle sorte que la ligne de soudure soit éloignée de la charnière. Les interruptions d'écoulement près des charnières doivent être évitées a tout prix.

\_ Pour des pièces tubulaires, le fondu devra d'abord remplir la circonférence annulaire a une extrémité, puis la longueur du tube proprement dit. Cette procédure permettra d'éviter l'asymétrie du profil de l'écoulement frontal.

\_ Les surfaces apparentes ne devant présenter aucun défaut visuel (comme par exemple des marques de référence) pourront être moulées à partir d'un point d'injection situe sur leur face inferieure, en utilisant une alimentation par seuil sous-marins.

\_ Positionner le point d'injection de façon à éviter autant que possible les interruptions de l'écoulement frontal (pièces complexes, moules a empreintes multiples de formes différentes, même brèves, durant le remplissage).[15]

### II.5.4. Choix des dépouilles

La dépouille dépend essentiellement de l'état de surface de la pièce et de la précision de la géométrie des surfaces (grainage, poli glace, planéité, rectitude...) ainsi que le matériau appliqué. Dans une moindre mesure la dépouille dépend aussi de l'élasticité du thermoplastique.

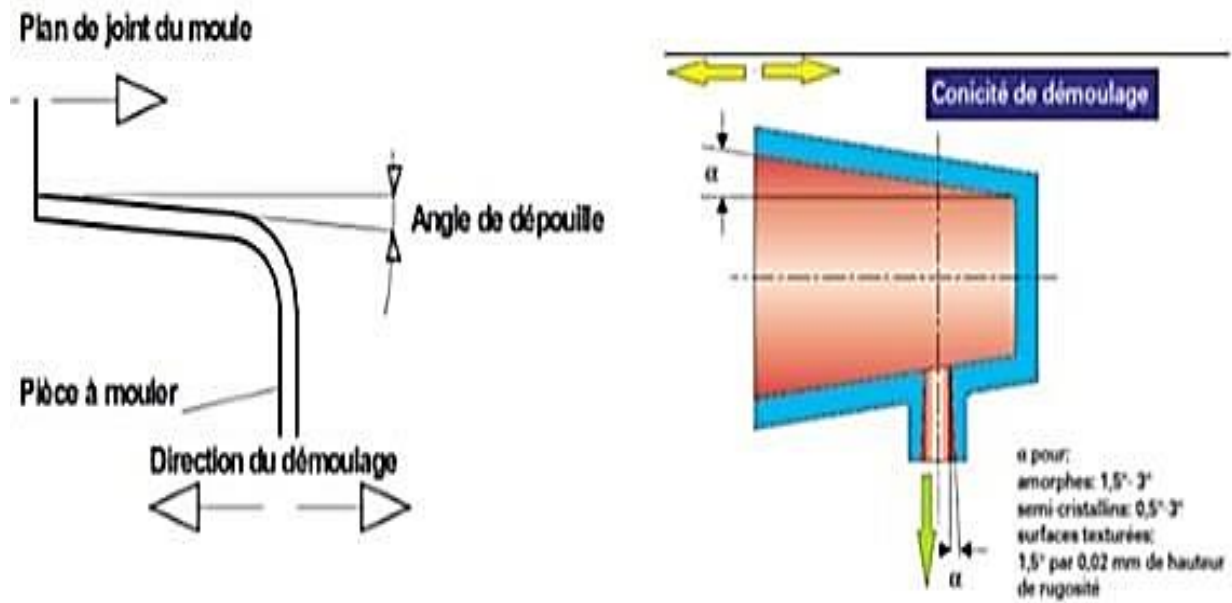


FIG (II.19) : La forme de dépouille

### II.5.5. Le calcul des retraits

Le retrait exerce une influence directe sur les dimensions d'une pièce moulée par injection. Un retrait différentiel provoque des déformations (gauchissement ou voilage). L'évaluation du retrait est toujours difficile, quel que soit la matière plastique, il convient à le déterminer par des résultats expérimentaux.[15]

-Le retrait de moulage est indiqué en % :  $R_m = \frac{M_f - L}{M_f}$

- Le post-retrait est indiqué en % :  $P_r = \frac{L - L_1}{L} \times 100$

(Pour voir les retraits des différents matériaux voir (tableau2 Annexe)

### II.5.6. Le choix du plan de joint

Le tracé du plan de joint résulte de la morphologie de la pièce moulée, de ses tolérances, des exigences esthétiques, du choix du système d'extraction et de la presse à injection utilisée. La surface de contact des deux parties de l'empreinte peut être plane ou non ; elle doit assurer l'étanchéité du moule, être résistante à la force de fermeture et à l'abrasion.[15]

- **Position du plan de joint**

Tributaire par la géométrie de la pièce, et surtout les petits détails de

## Chapitre II Les paramètres des presses d'injection

forme comme l'arrondie ou congé.

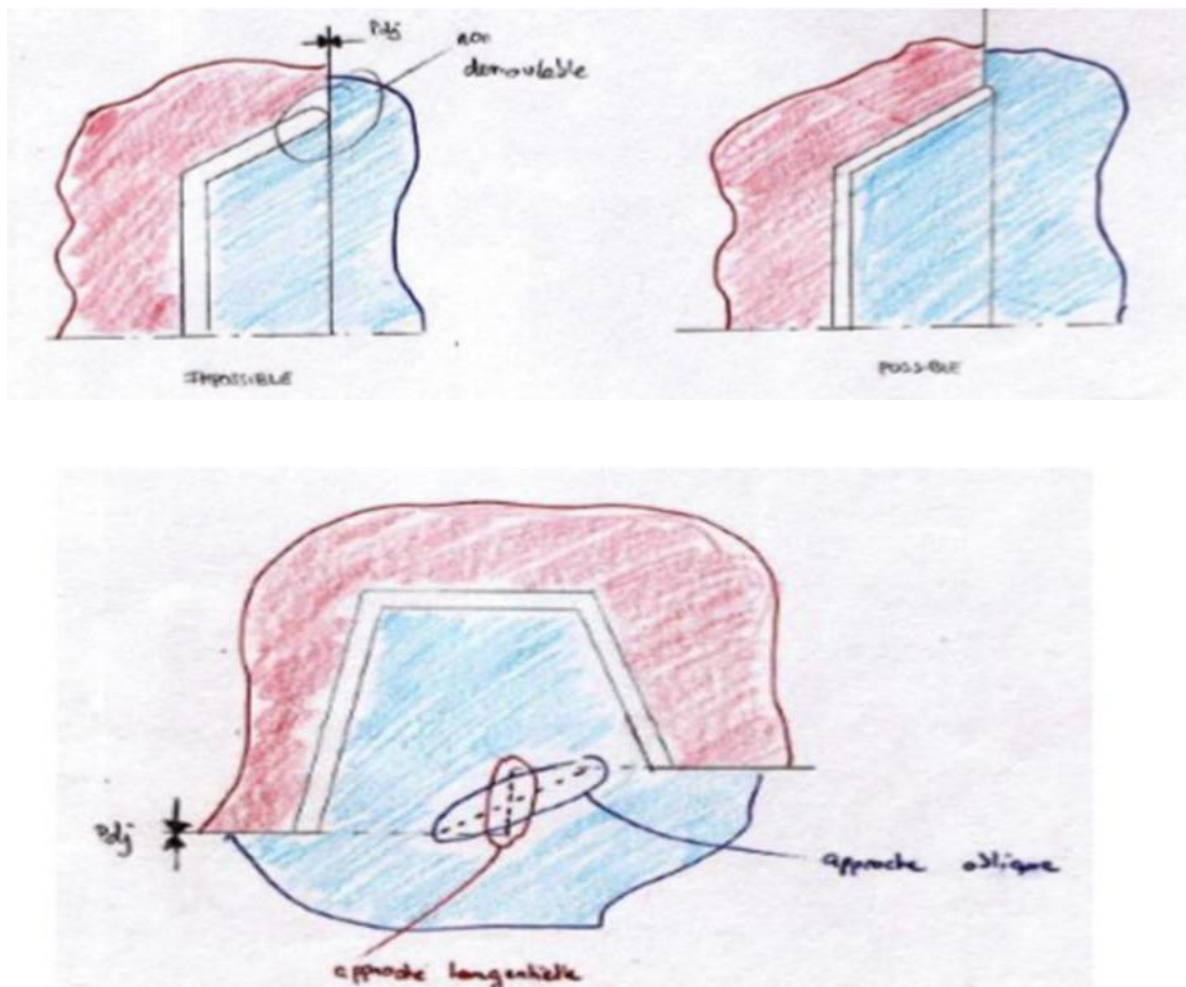


FIG (II.20) : La fermeture d'outillage

L'approche tangentielle lors de la fermeture d'outillage engendre des frottements, des usures, des pertes de matières, d'où il est préférable d'avoir des approches obliques.

- **Lignes de joint**

Les lignes de joints sont des « marques » sur la pièce démoulée qui résultent du contact de différents éléments de l'outillage participant au morcelage de l'empreinte. Il existe 3 types de lignes de joints :

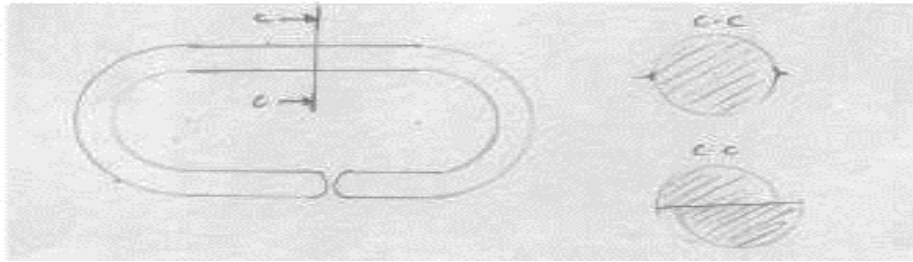
- o Les extérieures
- o Les intérieures
- o Les auxiliaires

- ❖ La ligne de joint extérieure ou externe:

## Chapitre II Les paramètres des presses d'injection

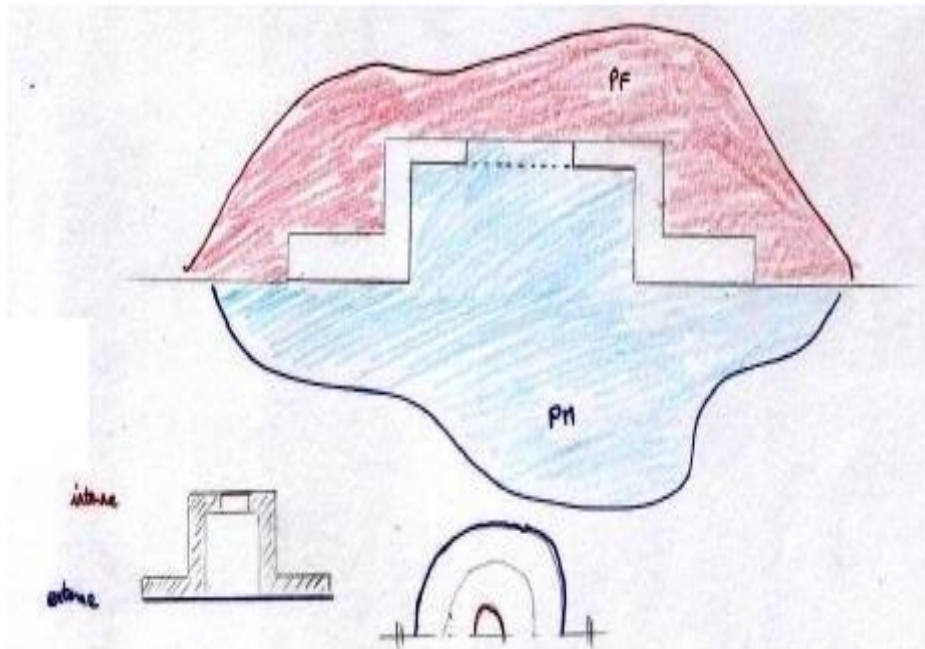
On appelle ligne de joint extérieure la trace que le plan de joint de l'outillage laisse sur les pièces. Elle résulte du contact entre la partie mobile et la partie fixe de l'outillage. Elle sera toujours une ligne dite « fermée ». Plus l'outillage sera soigné et de qualité, moins la ligne de joint sera visible.

- ❖ La ligne de joint intérieure ou interne



**FIG (II.21) : La ligne de joint intérieure ou interne**

On appelle ligne de joint interne la trace que laissent les éléments de formes moulantes tels que les broches, les poinçons et les noyaux. Lorsque ces derniers viennent en contact avec la partie opposée du moule.



**FIG. (II.22) : La ligne de joint**

- ❖ La ligne de joint auxiliaire: On appelle ligne de joint auxiliaire la trace laissée par les éléments moulants tels que les tiroirs et les cales pentes.

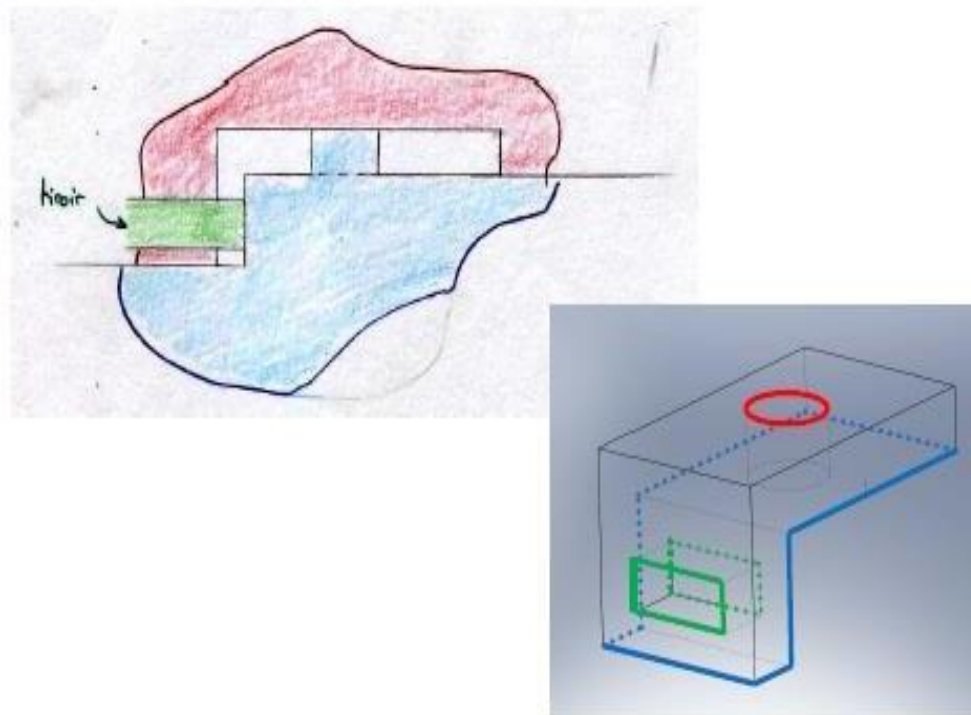


FIG. (II.23) : La ligne de joint auxiliaire

### II.5.7. Le choix des éjecteurs

- **La forme des éjecteurs** (tableau 5 de l'annexe)

Circulaire autant que possible (facilité d'usinage) à lame si l'appui se trouve sur un rebord ou à l'extrémité d'une nervure Tubulaire si nous sommes en présence d'une forme circulaire creuse à démouler.[14]

- **Le nombre**

Le plus grand nombre possible afin d'assurer une extraction sans problème. Le minimum afin de réduire les coûts de l'outillage.

- **Le positionnement**

- Sur des surfaces non visibles et non fonctionnelles.
- A proximité des endroits où l'empreinte est profonde (nervure, bossage, rebord...).
- A proximité immédiate des contre-dépouilles ou des surfaces ayant des dépouilles faibles,
- Proche des seuils sous-marins.

- **Le guidage**

Un guidage long est préconisé soit environ 3 à 4 fois le diamètre de l'éjecteur.

- **La longueur**

Chaque éjecteur est ajusté individuellement par rapport à la surface de l'empreinte.

## Chapitre II Les paramètres des presses d'injection

---

- **La course**

Elle sera au minimum égale à la profondeur maxi de l'empreinte à démouler ou de la longueur du noyau.

- **Sécurité**

Afin d'éviter toute détérioration de l'outillage, il est impératif qu'à la fermeture du moule le dispositif d'éjection soit rentré. Les systèmes permettant le retour de la batterie d'éjection sont :

- Les ressorts
- Les vérins
- Les éjecteurs de remise à zéro
- Les capteurs

- **Choix de dispositif d'éjection**

En fonction de la forme de la pièce, du nombre de pièces, des spécifications du cahier des charges pièce, on choisira un type d'éjection différent :

- Ejecteur cylindrique ou tubulaire
- Ejecteurs à lames
- Plaque dévetisseuse
- Soupape d'éjection
- Ejection combine (associe 2 ou 3 systèmes)
- Ejecteur annulaire

- **Types d'éjecteurs :**

### II.5.8. Le dimensionnement des canaux de refroidissement

- **Le diamètre des canaux de refroidissement**

On refroidit les moules par rapport à la température d'injection du polymère. Bien souvent la température des moules est comprise entre 40°C et 100°C. La plupart du temps, on perce des trous pour faire circuler un liquide de refroidissement. Théoriquement le diamètre de ces trous sera

$$D = \frac{\sqrt{w} \cdot \sqrt{L}}{3.7}$$

Pratiquement on choisit le diamètre approprié pour chaque matière :  
(tableau 12 de l'annexe).

En effet les diamètres couramment utilisés vont de Ø6, Ø8, Ø10, Ø12 au-delà les diamètres créent un flux laminaire néfaste à l'absorption des calories. L'importance du standard

des raccords de raccordement peut aussi jouer sur le dimensionnel.

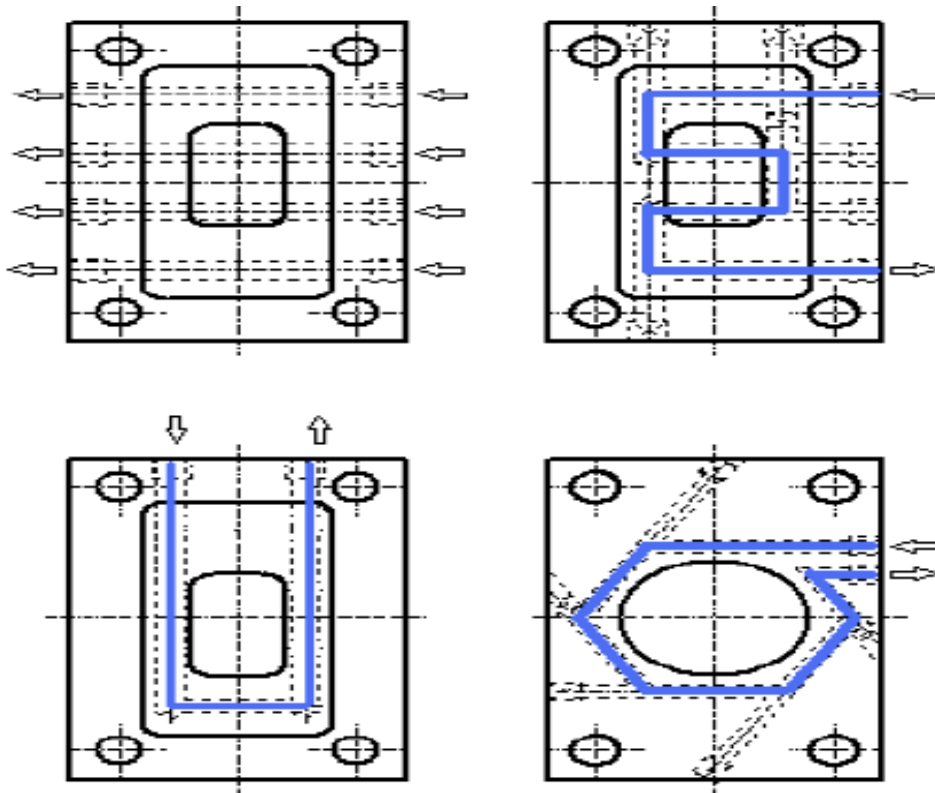


FIG. (II.24) : Différents circuits de refroidissement

- **Position des canaux de refroidissement**

Les entrées et sorties doivent idéalement être positionnées sur le dessous du moule. Cela élimine le risque de suintement du liquide de refroidissement sur le moule.

On note  $T_F$  la température du fluide de refroidissement,  $T_C$  est la température à la surface des canaux de refroidissement,  $\Gamma_C$  est la surface des canaux de refroidissement.

La différence de température entre la surface de la cavité moulante et la surface des canaux de refroidissement est due à la conductivité limitée du matériau constitutif du moule et est fonction de la distance entre la cavité et les canaux  $L$ .

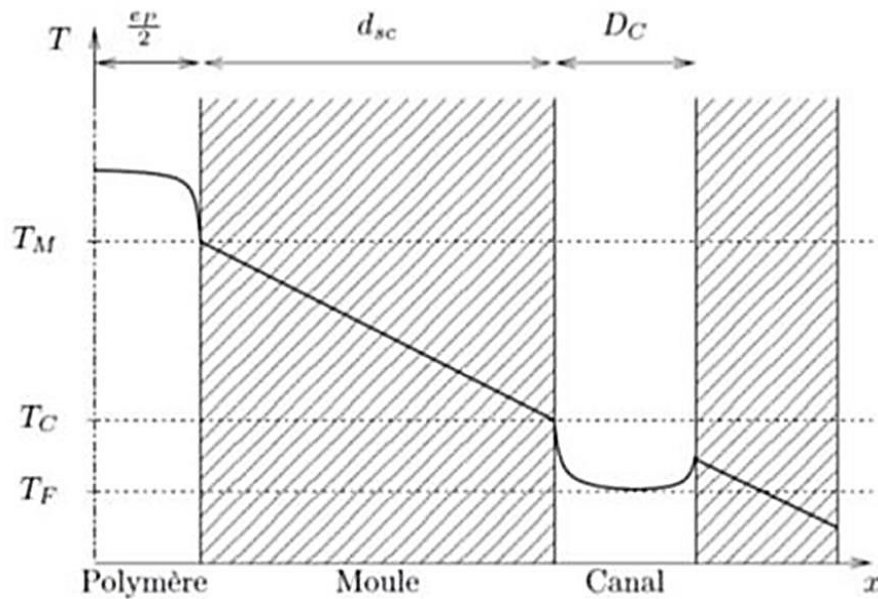


FIG. (II.25) : Les canaux de refroidissement[14]

### 2.5.9. Le choix des paramètres de la machine d'injection

- **La force d'injection**

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

- **Les paramètres à calculer** : sont

- Le volume injectable :
- Force de verrouillage :
- Course de dosage :
- Temps de remplissage :
- Temps de cycle :

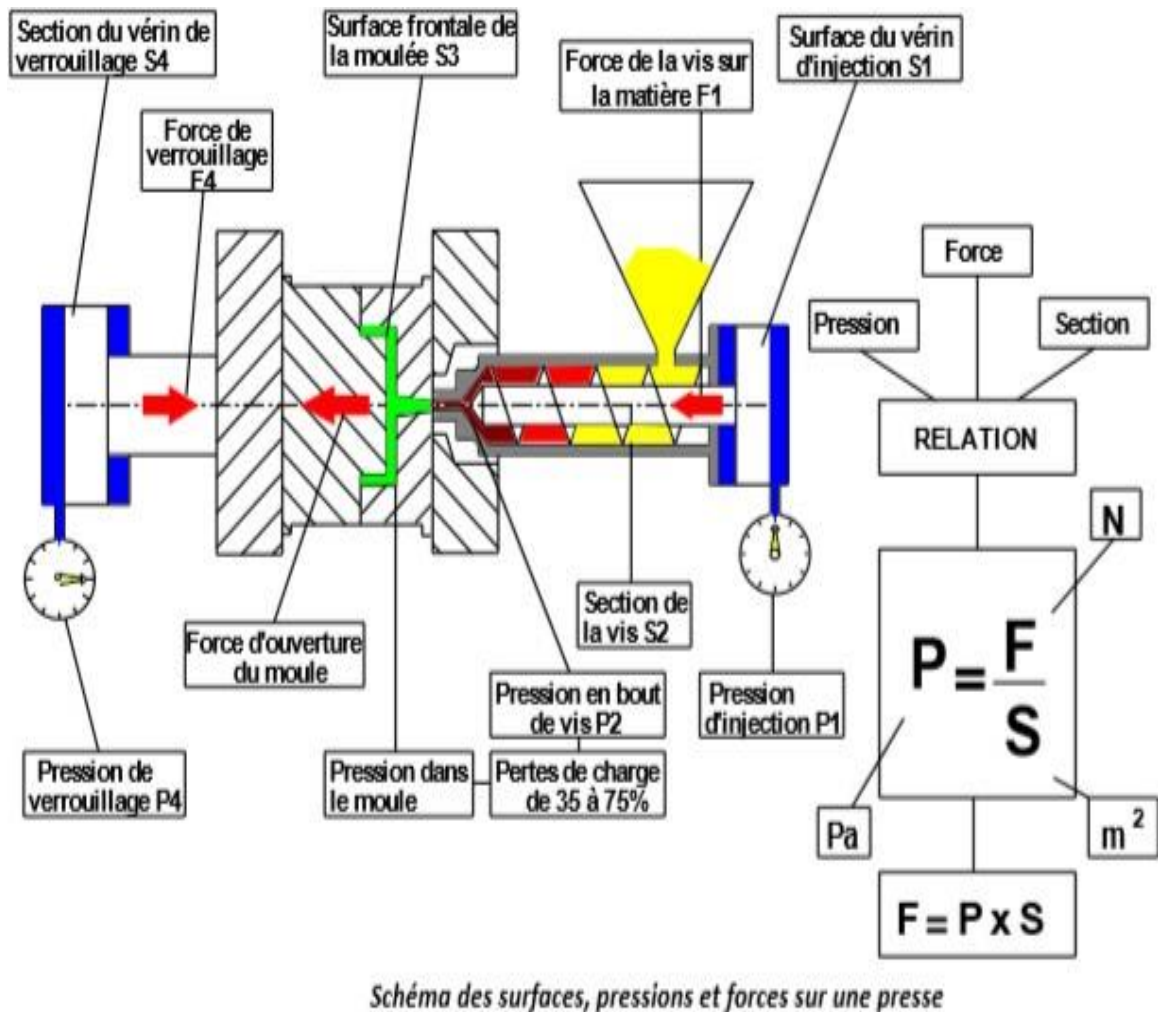


FIG. (II.26) : Les différentes forces appliquées au système d'injection[15]

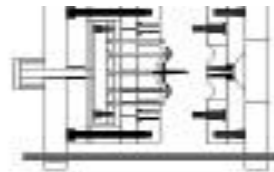
### II.5.10. Le choix de la matière du moule

Les exigences de plus en plus sévères auxquelles doivent satisfaire les outils utilisés pour la transformation des matières plastiques nécessitent la mise au point spécifique d'aciers à outils présentant des caractéristiques d'utilisation déterminées en fonction des différentes applications. Les outils employés pour la transformation des matières plastiques sont essentiellement sollicités par des pressions et une usure importante. Certains types de matières plastiques peuvent également être à l'origine de sollicitations par corrosion. Les différentes matières plastiques et les différents procédés de transformation nécessitent que l'acier à outils présente certaines propriétés définies, par exemple, (Voir tableau6).[15]

### II.5.11. Le choix du type de moule

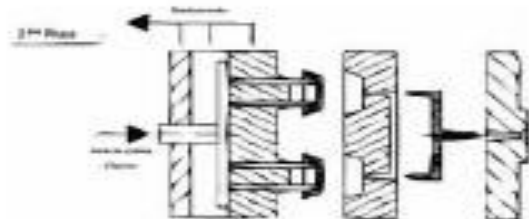
- **Moule à deux plaques**

Le plus couramment utilisé, à cause de sa simplicité dans la fabrication et mise en forme



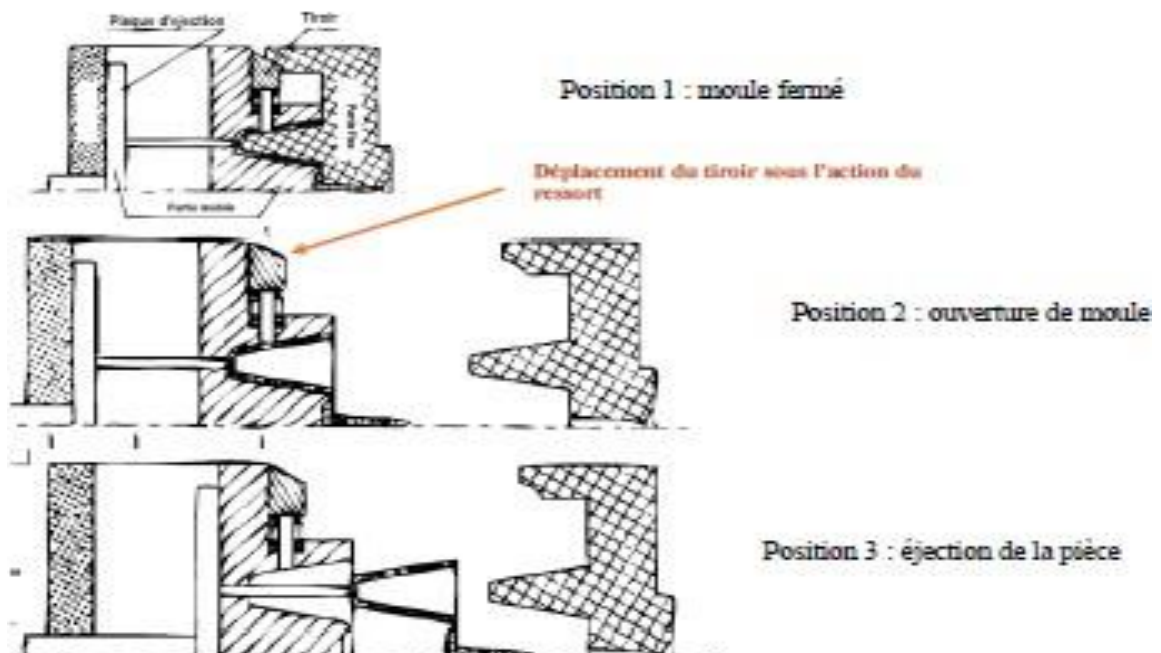
- **Moule à trois plaques**

Permet le d'égrappage automatique des pièces Injectées et des déchets (canaux, carotte) lors de l'ouverture du moule.



- **Moule à tiroir**

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



9

FIG. (II.27) : Les différents types des moules et leurs propriétés

## Chapitre II Les paramètres des presses d'injection

---


### Synthèse

Le moule est la partie où la matière est fondue afin de donner la forme de la pièce requise, il y a différents types de moule (moule à deux plaques, moule à trois plaques, moule à tiroirs) qu'il faut choisir un type dépendant des critères des pièces. Le moule a plusieurs fonctions :

- La fonction d'alimentation qui est assurée par la buse que nous choisissons de la forme et le diamètre, et les seuils qui sont dimensionnés par un diamètre et une forme bien déterminés et finalement le canal d'alimentation qui doit avoir une longueur courte pour limiter les pertes de la matière et un diamètre déterminé par des abaques afin de donner la matière suffisante pour la pièce.

- La fonction mise en forme dont la pièce injectée doit avoir des dépouilles afin de faciliter le démoulage et des arrondis pour éviter les angles vifs un retrait qui dépend de la matière et un plan de joint qui sépare la partie mobile de celle fixe

- La fonction régulation thermique est la phase de refroidissement dont il faut choisir des canaux de refroidissement avec un diamètre déterminé par les abaques.



**CHAPITRE III**  
**Application**  
**(conception**  
**et simulation d'une pièce)**

# Chapitre III : Application

## III.1. Le dessin de définition de la caisse

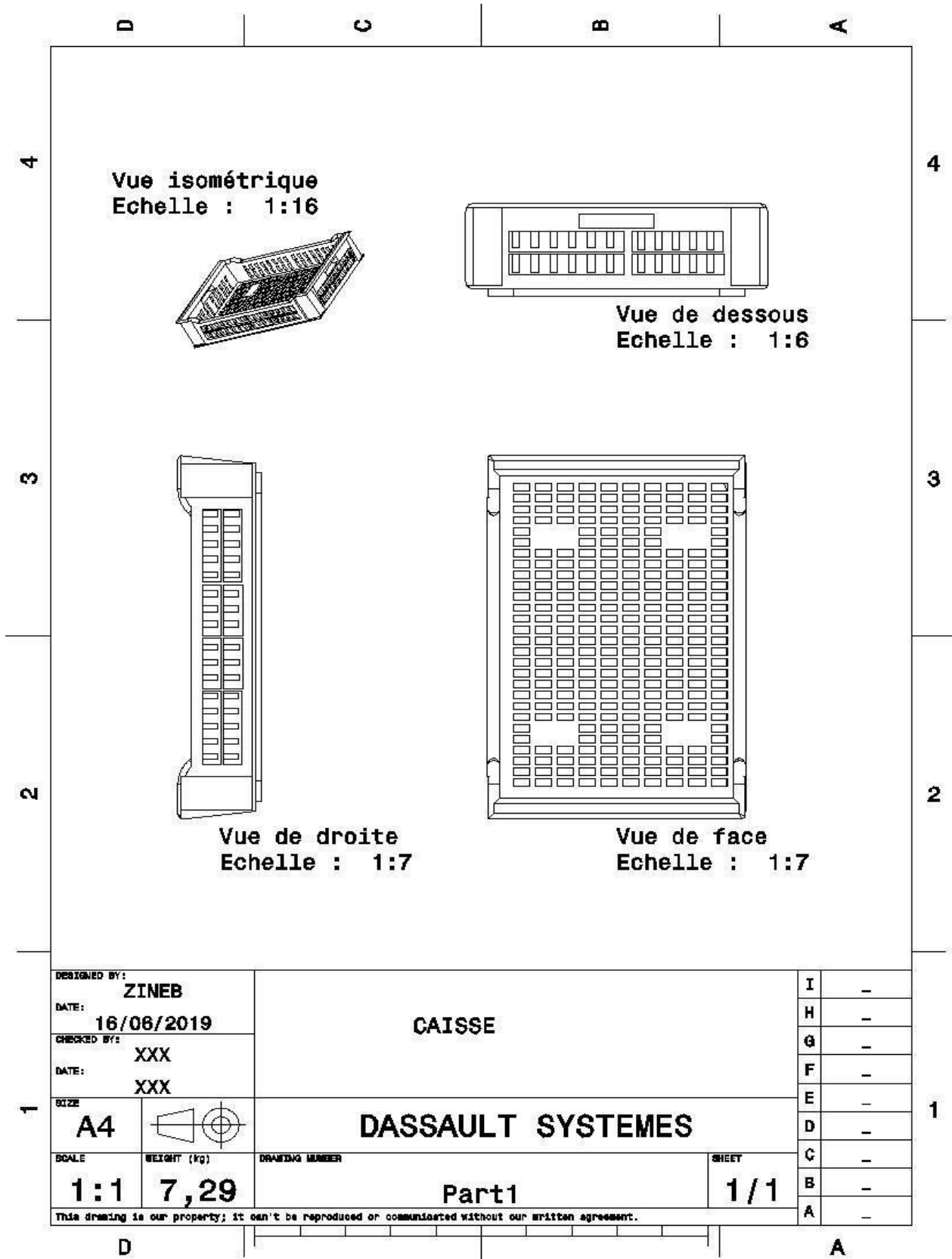


FIG (III.1): Dessin de définition de la caisse

## Chapitre III : Application

### La caisse en 3D sur CATIA V5R21

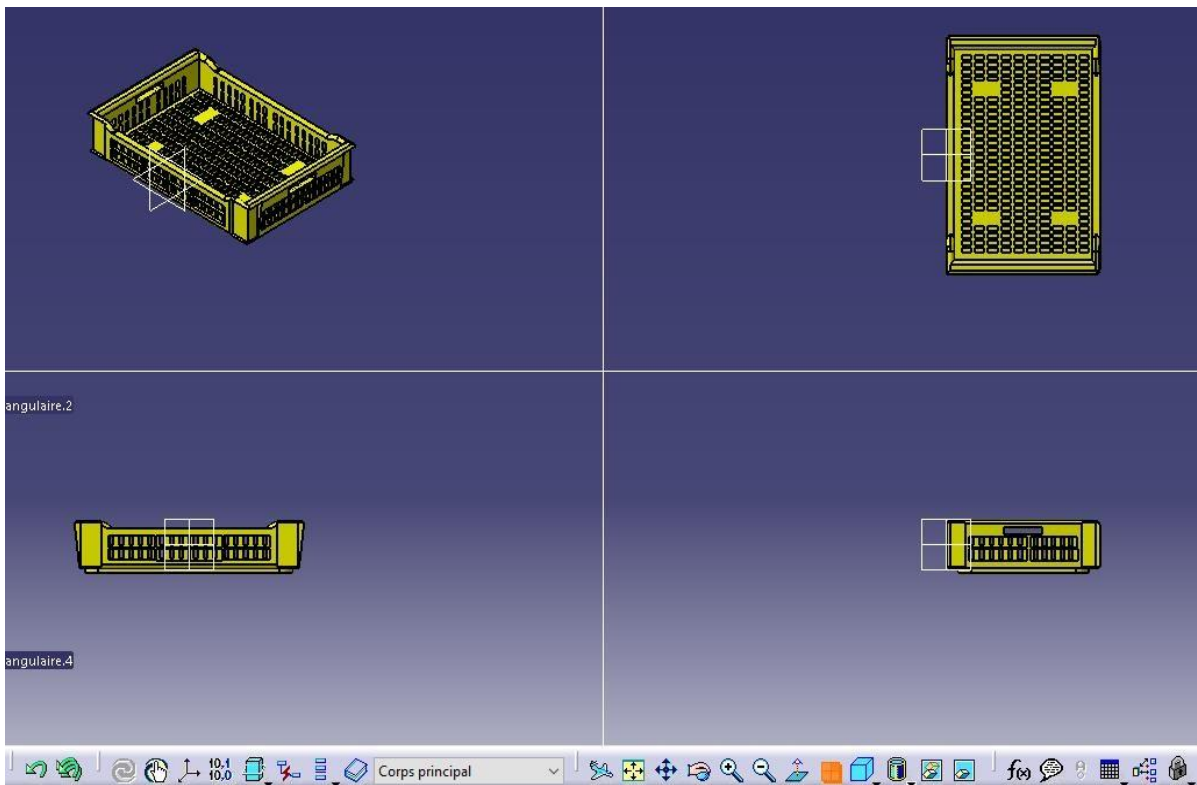


FIG (III.2): Les différentes vues de la caisse

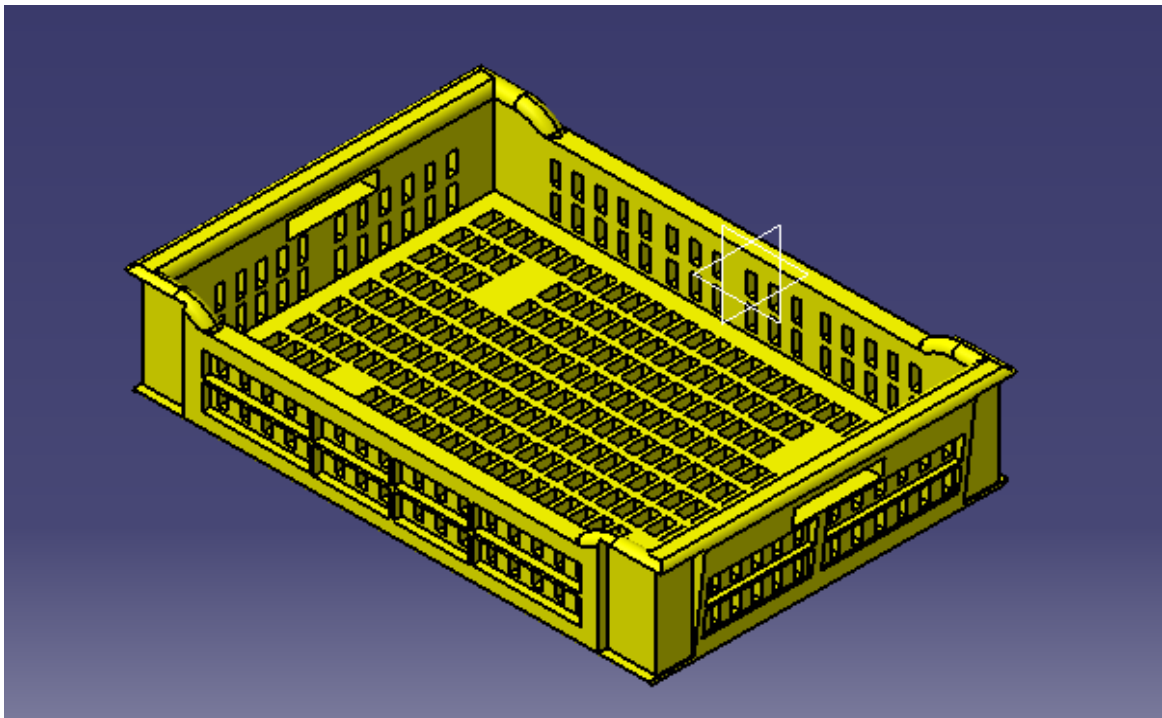


FIG (III.3): vue globale de la caisse

### III.2. Présentation de la presse d'injection utilisée (voir tableau 14, annexe)

#### III.3. Conception du moule de la caisse sur Catia V5R21

Pour avoir une bonne conception de la pièce voulue il faut prendre en considération:

**Les dépouilles:** Pour rendre possible le démoulage de la pièce, dans notre cas et tant qu'on a la caisse en polypropylène, on choisit  $2^\circ$  comme angle de dépouille.

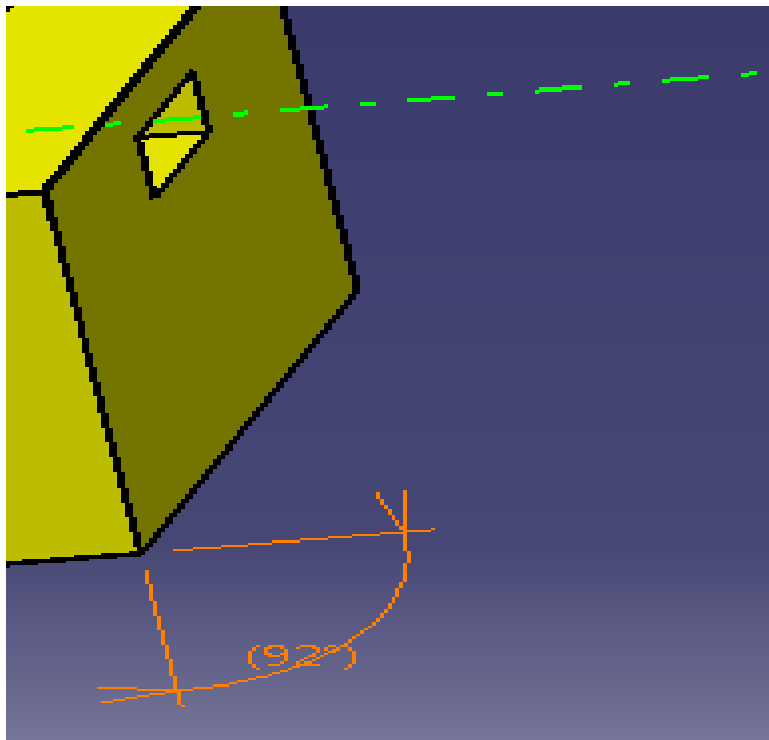


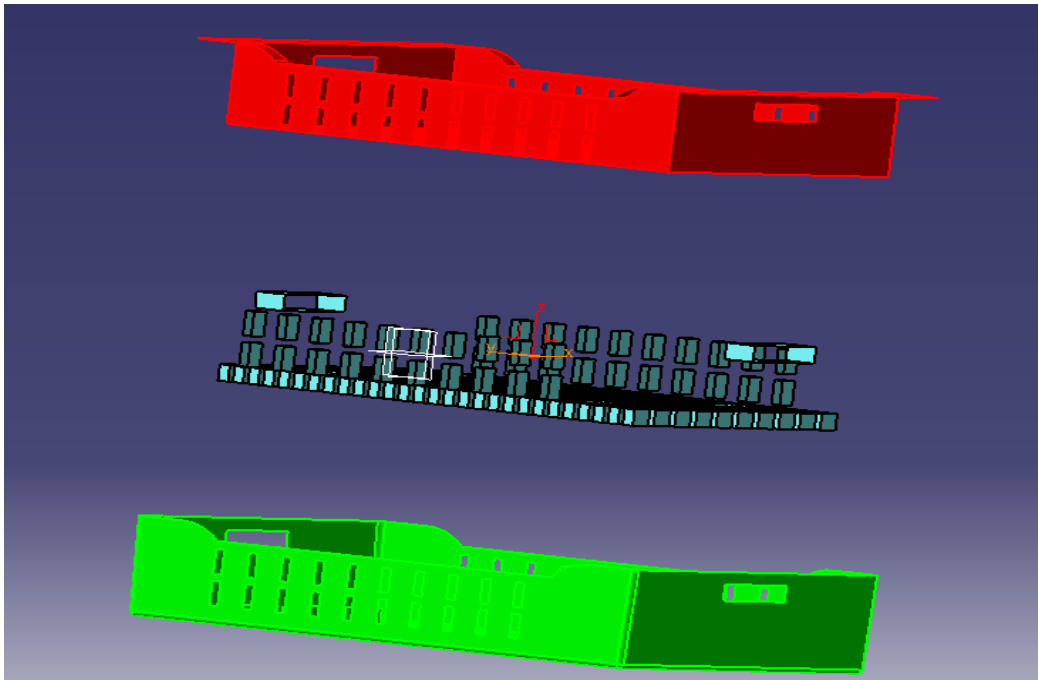
FIG (III.4): La dépouille utilisée

#### Les arrondies

Pour éviter les angles vifs, dans notre cas on a choisi 5mm comme arrondie.

#### III-3-1. La détermination du poinçon, de la matrice ainsi que les tiroirs

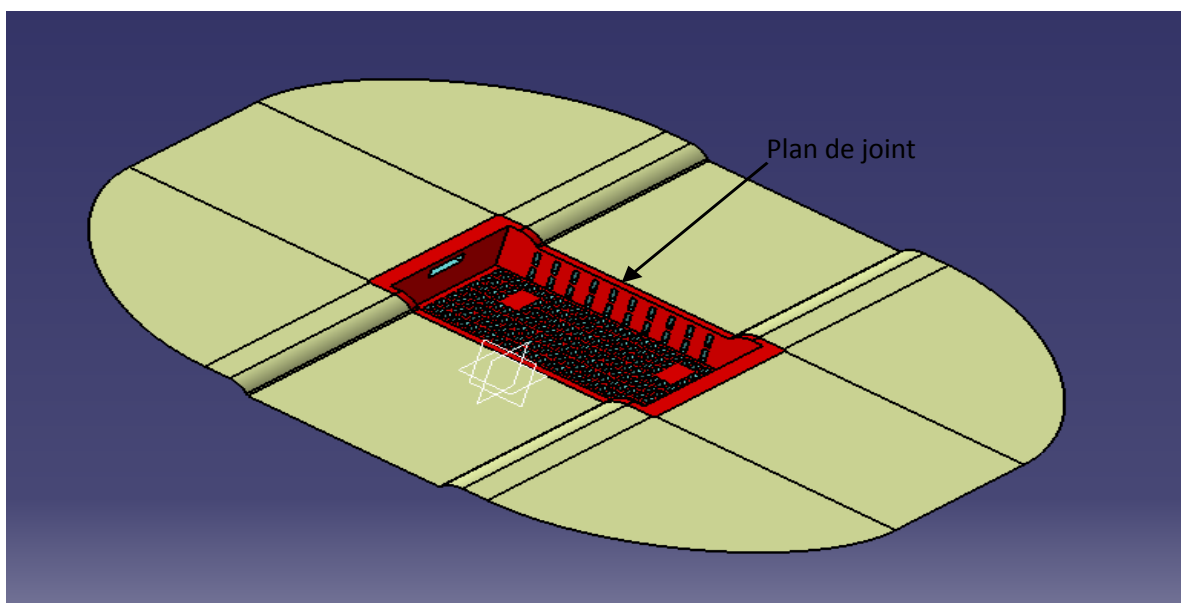
C'est la phase la plus importante puisqu'à travers elle on détermine les différentes parties du moule.



**FIG (III.5): La matrice, le poinçon et les tiroirs**

### III.3.1.1. Le choix du plan de joint

Le choix du plan de joint doit prendre en considération les éléments qui doivent être dans la partie mobile du moule ainsi que les éléments qui doivent être dans la partie fixe, et il doit prendre en considération les congés, les nervures et toute variation de la surface, c'est pour cela qu'on a choisit comme plan de joint:



**FIG (III.6): La surface limitante du plan de joint de la caisse**

## Chapitre III : Application

### III.3.1.2. le remplissage des trous :

Afin de produire une pièce ayant des trous, il faut qu'ils soient remplis dans le moule pour qu'on puisse les trouser lors de l'injection.

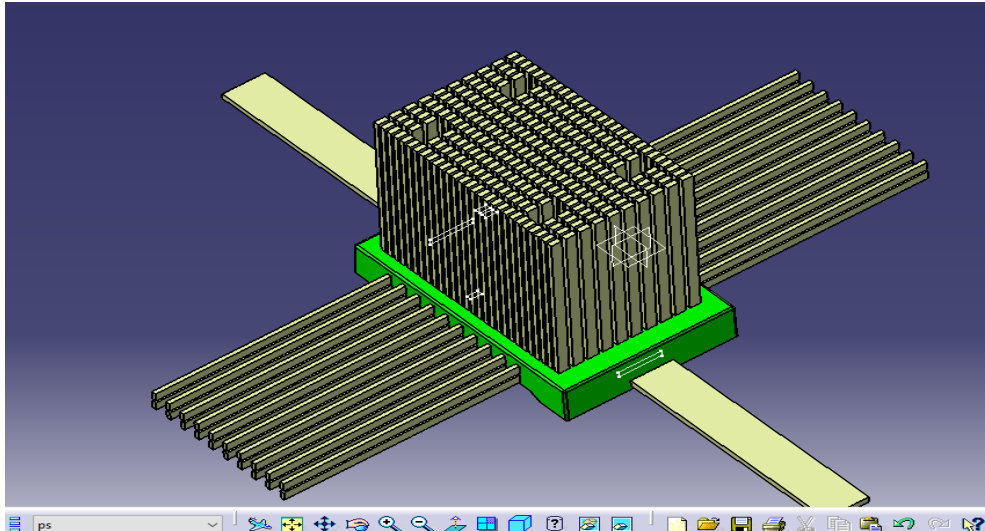


FIG (III.7):trous remplis

On obtient alors les différentes surfaces suivantes après assemblage de différents éléments de chaque partie :

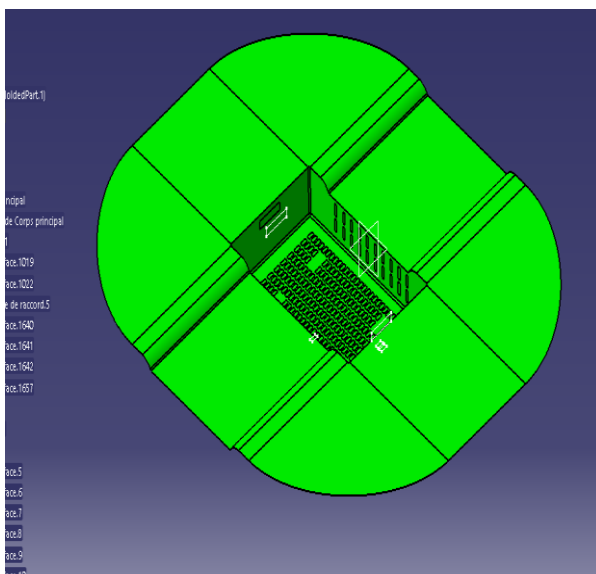


FIG (III.8): La partie poinçon

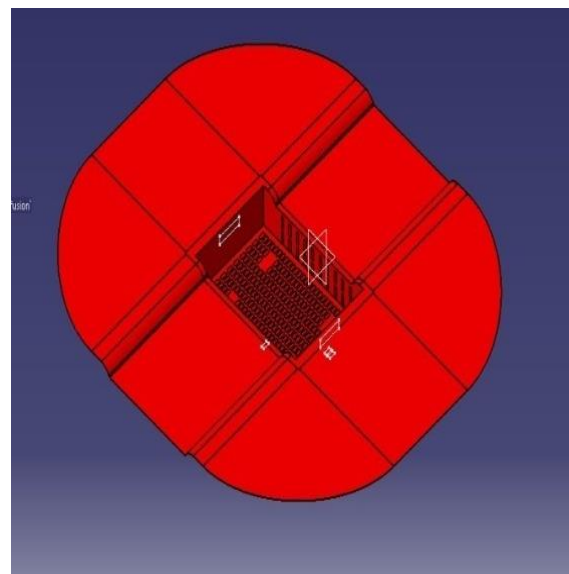


FIG (III.9): La partie matrice

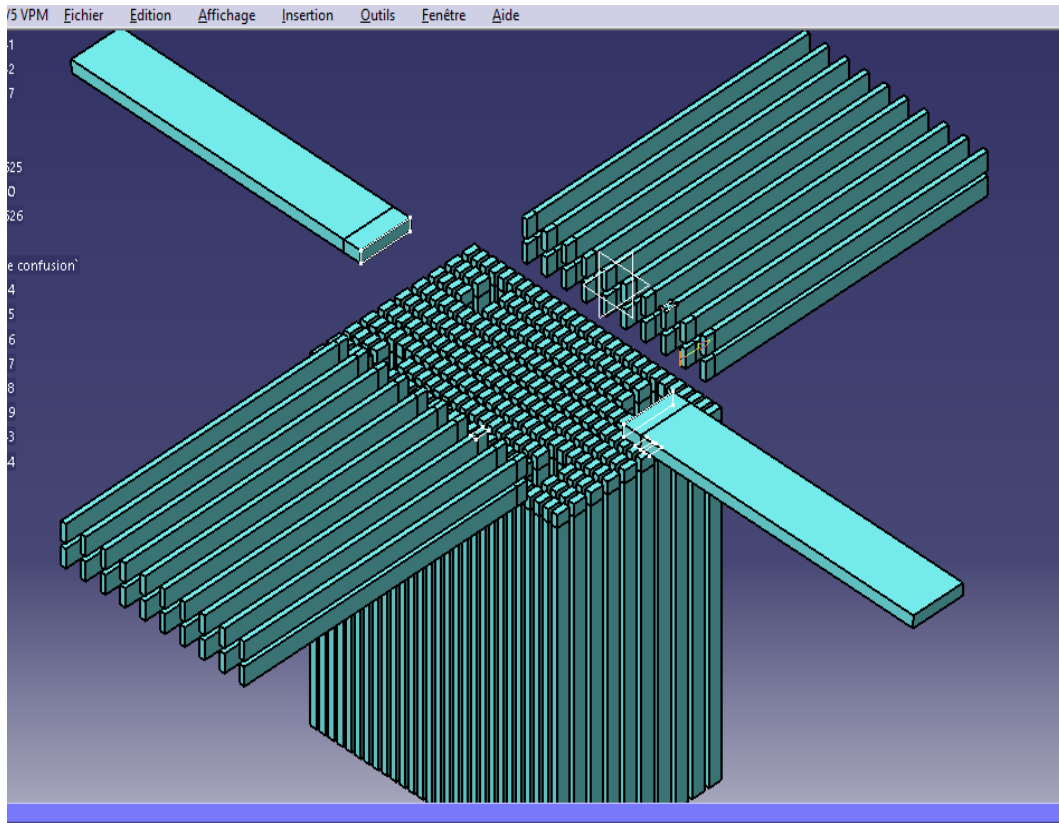


FIG (III.10):Les tiroirs

### III.3.1.3Le dimensionnement du moule

Le diamètre de la buse outil:  $d = \frac{V_{ini}}{0.78v.t}$

Le diamètre de seuil :  $d = n.e.\sqrt[4]{5}$

Avec  $n=0.7$  pour PP Donc :  $d=5.23$  mm

Le diamètre de canal d'alimentation :

$$d_c = \frac{\sqrt{m}.\sqrt{L}}{8}$$

$$\text{Donc : } d_c = \frac{\sqrt{38}.\sqrt{113}}{8} = 8.22\text{mm}$$

## Chapitre III :

---

D'après le tableau 4 on constate que le canal a pour forme cylindrique

Le diamètre des canaux de refroidissement :

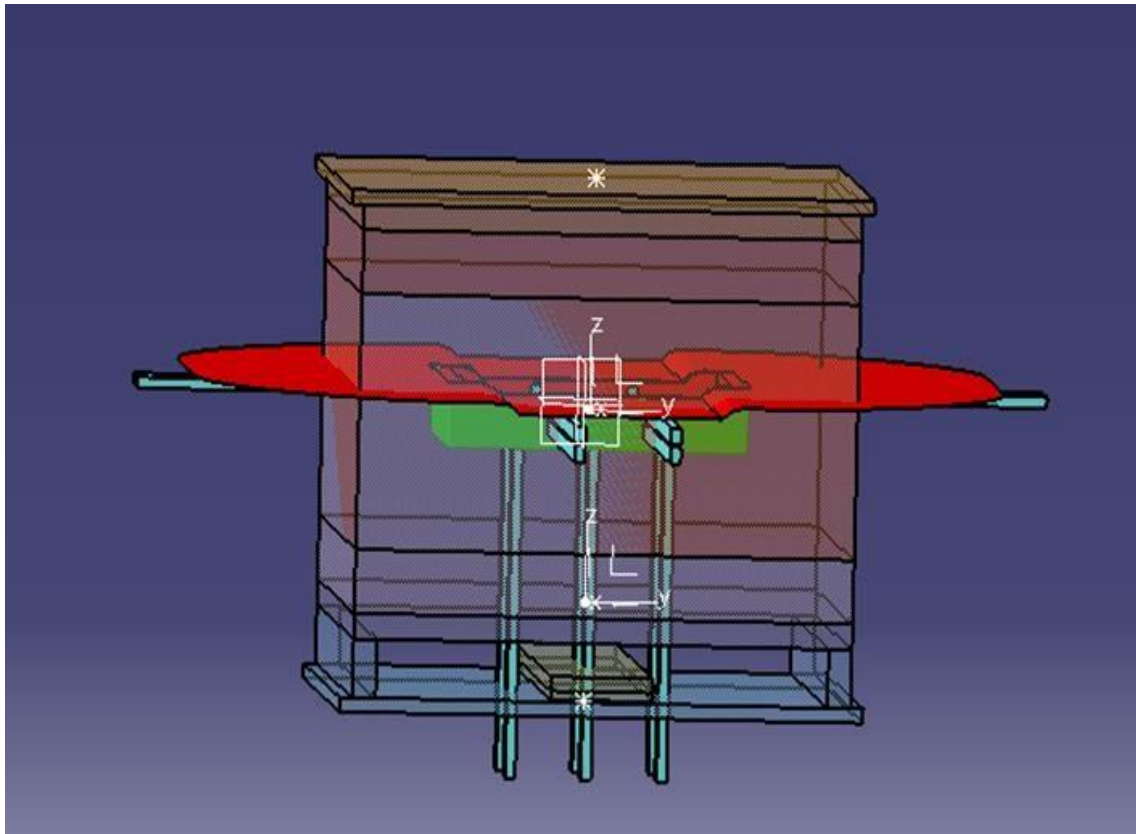
$$D= 7.5\text{mm}$$

La force de verrouillage:

$$F_V= 1.1 \cdot P_m \cdot S$$

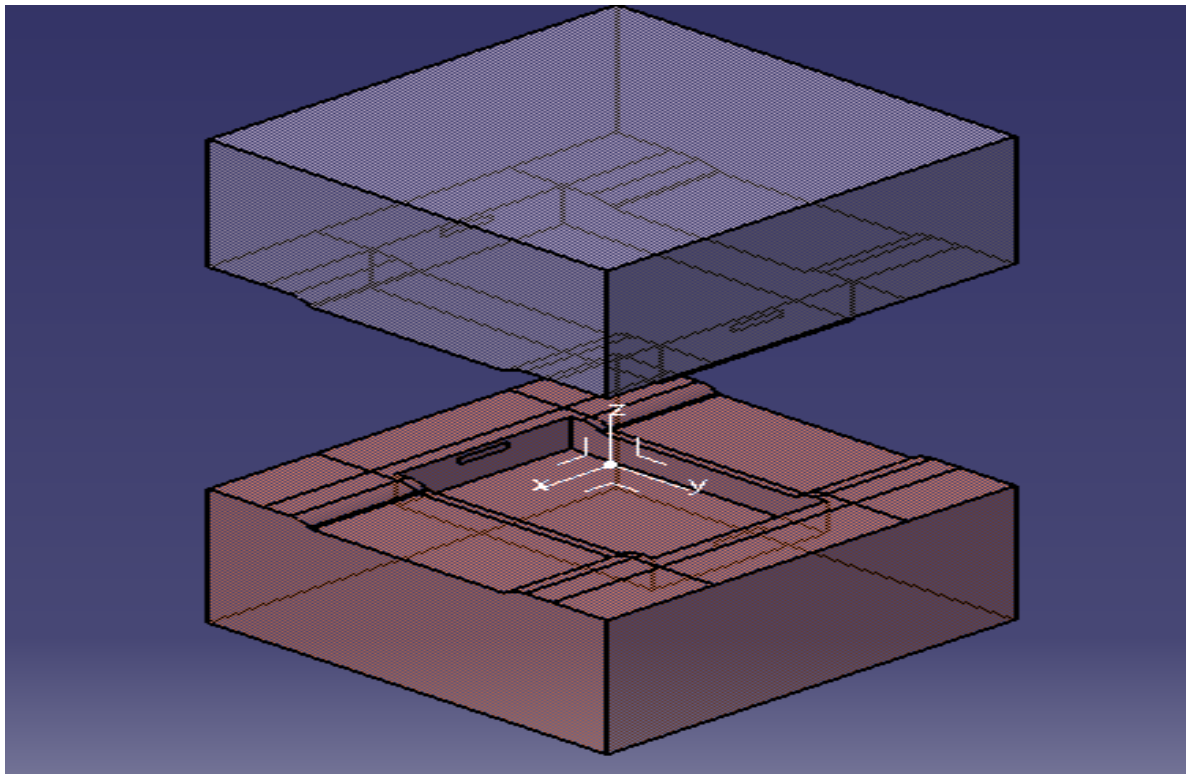
$$F_V= 1.1 \cdot 300 \cdot 60 \cdot 40 = 7920 \text{ kN}$$

Puisqu'on a une pièce en pp, on peut choisir un moule à deux plaques fait en acier 35CMD7 avec éventuellement 0.07% de S40CMD5 (d'après le tableau....) et dans la position 1 (d'après le tableau ....). Dans l'atelier MOLD TOOLING DEGIN on est aboutit à la forme suivante:



**FIG (III.11):La forme du moule de la caisse**

**Remarque :** à cause du manque de temps on n'a pas pu faire le moule de toute la pièce car elle contient un nombre énorme de trous, cependant on a pu réaliser le moule de la « Generativetool » de la pièce :



**FIG (III.12):La partie empreinte du moule d'injection pour le Générative Tool de la caisse**

#### III.4. La simulation d'injection

D'après les caractéristiques de la presse d'injection utilisée on a :

- ✓ La vitesse d'injection est : 150 tr/min
- ✓ La pression d'injection : 188MPa
- ✓ La force de fermeture est calculée par:

$$\begin{aligned} F &= P.S \\ &= 1316 * 60 * 40 * 1.2 \\ &= 37900.8 \text{ kN} \end{aligned}$$

- ✓ Le temps de cycle:

Temps de cycle = temps de remplissage + temps de refroidissement

Avec :

Le temps de refroidissement est :

$$t_r = \left( \frac{e^2}{\pi^2 \cdot \alpha_{eff}} \right) \cdot \text{Ln} \left[ \frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{T_m - T_{m_0}}{T_e - T_{m_0}} \right]$$

## Chapitre III :

---

D'après les caractéristiques de PP on a  $\alpha_{eff} = 0.12 \text{ mm}^2/\text{s}$

$$T_m = 240^\circ\text{C}$$

$$T_{m0} = 45.15^\circ\text{C} \quad \text{et} \quad T_e = 70^\circ\text{C}$$

$$\text{Donc } T_r = 15.88\text{s.}$$

$$\text{Le temps de remplissage :} \quad T = \frac{1.5 + V}{Q_v}$$

$$T = \frac{1.5 + 60 * 40 * 18}{14233.33} = 3.3\text{s}$$

Alors :

$$\text{Le temps de cycle} = \mathbf{19.18 \text{ s}}$$

### **Interprétation**

Pour un temps déterminé on peut savoir le nombre de caisses injectés.

### **Synthèse**

En faisant une analyse fonctionnelle pour définir la pièce de notre projet, après conception de la caisse sur CATIA V5 contenant des dépouilles de 2deg et des congés de 5 mm Après avoir faire un dimensionnement de moule en déterminant le diamètre de la buse, de seuil et decanald'alimentationonafaituneconceptiondumouleàl'aidedel'ateliercoreandcavity . Et enfin une simulation afin de déterminer le temps de cycle et après le cycle de production.



# **Conclusion Générale**

# Conclusion

---

## Conclusion général

La plupart des pièces en thermoplastique technique sont fabriquées selon le procédé de moulage par injection. Il est par conséquent essentiel pour l'ingénieur en construction mécanique de connaître cette technique de moulage, de comprendre ses possibilités et ses limitations.

Grace a notre recherche sur les logiciels de conceptions ça nous a aidé à les connaitre et a rechercher le plus apte a notre cas de figure.

Grace à notre travail collectif on a pu faire la conception de la caisse sur CATIA V5 et dimensionner les diverses parties du moule selon les normes exigées dans le cahier de charge qu'on a choisi.

La démarche de Conception de moule avec la caisse était très compliquée dont on a trouvé des problèmes de remplissage des trous.

Ainsi que le choix du plan de joint et les parties du moules qui doivent être dans la partie mobile du moule et la partie fixe du moule.

Déterminer avec exactitude l'importance des dépouilles et leur angle dans chaque exemple de travail.

Savoir les facteurs qui nous permettent d'avoir une bonne pièce finale sans être obligé de perdre du temps et de la matière.

Savoir choisir la bonne matière plastique après avoir déterminé la caractéristique mécanique et chimique et facteurs d'injection.

Concernant la partie simulation, on n'a pas pu aboutir tout le calcul à cause de manque de documentation ce qui rendu la tâche difficile. Or on n'a pas cédé dont on a fait une énorme recherche afin de déterminer tous les paramètres

En bref on a su le cycle de vie de la caisse : conception, cycle d'injection (plastification, remplissage, maintien, refroidissement et éjection de la caisse).



# **ANNEXES**

## Annexe

GÉNÉRALES	NORMES	VALEURS	UNITÉS
Densité	DIN EN ISO 1183-1	0,91	g/cm <sup>3</sup>
Absorption d'humidité	DIN EN ISO 62	<0,1	%
MÉCANIQUES	NORMES	VALEURS	UNITÉS
Résistance à la traction	DIN EN ISO 527	32	MPa
Allongement à la rupture	DIN EN ISO 527	>50	%
Module d'élasticité à la traction	DIN EN ISO 527	1300	MPa
Résistance au choc <sup>(4)</sup>	DIN EN ISO 179	4	kJ/m <sup>2</sup>
Dureté à la bille	DIN EN ISO 2039-1	-	MPa
Dureté shore D	DIN EN ISO 868	72	Echelle D
Coefficient de frottement à sec		-	
Taux d'usure ou Sand-Slurry		-	µm/km
THERMIQUES	NORMES	VALEURS	UNITÉS
Température de fusion	ISO 11357-3	162 – 167	°C
Conductibilité thermique	DIN 52612-1	0,2	W / (m * K)
Capacité thermique spécifique	DIN 52612	1,7	kJ / (kg * K)
Coefficient de dilatation thermique linéaire	DIN 53752	120-190	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>
Température d'utilisation à long terme	Moyenne	0 à 100	°C
Température d'utilisation à court terme	Moyenne	150	°C
Température de déformation sous charge	DIN EN ISO 75 méthode A	90*	°C
ÉLECTRIQUES	NORMES	VALEURS	UNITÉS
Constante diélectrique	IEC 60250	2,4	-
Facteur de perte diélectrique 50Hz	IEC 60250	0-0019	-
Résistivité volumique	IEC 60093	> 10 <sup>14</sup>	Ω*cm
Résistivité superficielle	IEC 60093	> 10 <sup>14</sup>	Ω
Résistance aux courants de cheminement CTI	IEC 60112	600	-
Rigidité diélectrique	IEC 60243	45	kV/mm

Tableau 1: Caractéristiques du polypropylène

Matière	Retrait en %
PMMA	0.3 à 0.6
PS	0.5 à 0.6
ABS	0.3 à 0.6
PVC	0.4 à 0.5
PC	0.5 à 0.7
PA6	1.5
PA11	1 à 2.5
POM	1.6 à 3.6
PEhd	2.1 à 4.5
PEbd	2
PP	1 à 2.5

Tableau 2: Les retraits de quelques matériaux plastiques

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 arrière coté injection
14	Plaque porte empreinte inférieure
15	Plaque porte empreinte coté injection
16	Plaque porte empreinte coté éjection
17	Ejecteur
18	Plaque porte empreinte supérieure

Tableau3: Nomenclature d'un moule d'injection

MATERIAU	$\Phi$ des canaux en mm
ABS, SAN	4,75 à 09,54
POM	3,15 à 00,54
CA	4,7 à 11,1
Acrylique	7,9 à 09,5
Acrylique choc	7,9 à 12,7
Butyrate	4,75 à 09,5
Pa	1,6 à 09,5
PC	4,75 à 09,5
PE	1,6 à 09,5
PP	4,7 à 09,5
PPO	6,35 à 09,5
Polysulfone	6,3 à 09,5
PS	3,15 à 09,05
PVC	3,15 à 09,52

Tableau 4: Diamètre des canaux d'alimentation selon le matériau

Ejecteurs	Schéma associé
Ejecteurs Cylindriques	
Ejecteurs Epaulés	
Ejecteurs à Lames	
Ejecteurs Tubulaires	

Tableau 5: les différents types des éjecteurs

Matière	Propriétés requise	Acier préconisé	Dureté recommandée
Polypropylène (PP) Polystyrène (PS)	Production de masse à faible coût. Bonne aptitude au polissage et à la gravure. Aptitude au chromage, nickelage.	35CMD7 avec éventuellement 0.07 % de S 40CMD8	270/340 HB R=900/1150 MPa 310/340 HB R=1040/1150 MPa
Matières neutre, petites cavités.	Bonne aptitude au polissage. Réalisation de surfaces grenées.	55CND4 55CNDV6 55CNDV5	R1100MPa R1100MPa R1350MPa
Matières non corrosives à taux de charge croissant du haut vers le bas	Bonne résistance aux chocs. Bonne aptitude à l'usinage. Bonne résistance à l'usure. Bonne aptitude au polissage.	45NCD16 Z38CDV5 Z160CDV12	50/52 HRC 49/52 HRC 59/62 HRC
Résines neutres très chargées (30 à 60 % de fibres de verre). Très petites cavités.	Très forte résistance à l'érosion et à l'abrasion. Bonne aptitude au polissage.	Acier rapide MP	62/64 HRC
Matières techniques PEEK, PPS, PES, PEI	Bonne résistance à l'usure et à la chaleur (300 à 500°C).	Acier rapide PM (*) HS 6.5.2 HS 6.5.4	62/64 HRC
Matières corrosives PVC, ABS, PBT. Charges croissantes du haut vers le bas.	Bonne tenue à la corrosion. Bonne aptitude au polissage. Bonne à très bonne résistance à l'usure.	Z10CN17-4 Z35CD17-1 Z40 à Z 60C14 Z100CD17	41/44 HRC 42/52 HRC 42/46 HRC 55/58 HRC
Matière haute qualité (disques optiques, applications alimentaires ou médicales)	Bonne aptitude à l'usinage et au polissage. Bonne tenue à la corrosion.	Z40 à Z60C14 resulfuré Z35CD17-1 resulfuré	45/46 HRC 45/50 HRC

(\*) Pour problème d'aptitude au polissage (répartition de fins carbures)

Tableau 6 : Le matériau et l'acier du moule convenable

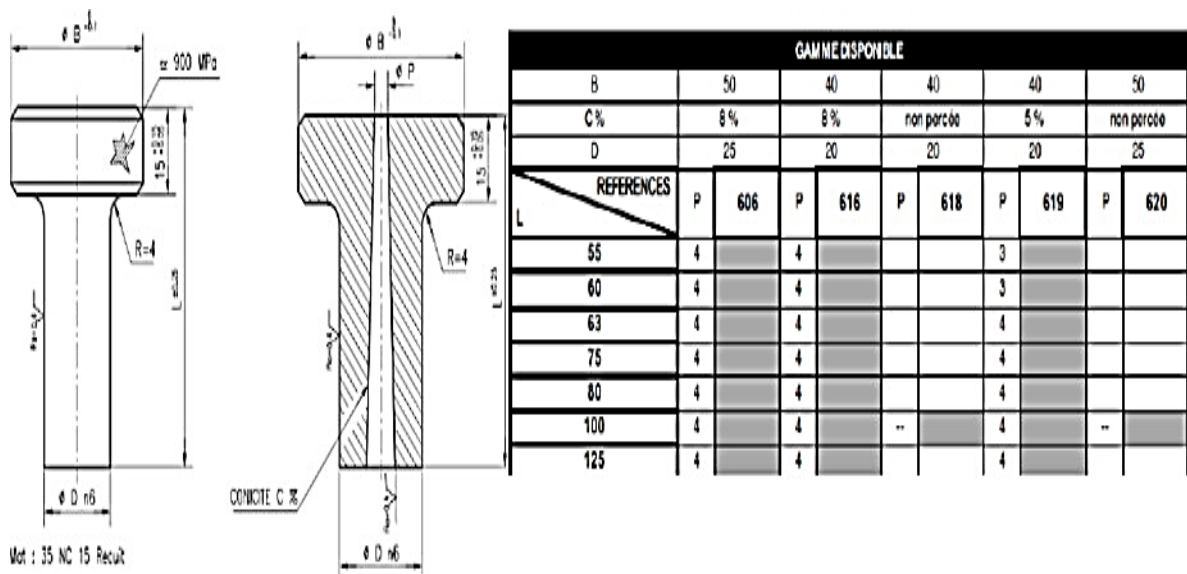


Tableau 7 : Gamme de buse d'injection et paramètre de choix

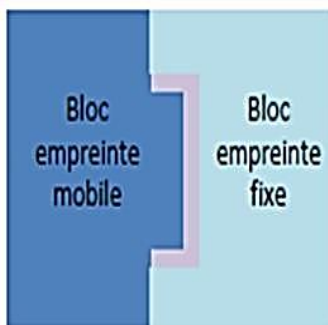
		Avantages	Inconvénients
1	Canal cylindrique	<ul style="list-style-type: none"> <li>C'est le canal le plus performant,</li> <li>Il offre une section d'écoulement maximale pour un périmètre minimal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Usinage sur 2 plaques du moule. Cependant avec les machines à commande numérique cet inconvénient disparaît.</li> <li>Utilisation difficile avec les moules 3 plaques.</li> <li>Impossibilité dans le cas de canaux sous chariot</li> </ul>
2	Canal cylindrique plus dépouille pour déporter le plan de joint	<ul style="list-style-type: none"> <li>Usinage sur une seule plaque</li> <li>Utilisation avec les moules 3 plaques.</li> <li>Idéal pour le choix de canaux sous chariot</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Difficulté pour la réalisation de l'outil spécial : affutage délicat.</li> <li>Obligation d'utilisation d'outil non-standard</li> <li>Perte de matière par rapport au canal rond</li> </ul>
3	Canal trapézoïdal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Usinage sur une seule plaque</li> <li>Utilisation avec les moules 3 plaques.</li> <li>Outil spécial plus facile à affuter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perte de matière par rapport au canal rond</li> <li>Obligation d'utilisation d'outil non-standard</li> </ul>
4	Canal 1/2 cylindrique	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simplicité d'usinage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mauvais écoulement</li> </ul>
5	Canal rectangulaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>Facilité d'exécution</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mauvais démoulage</li> <li>Mauvais écoulement</li> </ul>

Tableau 8: Les différentes formes des canaux d'alimentation

Type de seuil	Schéma associé
Seuil direct	
Seuil Capillaire	
Seuil dit Sous-marin ou en Tunnel	
Seuil dit en Courge ou Tunnel courge	
Seuil dit en Toile	

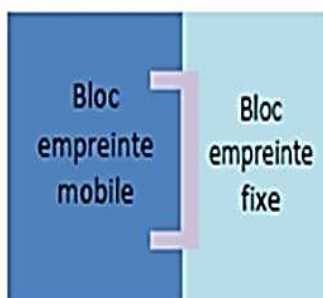
Tableau 9: Les différents types de seuil

Position 1 :



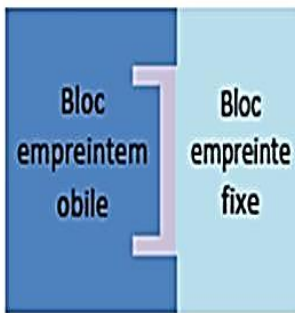
Avantages	Inconvénients
L'empreinte dans la partie fixe est relativement simple L'éjection de la pièce est facilitée	Usinage des deux coté du moule Le positionnement des deux blocs empreintes doit être assuré.

Position 2 :



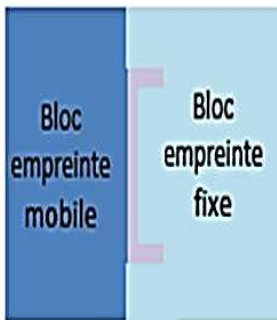
Avantages	Inconvénients
L'empreinte dans la partie fixe est relativement simple	Apparition d'une ligne de joint sur la pièce Usinage des deux coté du moule Le positionnement des deux blocs empreintes doit être assuré. Difficulté d'éjection de la pièce.

**Position 3 :**



Avantages	Inconvénients
Partie fixe du moule non usinée (=face miroir) Pas de positionnement des deux blocs empreintes à assurer.	Ejection encore plus difficile

**Position 4 :**



Avantages	Inconvénients
Partie mobile du moule non usinée (=face miroir)	La pièce reste bloquée dans la partie fixe. (donc position impossible)

Tableau 10: Les différentes positions du moule

Molding machine		350 tons or less	350 – 850 tons	850-3000 tons
		350 tons or less	350 – 850 tons	850-3000 tons
Mold parts				
DW&DL		60 – 80 mm	100-150 mm	100-200 mm
DH		60-100 mm	100-150 mm	150-200 mm
C		50-60 mm	60-70 mm	60-70 mm
Clamp thickness		25-30 mm	30-40 mm	40-50 mm
Ejector plate thickness	Retainer	15-25 mm	25-40 mm	40-50 mm
	Lower	20-30 mm	30-40 mm	40-50 mm
Spacer block Width		40-80 mm	80-100 mm	100-125 mm
Support pillars		Ø30-50 mm	Ø50-80 mm	Ø80-120 mm
Guide pin		Ø20-40 mm	Ø40-50 mm	Ø60-100 mm
Ejector leader pin		Ø15-25 mm	Ø30 mm	Ø40 mm
Return pin		Ø15-25 mm	Ø25-30 mm	Ø35-40 mm
Main mold tightening bolt		M12-M16	M16-M20	M20-M24
Ejector plate tightening bolt		M8-M10	M12-M16	M16-M20
Ejector rod		Ø32	Ø32 / Ø52	Ø32 / Ø52

Tableau 11: Le dimensionnement des différents coté du moule

Material	Diameter		Material	Diameter	
	mm	inch		mm	inch
<b>ABS, SAN</b>	<b>5.0-10.0</b>	<b>3/16-3/8</b>	<b>PET</b>	<b>3.0-8.0</b>	<b>1/8-5/16</b>
<b>Acetal</b>	<b>3.0-10.0</b>	<b>1/8-3/8</b>	<b>Polyethylene</b>	<b>2.0-10.0</b>	<b>1/16-3/8</b>
<b>Acrylic</b>	<b>8.0-10.0</b>	<b>5/16-3/8</b>	<b>Polypropylene</b>	<b>5.0-10.0</b>	<b>3/16-3/8</b>
<b>Nylon</b>	<b>2.0-10.0</b>	<b>1/4-3/8</b>	<b>Polystyrene</b>	<b>3.0-10</b>	<b>1/8-3/8</b>
<b>Polycarbonate</b>	<b>5.0-10.0</b>	<b>3/16-3/8</b>	<b>PVC</b>	<b>6.0-16</b>	<b>1/4-5/8</b>

Tableau12: diamètre des canaux de refroidissement selon les matériaux choisis

Matière	°C Matière	°C Moule	°C Figeage	°C Démoulage	Densité	Pression empreinte (bars)
ABS	240	60	140	75	1.05	400
PA6	240	60	190	100	1.13	300
PA66	280	80	220	120	1.14	300
PBT	260	80	200	100	1.29	400
PC	280	60	200	90	1.34	400
PEBD	230	25	120	70	0.93	300
PEHD	250	50	120	80	0.95	300
PMMA	240	80	130	90	1.18	400
POM	205	90	165	120	1.42	400/500
PPO	285	80	200	100	1.08	400
PP	240	35	110	70	0.9	300
PS	230	40	120	75	1.03	400
PVC Rigide	185	50	120	80	1.4	400

Tableau13: Les différentes températures de différents



Diamètre de la vis	Mm	80	85	90
Rapport L/D de vis	L/D	22,3	21	19,8
Poids de tir	Gramme	1948	2200	2466
Capacité d'injection	Cm <sup>3</sup>	2141	2418	2710
Pression d'injection	Mpa	188	167	149
Théorique débit d'injection	G/s	427	482	541
En plastique capacité	G/s	80	100	118
Course d'injection	Mm		425	
Vis de couple	N. m		5170	
Max vis tournent la vitesse	R/min		150	
Force de serrage	Tonnes		550	
Course d'ouverture	Mm		820	
Espace entre les tirants	Mm		810 x 810	
Taille de moule	Mm		350 ~ 820	
Max jour	Mm		1640	
Éjecteur de force	Tonnes		15	
Course d'éjecteur	Mm		210	
Éjecteur quantité			13	
Pompe à huile moteur	Kw		55	
Pompe à pression	Mpa		16	
Puissance de chauffage	Kw		33	
Taille de la Machine	M		8,4*2,2*2,6	
Poids de Machine	Tonnes		23,5	
Capacité du réservoir d'huile	L		1000	
Désignation internationale			5500-4040	

Tableau 14: La presse d'injection utilisée et ses caractéristiques

## Références

---

### Références

- [1] Agassant J.-F., Avenas P., Sergent J.-P., Vergnes B., Vincent M., La mise en forme des matières plastiques, approche thermomécanique, Lavoisier, 1996
- [2] Saada Bechir, Cours génie mécanique : techniques mise en forme matériaux plastiques, 2018.
- [3] <https://www.paprec.com> , Comprendre le recyclage plastique (cycle du recyclage bouteilles plastiques) ,2020.
- [4] Trotignon.P.J Et Dobraczynski.A – Piperaud.M. Matières plastiques : Structures-Propriétés, Mise en œuvre, Normalisation. Editions Nathan, Paris 1996.
- [5] Heddar Djamel Eddine., « Etude et conception à l'aide de l'outil CAO d'un moule a injection plastique » mémoire de magister, département de mécanique, université de Biskra, 2014.
- [6] Djoudi.T, Djemia.H., Etude de la phase de remplissage du moulage par injection dans le cas d'un moule secteur. Projet de fin d'étude, Université Mohamed Khider Biskra Juin (2001).
- [7] Midoux.N. , Mécanique et rhéologie des fluides. Technique et Documentation, Lavoisier (1993).
- [8] Benoit Watremetz, Modèle thermomécanique 3D d'un matériau à gradient de propriétés a l'aide de techniques multi grilles. Application aux moules d'injection de polymères. Thèse doctorat institut national des sciences appliquées de Lyon, 2006
- [9] Dakumar Machinery Co., Ltd ., Catalogue , product detail 2014-new plastic fruit crate injection molding machine
- [10] Farhat ghanem., Cours de ENSIT, Procédés d'obtention des matériaux plastiques et composites 2015.

## Références

---

[11] Le lycée Arvez Carme de Balignat 01100., STI2D : Transformation de la matière par injection plastique, Documentation des élève.2015.

[12] Feriel Belcadhi, Documentation ,Injection thermoplastique, moulage par injection, [www.usinenouvelle.com](http://www.usinenouvelle.com).2.15

[13] Taher H et louati.H, cours matieres plastiques, conception des moules d'injection des matieres plastique,2016.

[14] Farhat ghanem., Cours de ENSIT, Plasturgie ,Technologie les moules d'injection ,2015.

[15] Taher H et louati.H, Fiche de connaissances injection innovation technologique et eco conception ressources : injection des matières plastique,2016.