



RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE

ET

POPULAIRE



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

**UNIVERSITE SAAD DAHLAB BLIDA1.**

Faculté de Technologie.

**Département de Génie Mécanique**

*Mémoire de Fin d'Études.*

*diplôme Master 2*

**FABRICATION**

**MÉCANIQUE ET**

**PRODUCTION**

**Thème**

***Procédure de conception d'un moule à injection  
plastique d'un couvercle pour Goblet***

Proposé et dirigé par :

MR.TEMMAR

Réalisés par les étudiants :

- LALAOUI HICHEM

- ARBIA OUSSAMA ABDELGHANI

ANNÉE 2020/2021



# *Dédicaces*

*je dédie ce travaille*

*a ma très chère mère ,*

*Quoi que je fasse ou que je disse, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les **différents obstacles***

*A mon très cher père,*

*Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager. Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection*

*A ma très cher grand mère ,*

*qui ma élever et soutenu dans tout ma vie qui a prié pour moi je ne serait point te remercie mami*

*A mon très cher frère **KHOUYA AKRAM** , pour sont encouragements, et sont soutiens sur tout morale , que dieu te garde prés de moi dans tout ma vie*

*aussi a ma très pour ma petite sœur, qui me dérange dans ma vie me je l'aime quand même*

*A Tous mes amis et collègues et cousin , **NABILE MOUNIR ABDESAMI OUSSAMA** je vous remercie infiniment*

*LALAOUI HICHEM*

# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail*

*A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études*

*A mon très chère frère HAMZA et sa femme , je vous remercie infiniment de votre soutien mentale et vos prière dans tout ma vie sur tt ca femme qui ma aider beaucoup dans mes études*

*A mon très chère frère messaab et sa femme , aussi j vous remercie de votre soutien moralement et matériellement, jamais j vais oublier ce que vous avais fait pour moi*

*A mon très chère frère Mohamed et sa femme, et bilal et sa femme , Mercie infiniment je vous aime*

*a ma très chère sœur , que j'aime énormément j te remercie pour tes prier ton soutien dans tout ma vie je t'aime très fort ma grande sœur que die de garde pour moi*

*a mes très chère amie , mohamed , kadiro , aboubakre , hichem et a tout mes collègue et amie*

**ARBIA OUSSAMA ABDELGHANI**

# Remerciements

Après avoir rendu grâce à ALLAH, le tout puissant on tient à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à ce modeste projet et qui ont contribué à son aboutissement.

On voudrait dans un premier temps à exprimer nos gratitudees envers notre promoteur Monsieur **TEMMAR** , notre Professeur et chef de département mécanique à l'université,saad dahleb blida 01 sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils qui ont contribué à alimenter nos réflexions.

On remercie en particulier de l'entreprise SARL TCHNO MOLDING COMPANY , et Monsieur l'ingénieur YOUNES de nous avoir bien accueilli au sein de son entreprise, A pour sa disponibilité et son assistance précieuse qui nous a offert

On tient à remercier les membres du jury qui nous font l'honneur d'examiner notre travail.

On adresse nos sincères remerciements à nos chers parents, qui ont toujours été là pour nous. Leurs soutiens inconditionnels et leurs encouragements tout au long de nos études.

Et enfin, on remercie également tous nos amis et collègues étudiants pour leurs encouragements.

# SOMMAIRE

1. Introduction générale.....	01
<b>I. Chapitre I : généralités sur les matières plastiques.....</b>	<b>02</b>
1) introduction:.....	03
2) histoire du plastique :.....	04
3) les plastiques :.....	05
4) les polymères :.....	05
a) définition d'un polymère :.....	05
b) l'origine du plastique :.....	06
c) thermoplastiques :.....	07
d) polymères amorphes:.....	07
e) Polymères cristallins :.....	07
f) Polymères semi-cristallins :.....	07
g) thermodurcissables :.....	09
h) les élastomères :.....	10
i) les différents états des polymères.....	10
j) appellation et symboles :.....	11
k) coloration des matières plastiques :.....	12
l) colorant à sec:.....	13
m) Colorants dans la masse :.....	13
n) Recyclage :.....	13
o) Propriétés mécaniques :.....	13
<b>conclusion :.....</b>	<b>14</b>

## **II. chapitre II : procède de production par injection**

<b>thermoplastique.....</b>	<b>15</b>
1) Introduction :.....	16
2) Principe du procède :.....	16
3) Déroulement du cycle d'injection :.....	16
4) la structure de presse d'injection.....	17
5) Les Phases de moulage par injection .....	18
6) Les vis d'injection:.....	22
7) Caractéristiques des presses à injection.....	24
8) Autre procédés de transformations du plastique par injection:.....	25
<b>Conclusion.....</b>	<b>31</b>

## **III. Chapitre III : technologie des moules.....32**

1. Introduction.....	33
2. Différents familles de moule.....	33
3. Composants principaux du moule et leurs rôles .....	37
4. Composition du système d'alimentation.....	38
5. Implantation des canaux.....	41
6. Équilibrages des écoulements dans le canal.....	41
7. Fonction régulation thermique(refroidissement).....	43
8. Autres fonctions.....	44
9. Défauts de qualité due à une mauvaise conception du moule.....	44
10.Démoulage éjection :.....	46
11.choix des éjecteurs.....	47

<b>conclusion</b> .....	48
<b>IV. chapitre IV : présentation du projet</b> .....	49
<b>1) Problématique</b> .....	50
<b>2) Logiciel de conception et simulation</b> .....	50
<b>3) Démarches du projet</b> .....	51
<b>4) Étude du produit</b> .....	52
a) Présentation du produit .....	52
b) Fiche technique du produit.....	53
c) Cahier des charges :.....	54
d) Choix du matériau.....	56
<b>5) Étude rhéologique</b> :.....	57
a) Introduction.....	57
b) Dimensionnement du système d'alimentation.....	57
c) Dimensionnement du seuil d'injection.....	59
d) Dimensionnement du canaux d'alimentation.....	60
e) Dimensionnement de la carotte.....	62
f) Dimensionnement du systèmes de refroidissements.....	64
g) Détermination du cycle optimale du moulage.....	66
h) Quantité moulé par heurs.....	67
i) Quantité de chaleur évacué pour refroidir le polymère.....	68
<b>1. Conception du moule</b> .....	68
a) Introduction .....	68
b) Logiciel utiliser.....	68



c) Étape de la conception du moule.....	69
d) Conception de la partie fixe et mobile du moule.....	69
e) Implantation du circuits de refroidissements.....	72
f) Les éjecteur.....	72
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>74</b>

# LISTE DES TABLEAU

## CHAPITRE I :

<b>Tableau (I.1) :</b> date importante de découverte.....	04
<b>Tableau(I.2) :</b> Date de commercialisation des principaux plastiques et exemples d'applications .....	08
<b>Tableau(I.3) :</b> montre les avantages et les inconvénients des thermoplastiques.....	09
<b>Tableau(I.4):</b> montre les avantages et les inconvénients des thermo durcissable.....	10
<b>Tableau (I.5) :</b> Appellation et Symboles des matières plastiques.....	11
<b>Tableau(I.6) :</b> Propriétés mécaniques et thermiques du PP.....	12
<b>Tableau (I.7) :</b> Propriétés mécaniques et thermiques du PE bd.....	12
<b>Tableau(I.8) :</b> Caractéristiques mécaniques.....	13

## chapitre III :

<b>Tableau (III.01) :</b> Critères de choix des différents types de canaux.....	40
<b>Tableau(III.02) :</b> Critères de choix des différents types des seuils d'injection..	42

## CHAPITRE IV :

<b>Tableau (IV.01):</b> dimensions et cotes de produit .....	53
<b>Tableau (IV.02) :</b> cahier de charge.....	54
<b>Tableau (IV.03):</b> autre caractéristiques .....	56
<b>Tableau (IV.04) :</b> caractéristiques techniques du polymères pp.....	56
<b>Tableau (IV.05) :</b> les paramètres recommandé pour calculer le seuils.....	59



# LISTE DES FIGURE

## CHAPITRE I :

Figure.(I.1): Origine végétale.....	06
Figure.(I.2): Origine naturelle .....	06
Figure. (I.3) : Morphologie des thermoplastique.....	07
Figure. (I.4) : Morphologie des thermodurcissables.....	09
Figure. (I.5) : États des polymères.....	10

## chapitre II :

Figure(II.1): Phases de moulage par injection.....	16
Figure (II.2) : structure presse injection.....	17
Figure. (II.3) : phase de plastification .....	18
Figure. (II.4) : phase de remplissage.....	19
Figure. (II.5) : phase de compactage.....	19
Figure. (II.6) : phase de refroidissement et d'éjection de la pièce .....	20
Figure. (II.7) : Déroulement d'un cycle d'injection .....	20
Figure (II.8):cycle du moulage .....	21
Figure (II.9) :Vis du groupe d'injection .....	22
Figure ( II.10) : zone d'alimentation.....	22
Figure (II.11) :Les différentes phases de transformation du polymère dans le système vis fourreau.....	23
Figure (II.12) :procèdes de soufflage.....	25
Figure.(II-13): extrusion.....	26
Figure.(II-14): Extrusion gonflage.....	27
Figure(II-15 ) : procèdes extrusion soufflage .....	27
Figure.(II-16): L'expansion moulage.....	28
Figure.(II-17): Thermoformage.....	29

<b>Figure. (II-18) : Calandrage .....</b>	<b>30</b>
---	-----------

### **CHAPITRE III :**

<b>Figure(III.01) :Représentation schématique d'un moule standard .....</b>	<b>33</b>
<b>Figure(III.02) : Fonctionnement d'un moule à deux (02) plaques.....</b>	<b>34</b>
<b>Figure(III.03) :Fonctionnement d'un moule à trois (03) plaques.....</b>	<b>35</b>
<b>Figure (III.04): Fonctionnement d'un moule à tiroir.....</b>	<b>36</b>
<b>Figure(III.05) :Moule multi-empreintes Canal chaud – bloc chaud .....</b>	<b>37</b>
<b>Figure(III.06): Description de la buse du moule.....</b>	<b>38</b>
<b>Figure (III.07) : CAROTE .....</b>	<b>39</b>
<b>Figure(III.08) : Les différents types de canaux d'alimentation et leurs usinages associés .....</b>	<b>39</b>
<b>Figure (III.09) : Composition d'un canal d'alimentation .....</b>	<b>41</b>
<b>Figure(III.10): Disposition circulaire des empreintes dans un moule .....</b>	<b>41</b>
<b>Figure(III.11) : Disposition linéaire des empreintes dans un moule.....</b>	<b>41</b>
<b>Figure(III.12) :Circuit de refroidissement des plaques de moules.....</b>	<b>44</b>
<b>Figure(III.13) : bavure due à une mauvaise conception du moule.....</b>	<b>44</b>
<b>Figure(III.14):Retassure due à une mauvaise conception du moule.....</b>	<b>45</b>
<b>Figure(III.15):Effet diesel due à une mauvaise conception du moule.....</b>	<b>45</b>
<b>Figure(III.16) Gauchissement due à une mauvaise conception du moule.....</b>	<b>45</b>
<b>Figure(III.17):Ligne de soudure due à une mauvaise conception du moule.....</b>	<b>46</b>
<b>Figure (III.18): Éjection par Bloc d'éjection ou pavé d'éjection et les défauts à éviter..</b>	<b>47</b>

### **chapitre IV :**

<b>Figure (IV.1) Organigramme montrant les démarches suivies pour réaliser le projet.....</b>	<b>51</b>
<b>Figure(IV.2) Présentation générale du produit à étudier.....</b>	<b>52</b>
<b>Figure(IV.3): Positionnement du couvercle dans le Goblet.....</b>	<b>52</b>

<b>Figure(IV.4):</b> hauteur de la pièces .....	53
<b>Figure(IV.5) :</b> diamètre de la pièces.....	53
<b>Figure(IV.6) :</b> hauteur du moule.....	55
<b>Figure(IV.7) :</b> largeur du moule.....	55
<b>Figure (IV.8):</b> représentation de la grappe.....	58
<b>Figure (IV.09) :</b> épaisseur de la pièces.....	58
<b>Figure(IV.10):</b> longueur du seuils.....	60
<b>Figure( IV.11):</b> Choix du Dr en fonction.....	61
<b>Figure (IV.12):</b> Choix du Lf en fonctionde la masse et l'épaisseur.....	61
<b>Figure(IV.13) :</b> longueur canal .....	62
<b>Figure( IV.14):</b> Représentation de la carotte.....	63
<b>Figure(IV.15) :</b> systèmes de refroidissements.....	65
<b>Figure (IV.16) :</b> analyse de dépouille.....	69
<b>Figure(IV.17) :</b> représentation de la grappe.....	70
<b>Figure(IV.18) :</b> batterie d'éjection.....	70
<b>Figure (IV.19) :</b> colonne de guidage .....	71
<b>Figure(IV.20):</b> bague de guidage .....	71
<b>Figure(IV.21) :</b> bague de centrage.....	71
<b>Figure(IV.22) :</b> canaux de refroidissement.....	72
<b>Figure(IV.23) :</b> les différent éjecteur dans le moule.....	72
<b>Figure(IV.24) :</b> éjecteurs au repos .....	73
<b>Figure(IV.25) :</b> éjecteur au moment de l'éjection de la pièces.....	73
<b>Figure(IV.26) :</b> la buse d'injection .....	73











## **1. Introduction générale**

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'intérieur 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.

**I. CHAPITRE I**

**GÉNÉRALITES SUR LES MATIERES PLASTIQUES**

## **1) Introduction :**

L'injection est aujourd'hui l'un des procédés les plus utilisés pour la fabrication en moyen et en très grande série dans la bonne matière, c'est une technique de mise en forme essentiellement appliquée aux thermoplastiques. Cependant elle commence à être appliquée aux thermodurcissables. Elle est utilisée dans de très nombreux domaines : l'automobile, l'électronique, la robotique, le médical l'aéronautique, l'aérospatial, Téléphones, seringues, pare chocs, capots, carters, boîtes...

La qualité d'un objet injecté dépend de trois critères :

1. La conception des formes de la pièce.
2. La conception et la qualité de réalisation de l'outillage (le moule).
3. Les conditions et les paramètres de moulage (injection).

Ces objets peuvent être obtenus par moulage qui permet de produire très rapidement (en une seule opération) des objets de qualité en grande quantité, même si les formes sont complexes, dans des gammes de poids allant de quelques grammes à plusieurs kilogrammes.

L'étude et la Conception d'un moule constitue la plus importante étape dans le processus de production du produit, L'étude fait appel à des connaissances qui s'étalent sur une diversité de problèmes : Thermique, Mécanique des fluides, Rhéologique ....

La matière, les paramètres d'injection, la spécifié du moule et l'empreinte constituent une série à Etudier à chaque conception, donc L'étude portera sur l'injection d'une caisse : conception de la caisse, dimensionnement du moule, Etude de la partie thermique, simulation d'injection. L'optimisation portera sur le choix idéal de la matière à injectée ainsi une optimisation de l'état des surfaces fonctionnelles de la pièce et les paramètres d'injection les plus appropriés pour cette pièce.

## 2) Histoire du plastique :

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

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

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

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

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

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

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

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

### 1. Date importante de découvert :

Date de découvert	Produit découvert	Découvert par
1913	PVC	Par le professeur KLATTE
1924	plexiglas	Par BAKER
1933	polystyrène	Par WUFF en Allemagne
1935	polyéthylène	Grand Bretagne par FAWCETTE et GIBSON
1938	téflon	Par l'ingénieur ROY J. PLUNCKETT
1946	abs	Aux U S A
1954	polypropylène	Par l'italien NATTA

**Tableau (I.1) : date importante de découverte**

### 3) 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 avec un principe actif, un agent de conduction, etc.

### 4) Les polymères:

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

#### a) Définition d'un polymère :

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

Dans la macromolécule suivante  $\dots A-A-A-A-A-A \dots = [-A-]$  l'unité constitutive est

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

La macromolécule peut comporter jusqu'à 50 000 atomes de carbone, et pour de nombreux polymères commerciaux la masse molaire peut atteindre 1 000 000 g.mol. Certaines macromolécules deviennent ainsi visibles à l'œil nu (matériaux réticules par exemple). La synthèse d'un polymère peut être assimilée à un jeu de construction dans lequel on dispose de pièces élémentaires mono, di fonctionnelles ou de fonctionnalité strictement supérieure à 2. On appelle fonctionnalité le nombre de liaisons que la pièce est capable d'établir avec une autre pièce.

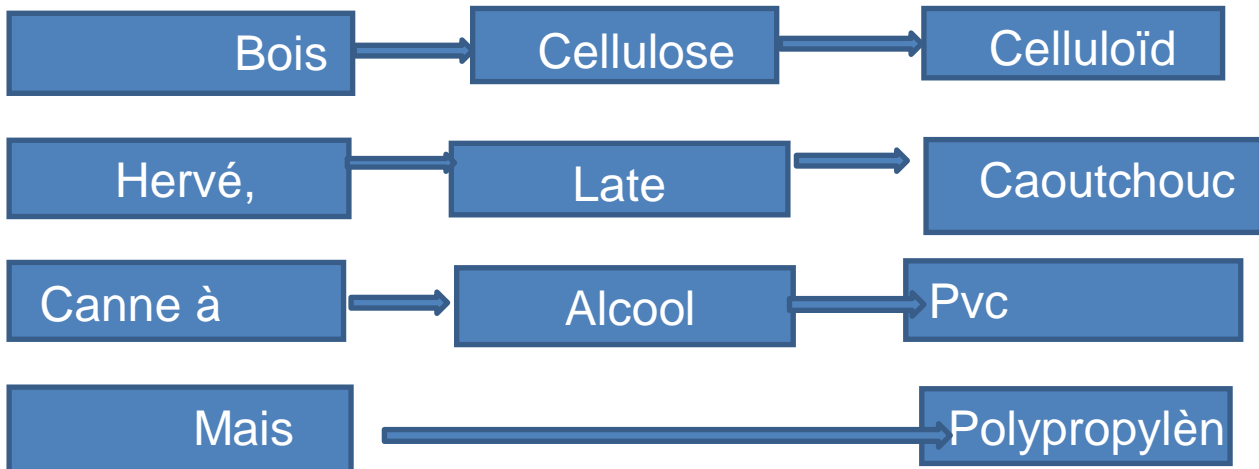
Quand

les motifs associés sont identiques, on parle d'homopolymère. Sinon, ce sont des copolymères

: bi polymères, ter-polymères sont les plus communs.

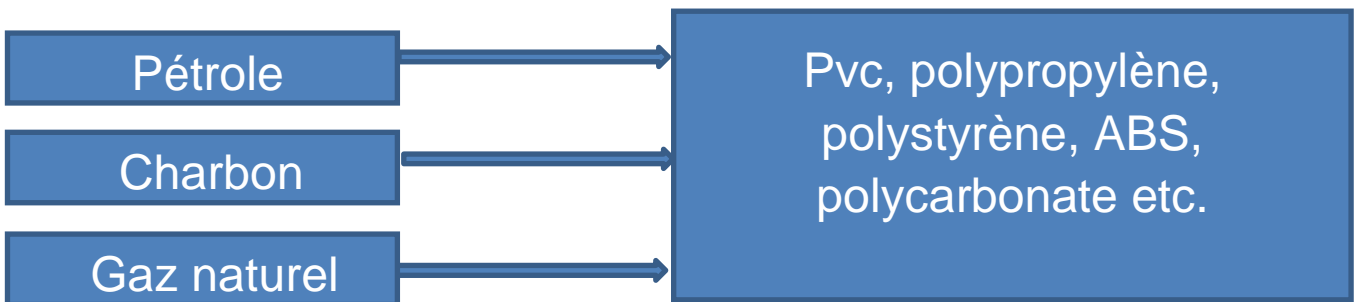
**b) L'origine du plastique :**

- Origine végétale :



**Fig.(I.1):** Origine végétale :

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



**Fig.(I.2):** Origine naturelle : (90% de la production plastique)



**c) Thermoplastiques :**

Les thermoplastiques sont des solides généralement souples, formés de chaînes distinctes bien compactées et plus ou moins linéaires.

Ils présentent la particularité de s'écouler à la chaleur, ce qui facilite leur mise en forme. Ils sont repartis en trois grandes familles : les *amorphes*, *cristallins* et les *semi-cristallins*. Cette *morphologie* a une influence importante sur les propriétés des polymères thermoplastiques .

**d) Polymères amorphes:**

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

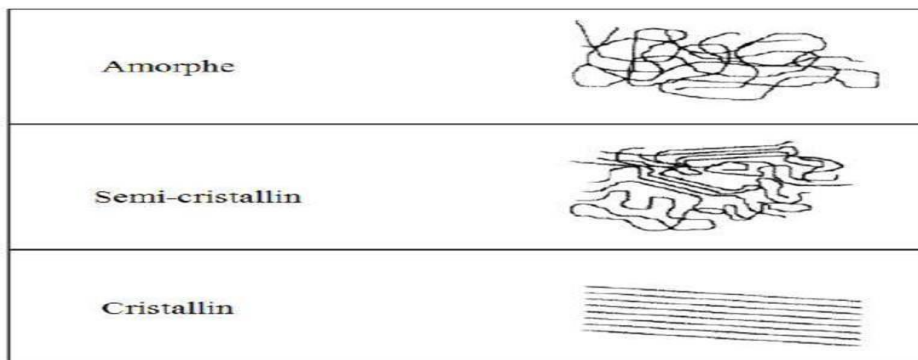
**e) Polymères cristallins :**

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

**f) Polymères semi-cristallins :**

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

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



**Fig. (I.3) : Morphologie des thermoplastiques**

<b>Polymères</b>	<b>Date de première production</b>	<b>Applications</b>
<b>PS</b>	1933 : mise en production en Allemagne par le docteur Wolff	Isolant pour poste TSF, stylos, capsules pour tubes, éléments de masques à gaz...
<b>PE</b>	1939 : première usine en Allemagne, production de quelques centaines de tonnes par an.	Isolation des câbles à haute fréquence des radars. En 1944 premier tube pour canalisation d'eau en Grande Bretagne.
<b>PVC</b>	1935 : première production à Ludwigshafen (Allemagne)	Isolation des câbles aux Etats-Unis
<b>PP</b>	1956 : Hoechst met en service le premier pilote de production du PP en Allemagne	En 1962 il est utilisé comme ficelle et film agricole en France. En 1963 production des premières pièces injectées (bouchons, peignés,...)
<b>PUR</b>	1940 : mise en production en Allemagne.	Isolation des sous marins et avions de combats.

**tab(I.2) Date de commercialisation des principaux plastiques et exemples d'applications :**

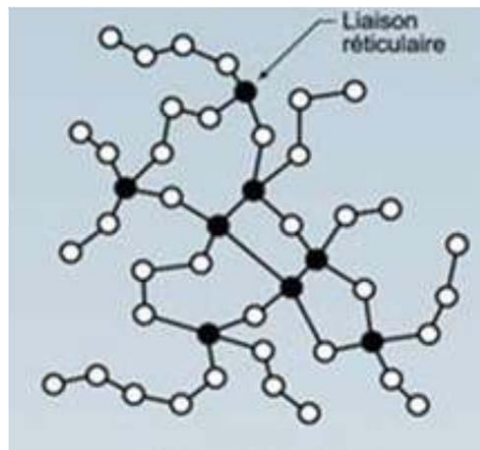
• **Avantages et désavantages des thermoplastiques :**

<b>Avantages</b>		<b>Inconvénients</b>
- Stabilité dans le temps (pas de polymérisation au cours du temps) - Recyclable (on peut les liquéfier à nouveau) - Facile à réparer (par soudure ou collage) - Post-formable		- Forte viscosité du fondu - Fluage
<b>Amorphe</b>	<b>Cristallin</b>	
- Bonne résistance aux impacts - module plus élevé	- Moindre retrait au refroidissement - plus grande dureté	

**tab(L.3) :montre les avantages et les inconvénients des thermoplastiques**

**g) Thermodurcissables :**

Les thermodurcissables ou thermodurcis ont une structure en réseau tridimensionnel, ce qui rend leur fusion impossible. La rigidité ainsi que la stabilité thermique du polymère est liée au taux de réticulation, c'est à dire à la densité de points de liaison entre les chaînes macromoléculaires.



**Fig. (I.4) : Morphologie des thermodurcissables**

• **Avantages et désavantages des thermodurcissables:**

Avantages	Inconvénients
- Faibles viscosité de la résine - Bon mouillage des fibres - Bon stabilité thermique après polymérisation - Résistance aux agressions chimiques - Peu sensible au fluage	- Cassant - Non recyclable par techniques standard - Non pas formable

**tab (I.4):montre les avantages et les inconvénients des thermodurcissables**

**h) Les élastomères :**

Les élastomères sont des solides souples et gonflables formés de chaînes peu compactées et (à température ambiante) très mobiles (matériau caoutchouteux)

**i) Les différents états des polymères :**

En fonction de la température, un polymère peut se présenter dans trois états différents qui correspondent à un accroissement des volumes libres intermoléculaires avec la température et une diminution des forces de liaisons.

On peut repérer ces états en suivant le graphe de la masse volumique ou du module d'élasticité  $E$  en fonction de la température. La température ambiante pouvant se trouver dans l'une des trois zones selon le polymère considéré

➤ **1 état vitreux (A)**

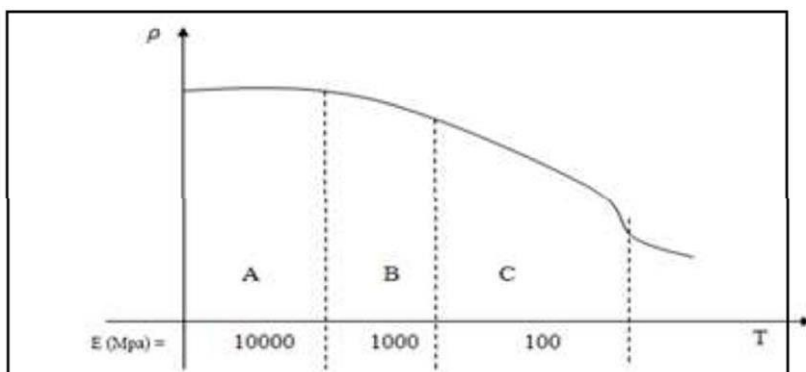
Les verres organiques n'admettent que de très faibles déformations.

➤ **1 état de transition (B)**

On rencontre les polymères linéaires thermoplastiques et les polymères réticulés dont la décomposition chimique se produit avant la fusion.

➤ **1 état caoutchouteux (C)**

Les élastomères sont formés de très longues molécules reliées entre elles par des points de jonction relativement rares



**Fig. (I.5) : États des polymères**

**j) Appellation et Symboles :**

La chimie des matières plastiques ainsi que sa technologie ont fait apparaître une série d'appellation spécifique dont l'utilisation orale n'est pas facile

Ces appellations sont souvent remplacées par des symboles utilisés par l'ensemble des ouilleurs et des plasturgistes

Symboles	Appellation	Symboles	Appellation
<b>ABS</b>	Acrylonitrile butadiène styrène	<b>PP</b>	Poly Propylène
<b>APV</b>	Alcool Polyvinylique	<b>PPE</b>	Copolymère de polypropylène d'éthylène
<b>BMC</b>	Bull Mol ding Compound	<b>PPO</b>	Poly oxyde de phényle
<b>CA</b>	Acétate de Cellulose	<b>PPS</b>	Polysulfure de phényle PE hd réticule
<b>CAB</b>	Acétobutyrate de Cellulose	<b>PRC</b>	Polystyrène
<b>CFE</b>	Chlorofluréthylène	<b>PS</b>	Polystyrène choc
<b>DAC</b>	Diallèle Carbonate	<b>PSC</b>	Polysulfone
<b>DAP</b>	Diallèle phtalate	<b>PSF</b>	Polyuréthane
<b>EP</b>	Epoxyde	<b>PU</b>	Butyral de polyvinyle
<b>EPF</b>	Polyéthylène propylène fluoré	<b>PVB</b>	Polychlorure de vinyle
<b>EPD</b>	Ethylène propylène diane	<b>PVC</b>	Réaction injection
<b>M</b>	Monomère	<b>RIM</b>	molding Silicone
<b>EP</b>	Ethylène propylène monomère	<b>SI</b>	Thermodurcissable
<b>EP</b>	Polyamide	<b>TD</b>	Textile enduit
<b>M</b>	Polyacry lontrille	<b>TEP</b>	plastique
<b>PA</b>	Poly butylène téréphtalate	<b>TP</b>	Thermoplastique
<b>PAN</b>	Polyéthylène Exposé		
<b>PBT</b>	Poly ethersulfone		
<b>PEE</b>	Polyéthylène lènetéréphtate		
<b>PES</b>	Phénol – Formol		
<b>PET</b>	Poly fluoré éthylène		
<b>PF</b>	Poly imide		
<b>PFE</b>			
<b>PI</b>			

**Tab (I.5) : Appellation et Symboles des matières plastiques**

• **Les caractéristiques des polymères synthétiques les plus utilisés**

**Le Polypropylène (PP) :**

<b>Exemple de caractéristique de deux matières plastiques (PP)</b>		
POLYPROPYLENE (PP)	<p><b>Origine :</b> Propylène  <b>Structure :</b>                      Cristalline <b>Retrait :</b> 1 à 2.8 %  <b>Densité :</b> 0.9  <b>Mise en œuvre :</b> injection, Extrusion, estampage, thermoformage.  <b>Températures :</b>                      -de moulage : 210 à 300 °C                      -du moule : 20 à 90 °C                      -de fusion : 64 °C                      -d'Utilisation : 0 à 120 °C</p>	<p><b>Avantages :</b>                      -Bonne résistance à la flexion.                      -Bonne propriétés électriques.                      -Bonne Résistance mécanique.                      -Bonne résistance aux produits chimiques  <b>Inconvénients :</b>                      -inserts métalliques à basse de cuivre déconseillés.                      -Fragile à basse température.                      -retrait non homogène</p>

**Tab(L.6) : Propriétés mécaniques et thermiques du PP**

• **Le Polyéthylène (PE bd) :**

<b>Exemple de caractéristique de deux matières plastiques (PE bd)</b>		
POLYETHYLENE (PE bd)	<p><b>Origine :</b> Ethylène  <b>Structure :</b> Cristalline  <b>Retrait :</b> 1.3 à 2.8 %  <b>Densité :</b> 0.92  <b>Mise en œuvre :</b> injection Extrusion, roto moulage, thermoformage.  <b>Températures :</b>                      -de moulage : 160 à 300 °C                      -du moule : 20 à 60 °C                      -de Fusion : 135 C°                      -d'utilisation : -80 à 110 °C</p>	<p><b>Avantage :</b>                      - meilleurs caractéristiques que PE bd.                      - Rigidité surfaces brillantes                      - Résistance à la température et à l'eau bouillante  <b>Inconvénients :</b>                      - Retrait non homogène                      - Densité plus élevée que polyéthylène basse densité.                      - Prix plus élevé.                      - Décoration difficile</p>

**Tab (I.7) : Propriétés mécaniques et thermiques du PE bd**

**k) Coloration des matières plastiques :**

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

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

Les résines naturelles claires sont colorées claire ou pastel (jaune, Orange). Colorants 11 existe deux types de colorant

**l) Colorant à sec:**

Les granulés vierges sont mélangés dans le tambour avec le colorant choisi.

Un lubrifiant peut être ajouté pour faciliter l'écoulement de la matière dans le moule.

**m) Colorants dans la masse :**

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

**n) Recyclage :**

Certaines fabrications de produits dont le recyclage est envisagé ; sont traitées avec des colorants fluorescents pour une identification ultérieure (parc, chocs, tableaux de bord). Les déchets de fabrication ainsi que les pièces usées peuvent être rebroyées pour être mélangées avec un pourcentage de 10 à 15%

**o) Propriétés mécaniques :**

Les matières plastiques ont une structure interne différente à des métaux et des alliages ; leur comportement sous l'action des efforts est donc différent. En fonction des utilisations envisagées ; il est nécessaire de mouler des éprouvettes et de réaliser des essais (Essai de traction, Essai de flexion, Essai de chocs... etc.) afin de déterminer des contraintes maximales admissibles

Matières	Essai de traction		Essai de flexion
	Résistance (Mpa)	Allongement A%	Contrainte pour F max (Mpa)
<b>Polyester et tissu de verre</b>	<b>35</b>	<b>05</b>	5 - 35 suivant °C
<b>Plexiglas</b>	<b>4.9</b>	<b>03</b>	8 - 12 suivant °C
<b>Polyéthylène</b>	<b>3.9</b>	<b>65 – 105</b>	4 - 15 suivant °C
<b>Polyéthylène</b>	<b>3.5 – 6.3</b>	<b>2 – 40</b>	10 - 25 suivant °C

**Tab (I.8) : Caractéristiques mécaniques**

**Conclusion :**

Actuellement, le plastique est devenu l'un des matériaux les plus importants dans le domaine de la plasturgie et de manière significative dans tous les domaines, car il contient les propriétés physiques et mécaniques.



**II CHAPITRE II :  
II PROCEDE DE  
PRODUCTION PAR  
INJECTION  
THERMOPLASTIQUE**

## II. CHAPITRE II : PROCEDE DE PRODUCTION PAR INJECTION THERMOPLASTIQUE

### 1) Introduction :

Dans la fabrication des pièces mécaniques il existe plusieurs procédés d'usinage, parmi ce procédé on a l'injection thermoplastique.

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.

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

### 2) Principe du procédé :

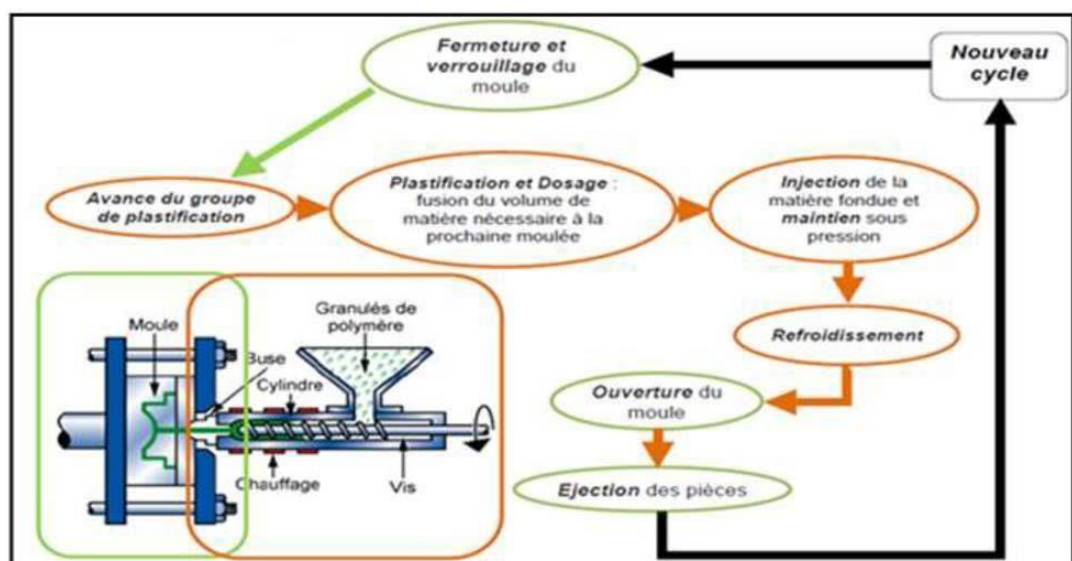
L'injection permet de fabriquer des pièces de géométrie complexe en grande série, suivant un principe simple de fonctionnement.

En effet, le polymère thermoplastique est chauffé afin de lui donner de cohésion d'un liquide visqueux. Ce liquide est ensuite injecté dans un moule, réalisé en plusieurs parties. Le polymère se refroidit jusqu'à l'état solide à la suite de quoi la pièce est extraite après ouverture de l'outillage.

Une nouvelle injection est réalisée quand l'outillage est à nouveau fermé

### 3) Déroulement du cycle d'injection :

fig(II.1): Phases de moulage par injection



#### 4) La structure de presse d'injection

Une machine d'injection fermeture (dans laquelle est fixé le moule) et une unité de commande. transforme les granulés solides en polymère fondue pour l'injecter en unité de fermeture, à laquelle le moule est fixé. la figure illustre les parties principales d'une presse à injection. Dans le cas des thermoplastiques, le moule est régulé généralement à une température voisine de la température ambiante afin de figer la matière plastique le plus vite possible.

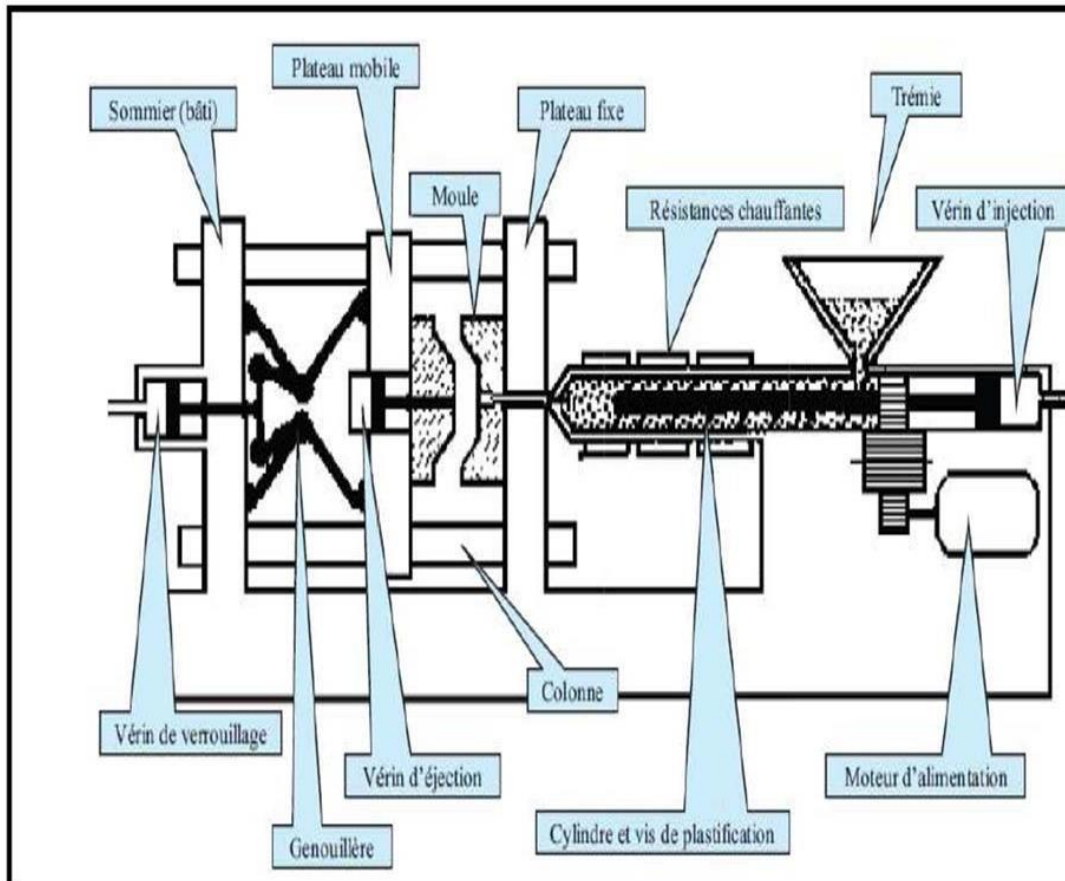


fig (II.2) : structure presse injection

## 5) Phases de moulage par injection:

### La phase de plastification:

La phase de plastification a pour objectif de faire passer le polymère de l'état initial (Sous forme de granulé) à l'état fondu. On peut dire que cette transformation commence au début par l'ensemble vis fourreau dont la fonction est de broyer et de chauffer le granulé pour l'amener peu à peu à l'état fondu. Pour cela, la vis de l'unité possède un mouvement de rotation pour permettre l'auto échauffement de la matière par malaxage, et de translation pour stocker à l'avant du fourreau la quantité de matière à injecter dans la cavité du moule. Le dosage est contrôlé par la course de la vis qui recule, en s'appuyant sur la matière, pendant sa rotation.

La matière plastifiée est transportée dans l'espace à l'avant de la vis (Fig. II.3)

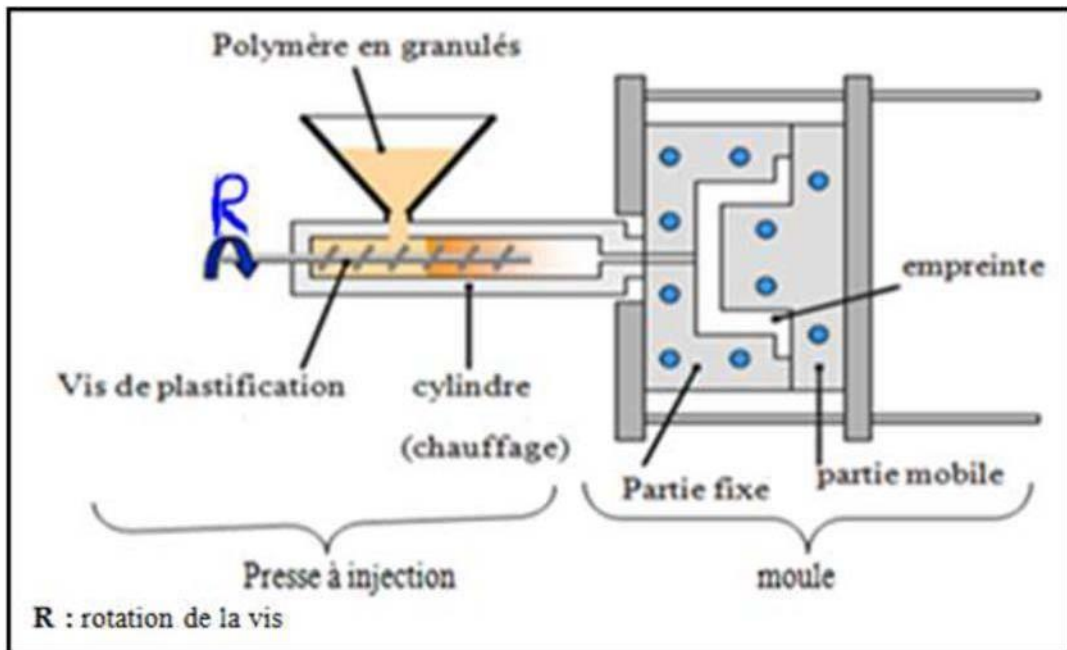


Fig. (II.3) : phase de plastification

### La phase de remplissage:

Une fois la matière accumulée en tête de fourreau, celle-ci est injectée dans l'empreinte de l'outillage par une avancée de la vis. Cette phase du cycle de transformation est appelée phase dynamique du remplissage (Fig.II.4). L'avancée de la vis est réglée en débit ou en pression pour maîtriser la vitesse d'injection du thermoplastique dans l'empreinte. Ce remplissage a une durée très courte, par rapport à celle de la phase de refroidissement.

Le débit d'injection est fonction du volume de remplissage sur la durée de remplissage correspondant à l'épaisseur de la pièce. [8]

$$Q = V_{rt} / \text{Durée de remplissage} = [\text{cm}^3] / [\text{s}] \dots\dots\dots [\text{L}] / [\text{s}] \dots\dots\dots \{ \text{II.1} \}$$

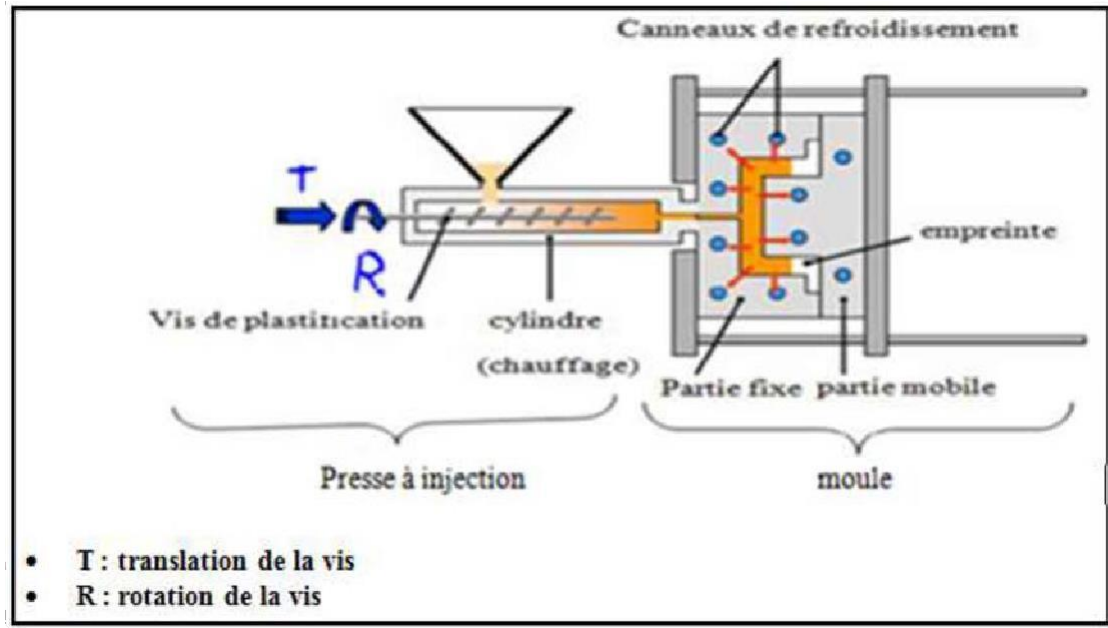


Fig. (II.4) : phase de remplissage.

**La phase de compactage :**

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

En général, on choisit de commuter au moment où l'empreinte est complètement remplie. Cet instant est notifié par la présence d'un pic de pression d'injection prononcé. Cet événement est alors utilisé pour déclencher la commutation. Dès lors où la commutation est enclenchée, la presse applique au niveau du bloc d'injection une consigne de pression de maintien. Ceci a pour objectif de maintenir la matière dans la cavité pour compenser les phénomènes de retrait volumique dus au refroidissement de la matière (Fig. II.5).

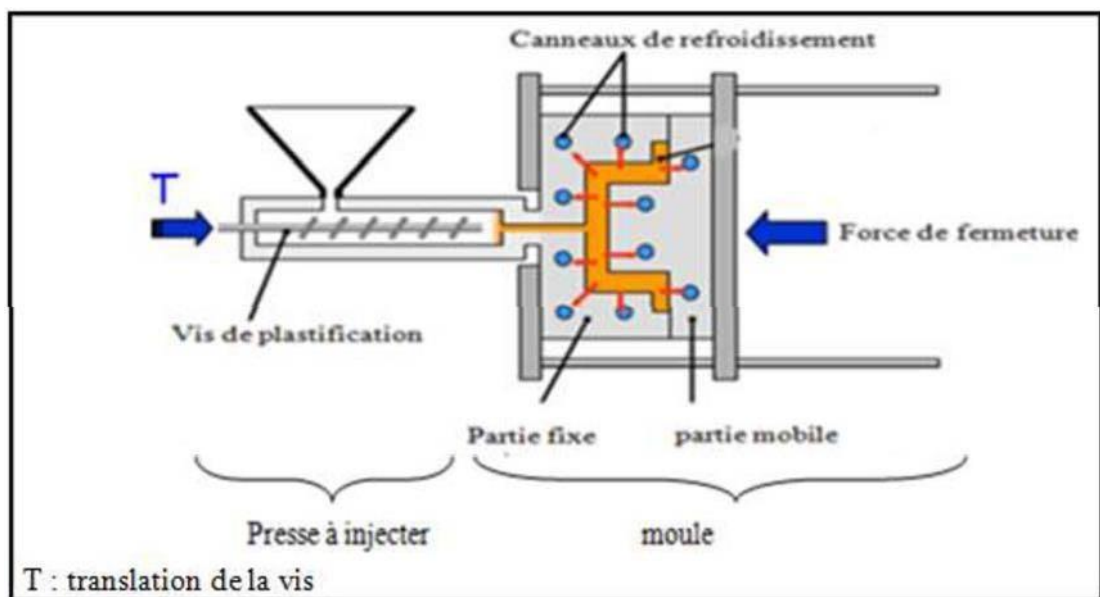


Fig. (II.5) : phase de compactage.

**La phase de refroidissement et d'éjection :**

En parallèle de la phase de maintien, le polymère débute au contact de parois refroidies de l'outillage son retour à l'état solide. Cette phase appelée phase de refroidissement perdure jusqu'à ce que le polymère atteigne sa température de démoulage (Fig. II.6), après le refroidissement l'éjecteur pousser la pièce.

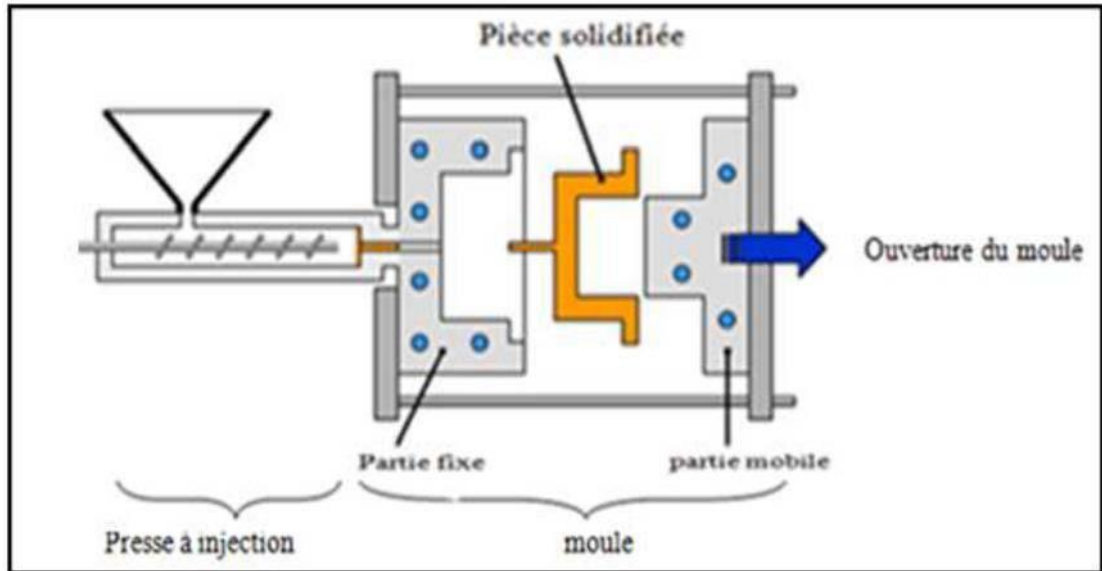


Fig. (II.6) : phase de refroidissement et d'éjection de la pièce [8]

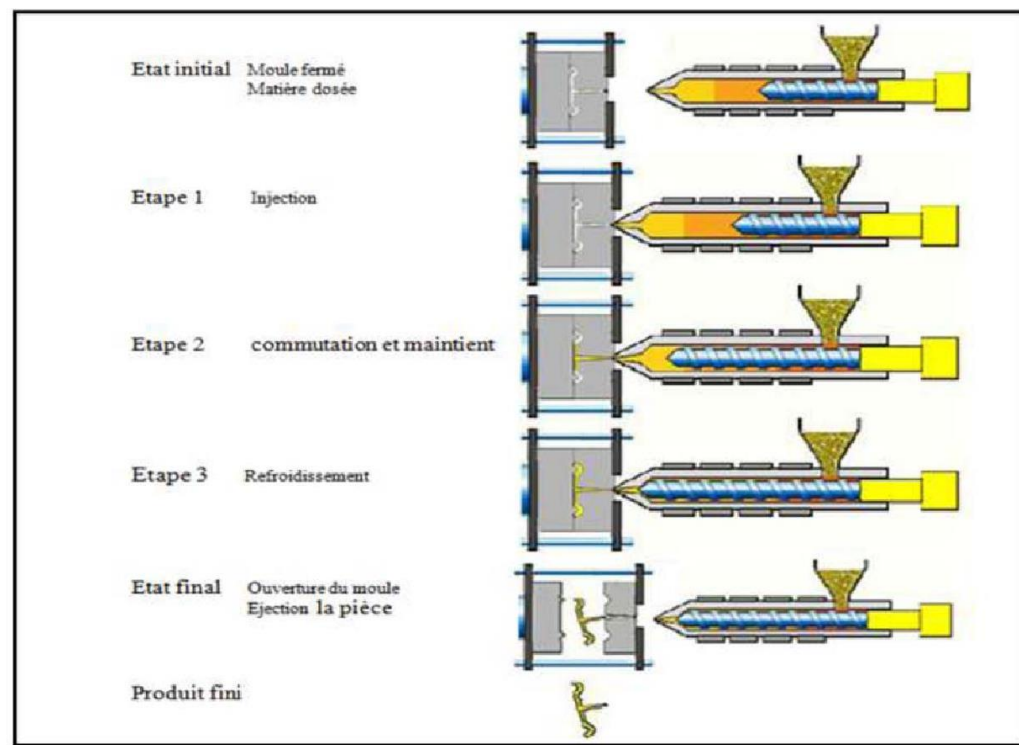
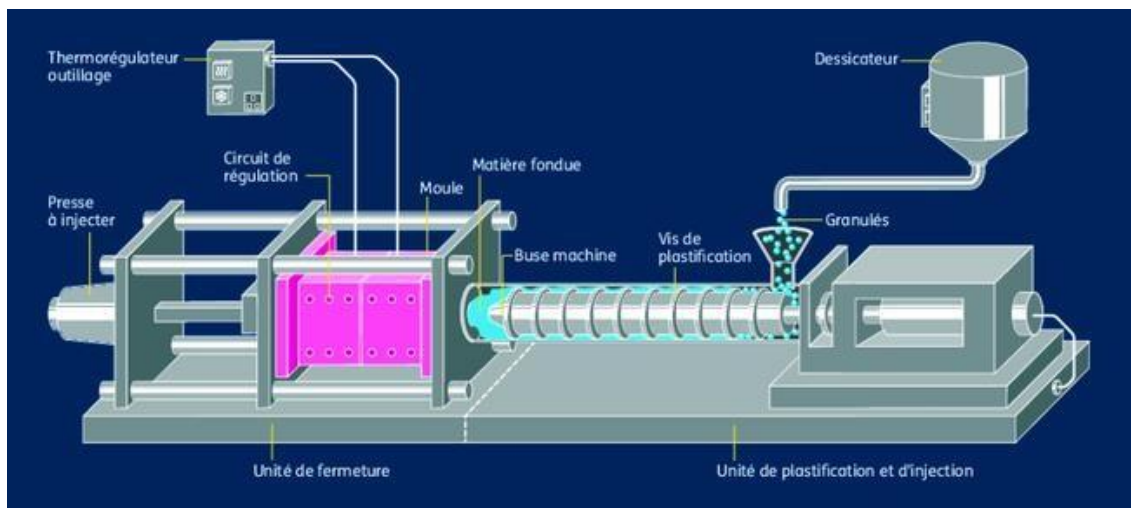


Fig. (II.7) : Déroulement d'un cycle d'injection [9]



Le cycle de moulage déroule de la façon suivante :

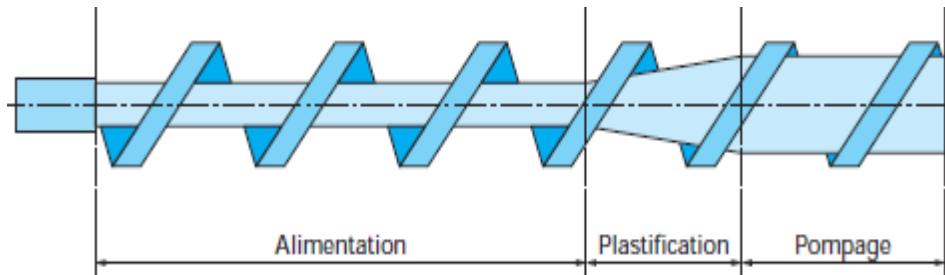
- **fermeture du moule ;**
- **verrouillage du moule** (la force de verrouillage permet de maintenir le moule fermé pendant l'injection) ;
- **dosage** : la matière est acheminée à l'avant de la vis de plastification (par rotation de la vis), donnant ainsi une réserve de matière prête à être injectée ;
- **injection, décomposée en deux phases :**
  - **phase d'injection dynamique**, où la matière présente à l'avant de la vis de plastification est injectée sous forte pression à l'intérieur d'un moule (comportant une ou plusieurs cavités présentant la forme de la pièce souhaitée). Le moule est réglé à une température inférieure à la température de transformation (variant de 15 à 130 °C dans certains cas),
  - **phase de maintien**, où l'on applique une pression constante durant un temps déterminé afin de continuer à alimenter les empreintes bien que celles-ci soient remplies. Ceci afin de limiter le retrait de la matière durant son refroidissement. La pièce est refroidie durant quelques secondes puis éjectée ;
- **refroidissement** : plus aucune pression n'est exercée, la régulation du moule permet le refroidissement de la matière jusqu'à atteindre une température inférieure au ramollissement ; lors des cycles suivant c'est pendant cette phase que se déroule le dosage pour préparer la moulée suivante ;
- **ouverture du moule ;**
- **éjection des pièces moulées ;**
- **un nouveau cycle peut commencer**



**fig (II.8):cycle du moulage**

## 6) Les vis d'injection

Pour obtenir un rendement optimal, il serait souhaitable d'étudier la forme de la vis en fonction de chaque matière moulée. Pour des raisons économiques, la tendance actuelle est de fabriquer des vis plus ou moins universelles.



fig(II.9) : Vis du groupe d'injection

Une vis de plastification doit :

- Opérer la translation de la matière plastique de la trémie jusqu'à l'extrémité du cylindre de plastification.
- Participer à la plastification, par un malaxage combiné avec une mise sous pression de la matière fondue en bout de cylindre. Cela ayant pour effet de provoquer le recul de la vis au furet à mesure de l'accumulation de plastique fondu à l'avant du cylindre.
- Injection de la matière dans les l'empreintes du moule par l'avancée de la vis (translation vers l'avant). La mono vis standard d'injection comprend en général trois zones

- **Zone d'alimentation** : dans laquelle les granulés de polymère sont convoyés et compactés dans le chenal de la vis. C'est dans cette zone que la profondeur du chenal est la plus grande, et elle reste constante.

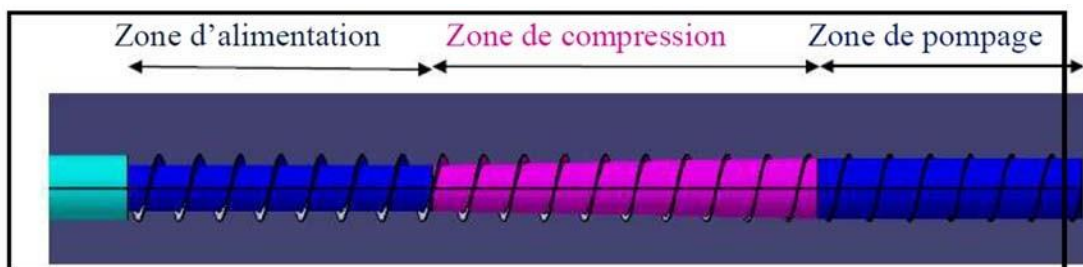


fig ( II.10) : zone d'alimentation

- **Zone de compression (Plastification)** : de forme tronconique, les granulés vont y être progressivement fondus par action conjuguée des colliers chauffants et du cisaillement de la matière. La profondeur du chenal diminue progressivement pour atteindre sa valeur minimale dans la zone de pompage. Les deux premières zones d'une vis permettent de plastifier la matière.

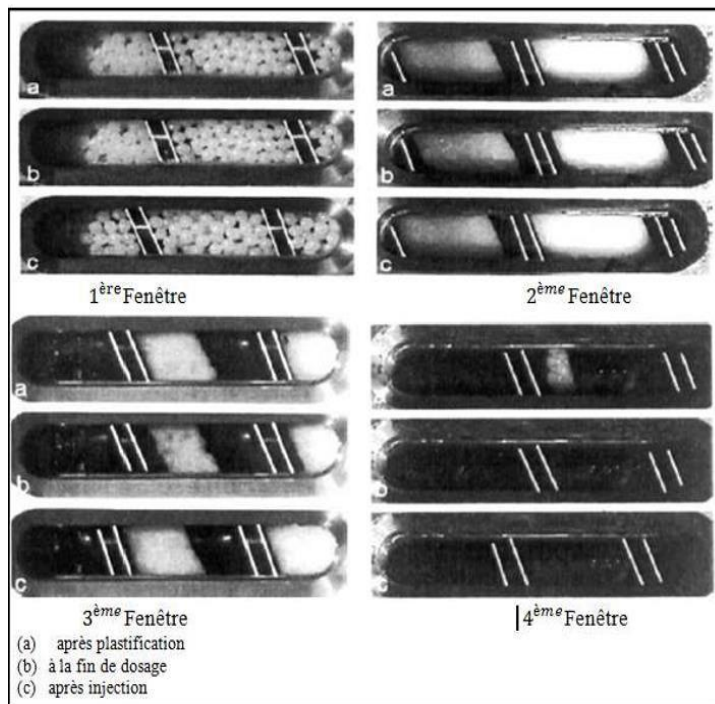


• **Zone de pompage** : dans cette dernière partie la profondeur demeure constant, le polymère est mis en pression et s'homogénéise.

La vis est généralement définie par le rapport (L/D) entre sa longueur fixée (L) et son diamètre nominal (D). En général, ce rapport oscille autour d'une valeur égale à 20.

Dans le système vis fourreau, la matière plastique se transforme de l'état solide à l'état fondu comme indiqué dans

La *première fenêtre* est située dans la zone d'alimentation de la vis, nous voyons bien les granulés de polymère gardant leurs formes solides. Le polymère commence à fondre à l'interface polymère – fourreau à partir de la *seconde fenêtre*, par conduction thermique et cisaillement entre le polymère et le fourreau. Bien que la qualité des images ne soit pas parfaite, nous pouvons tout de même voir l'apparition d'un film très fin de polymère fondu collé aux parois de la fenêtre. Le lit solide du polymère a été constaté dans la *troisième* et *quatrième fenêtre*.



fig(II.11):Les différentes phases de transformation du polymère dans le système vis fourreau

## 7) Caractéristiques des presses à injection

Une presse à injection est caractérisée par plusieurs paramètres :

- **Force de fermeture**

C'est la force maximale appliquée sur les deux parties du moule pour s'opposer à son ouverture sous la pression de la matière injectée.

Cette force est réglable quelle que soit le principe de fermeture elle s'existe en tonnes ou kilo-newtons.

- **Volume injectable**

C'est le volume de la matière fondue maximum qui peut être dosée (plastifiée) par la machine. Ce paramètre est lié avec le poids de la pièce à fabriquer et le volume réel injectable qui est le produit de la course de déplacement de la vis par sa section.

- **Autres paramètres caractéristiques d'une presse à injection sont liés à la conception du moule :**

- ❖ Épaisseur minimal-maximale entre colonnes
- ❖ Dimension des plateaux
- ❖ Passage entre colonnes
- ❖ Course d'ouverture
- ❖ Course d'éjection
- ❖ Centrage
- ❖ Bridage

## 8) Autre Procédés de transformations du plastique par injection:

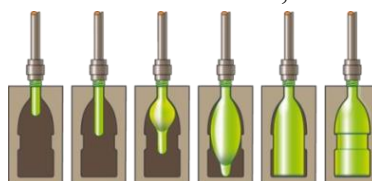
Il existe différentes technologies qui permettent de transformer les plastiques et le choix des procédés de fabrication dépend essentiellement des polymères, les procédés utilisés le plus fréquemment sont

- l'injection soufflage
- l'extrusion
- l'extrusion soufflage
- le thermoformage
- l'expansion moulage
- le malaxage
- le rotomoulage

### + Injection soufflage:

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

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



**fig (II.12) :**procèdes de soufflage

### ✚ Extrusion:

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

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

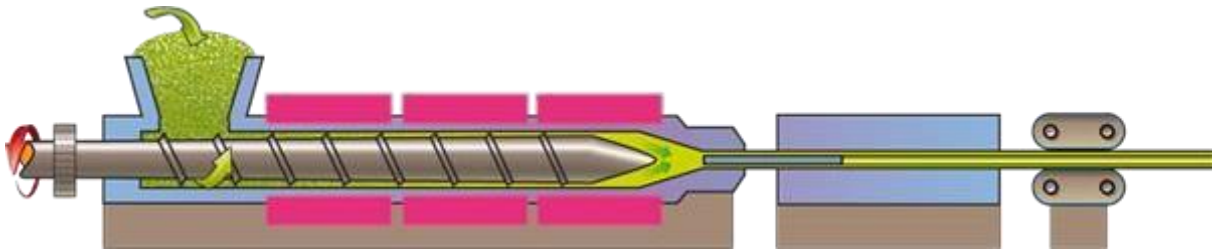


Fig.(II.13) extrusion

### ✚ Extrusion gonflage:

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

1. On insuffle de l'air comprimé dans le plastique ramolli.
2. Il se gonfle alors et s'élève verticalement comme une bulle de film très fin. On le laisse ensuite refroidir.

3. Avant de l'aplatir entre des rouleaux, on forme des soufflets et on prédécoupe les sacs.
4. On les enroule sur des bobines ou on forme des rouleaux

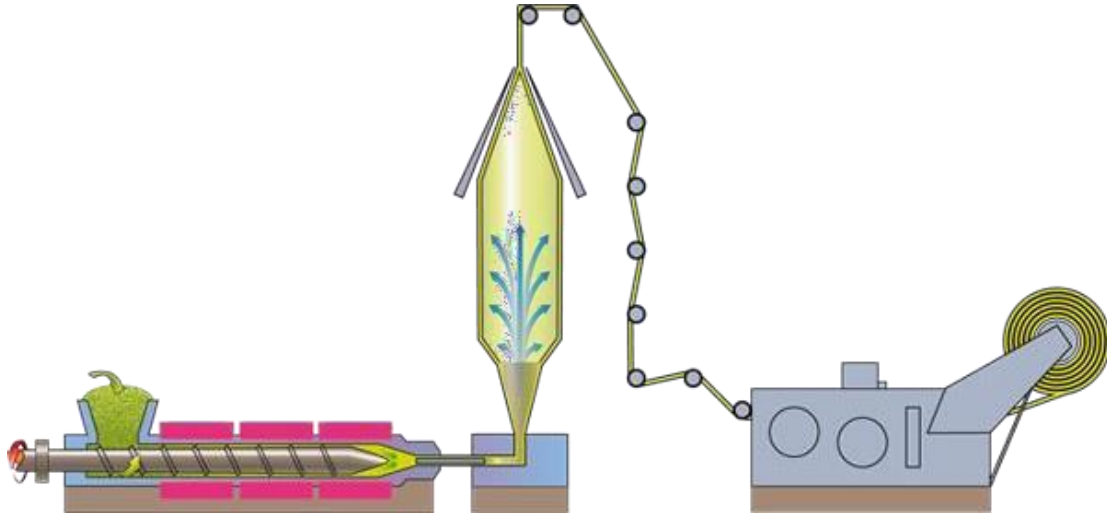


Fig.(II.14) Extrusion gonflage

✚ **Extrusion soufflage:**

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

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

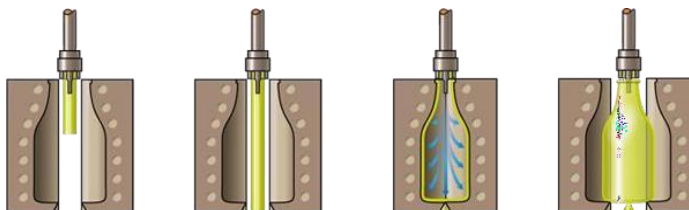
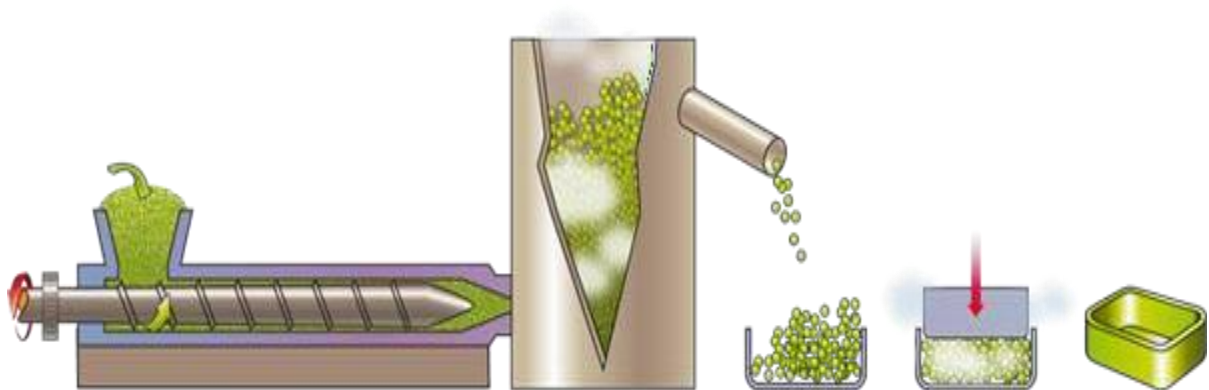


Fig ( II.15 ) : procédés extrusion soufflage

**+ L'expansion moulage:**

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

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

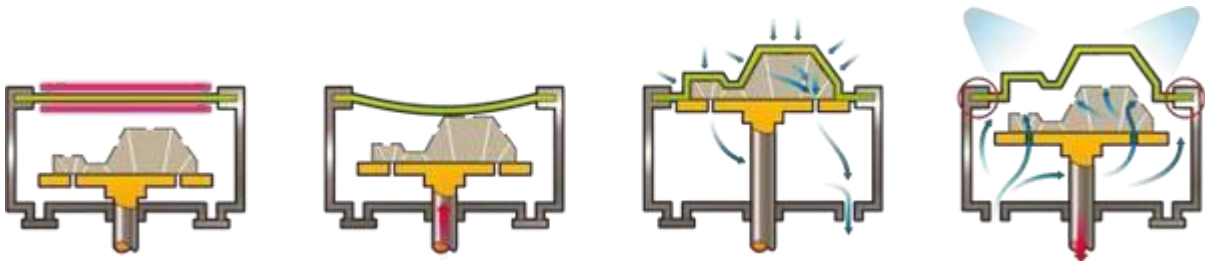


**Fig.(II.16)** L'expansion moulage

✚ **Thermoformage:**

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

1. Mise en place de la feuille et chauffage par un plateau chauffant supérieur et inférieur.
2. Montée du moule : la feuille est ramollie et le moule monte pour emboutir la feuille.
3. Formage / Refroidissement : une fois le moule en position haute, le vide est fait entre le moule et la feuille.
4. La feuille se plaque sur le moule et en prend sa forme. De l'air ou de petites gouttelettes d'eau sont projetées sur la pièce pour la refroidir et lui donner sa forme finale.
5. De l'air est soufflé à l'intérieur du moule pour décoller la pièce du moule et celui-ci descend pour libérer la pièce.
6. Une fois le moule descendu, la pièce peut être enlevée puis décortiquée pour enlever les chutes de production (cercle rouge)



**Fig.(II.17) Thermoformage**

✚ **Calandrage:**

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

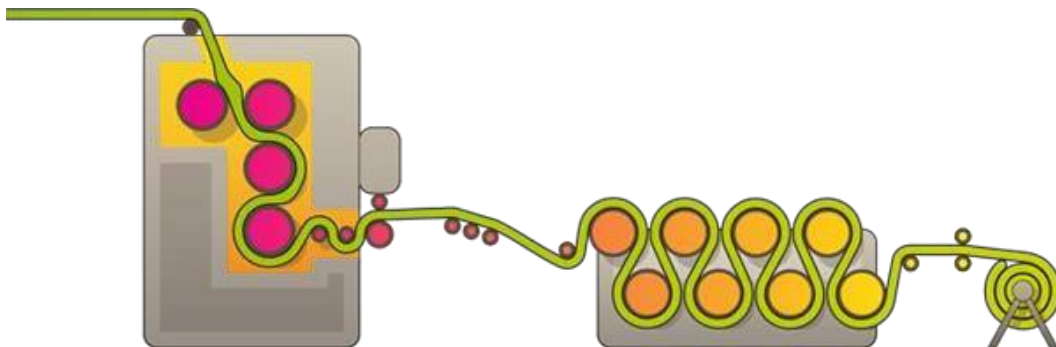
La matière est chauffée puis malaxée par une vis sans fin spéciale, pour donner une pâte épaisse.

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

**✚ Applications:**

Le calandrage permet de fabriquer des produits semi-finis :

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



**Fig. (II.18) : Calandrage:**

**✚ Roto moulage :**

une masse de poudre de polymère chargée dans le moule ensuite fermé , le moule tourne sur lui-même pendant une phase de chauffage le matériau réparti sur les parois du moule la pièce se démoulée après le refroidissement , cette technique permet de produire des objets creux comme les Kayaks



## **conclusion**

A travers ce chapitre, nous avons étudié la presse d'injection avec indication de ses composants et son mode de fonctionnement. Nous avons aussi découvert, le déroulement du cycle d'injection.

Dans le prochain chapitre de ce mémoire on vas découvrir les différent moule existant leur mode et leur fonctionnement

# CHAPITRE III

# TECHNOLOGIE DES MOULES

### III. Technologie des moules

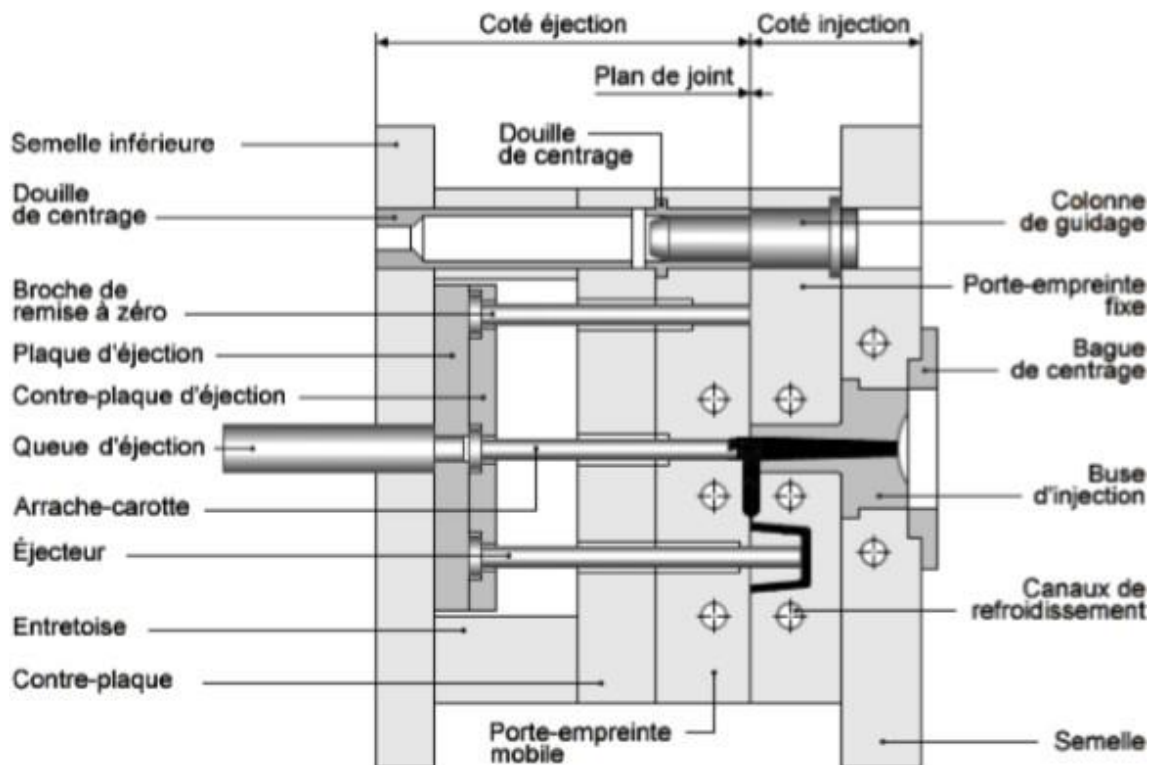
#### 1. Introduction

La réalisation de pièces en thermoplastiques nécessite l'utilisation d'une presse à injection équipée d'un moule. Le moule est composé de deux parties principales, une partie fixe pour l'injection de la matière et une partie mobile pour la fermeture du moule. La surface de contact entre ses deux parties est appelée plan de joint. C'est au niveau de ce plan de joint que la pièce devra se démouler

#### 2. Différents familles de moule

Les moules trouvent leurs justifications en fonction du : nombre d'empreintes, type de conception (nombre de plaques, tiroirs, coquille), système d'alimentation, type d'alimentation, système d'éjection des pièces, régulation de la température et de la durée de vie.

La on montre un moule standard : moule mono-empreinte à deux plaques, un canal froid et sans tiroir

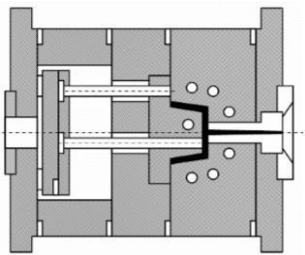


**figure(III.01) :Représentation schématique d'un moule standard**

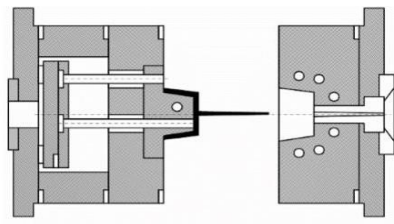
Selon les paramètres cités au-dessus, plusieurs familles de moules peuvent être distinguées

○ **Moule à deux (02) plaques**

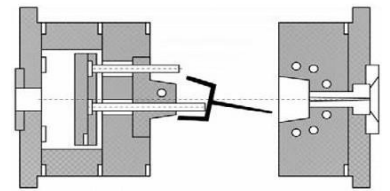
Les moules à deux plaques sont les plus simples et plus fréquents. Le fonctionnement de ce type de moule est illustré dans la **Figure III.2**



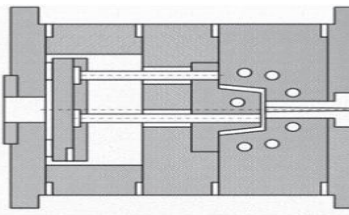
Moule fermé pendant la phase d'injection et de refroidissement



Ouverture du moule au plan de joint (1<sup>ère</sup> phase du démoulage)



Moule complètement ouvert (2<sup>ème</sup> phase du démoulage : Ejection de la pièce)

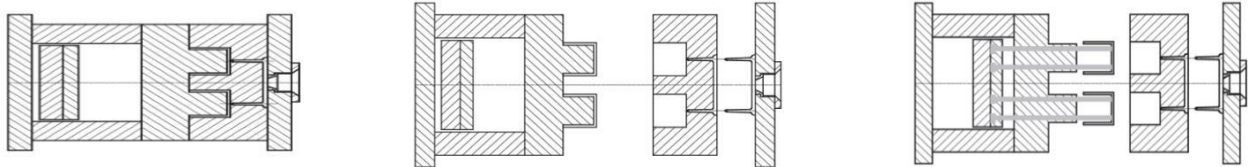


Moule fermée : prêt pour un nouveau cycle

**Figure (III.02)**  
Fonctionnement  
d'un moule à  
deux (02) plaques

○ **Moule à trois (03) plaques**

Les moules à trois plaques sont caractérisés par la présence de deux (02) plans de joint : un plan de joint carotte et un plan de joint pièces. Ce type de moule est essentiellement utilisé pour des pièces encombrantes multi seuils, nécessitant un décarottage automatique et un gain de temps. Le fonctionnement de ce type de moule est illustré dans la figure



Moule à 2 plans de joint :  
Plan de joint pour la carotte  
Plan de joint pour la pièce.

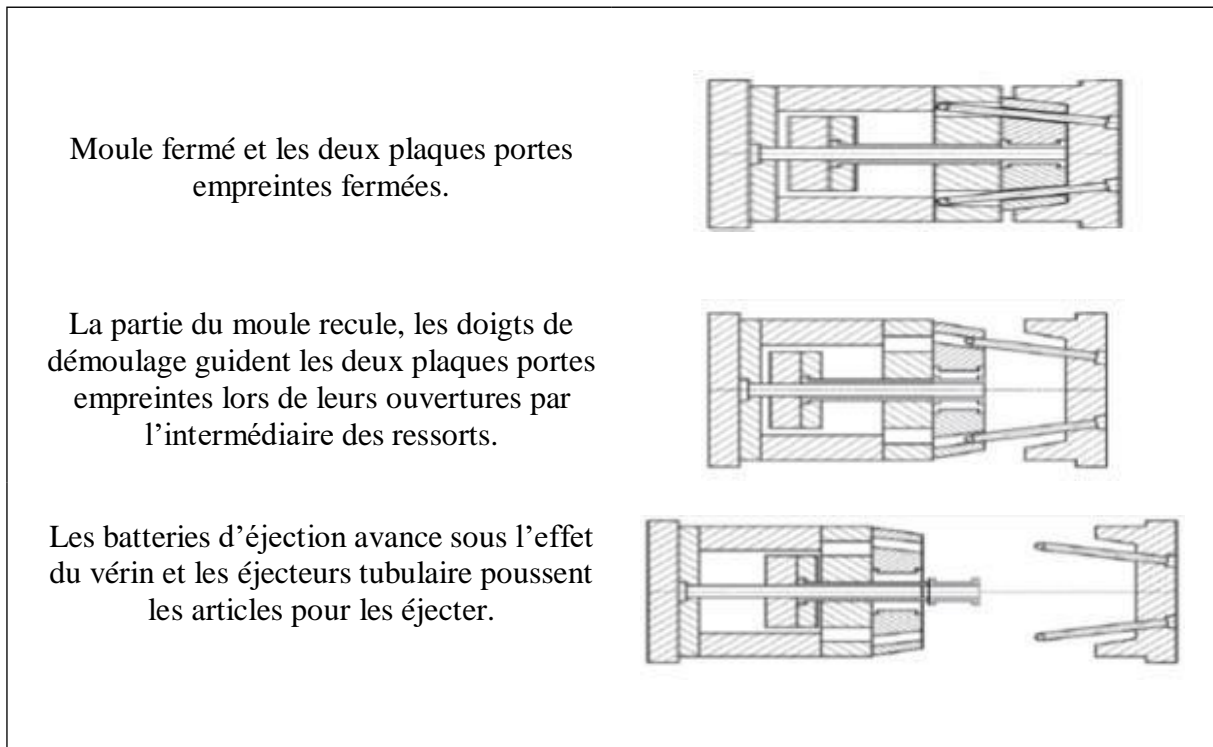
1<sup>ère</sup> ouverture au niveau du plan de joint carotte (pour une bonne casse du point d'injection), puis, 2<sup>ème</sup> ouverture au niveau du plan de joint pièce.

Ejection des pièces.

**Figure(III.03)** . Fonctionnement d'un moule à trois (03) plaques

○ **Moule à tiroir**

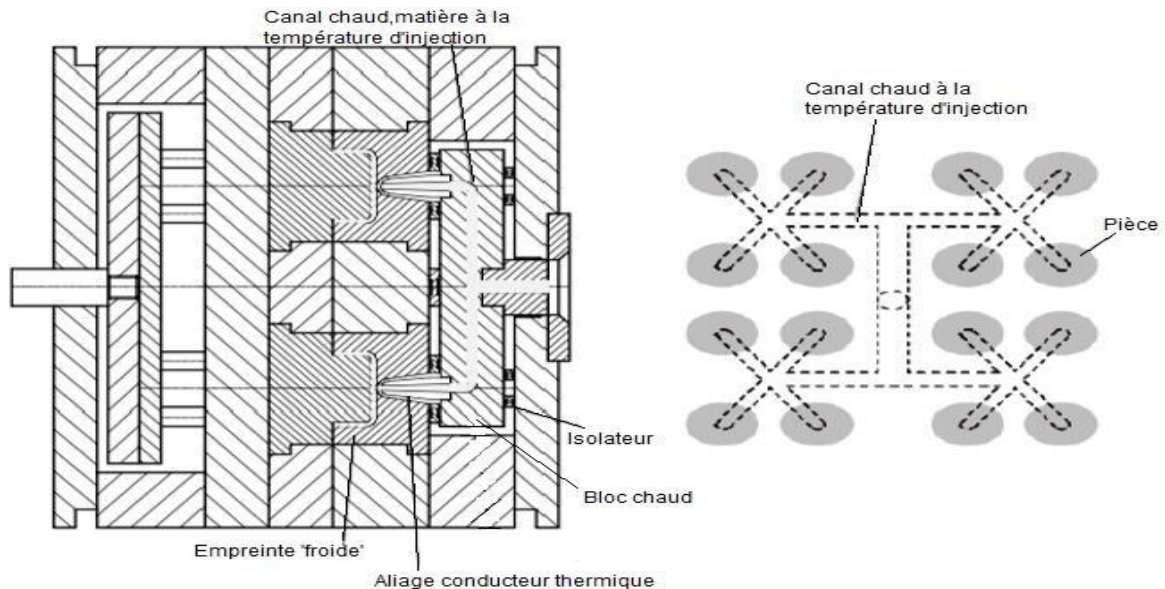
Les moules à tiroir et les moules à coins forment des solutions particulières pour permettre d'injecter des pièces présentant des contre dépouilles, leur fonctionnement est présenté dans la **Figure III.4**



**Figure III.4.** Fonctionnement d'un moule à tiroir

○ **Moule à canaux chauds**

Dans ce type de moule, la matière dans les canaux de transfert reste à la température de moulage jusqu'à l'entrée de l'empreinte, ce qui se traduit par une diminution des pertes de matière et un gain de productivité (**Figure III.05**). En effet, le temps de solidification de la matière n'est plus que celui propre de la pièce, de même que l'on gagne le temps de remplissage du système d'alimentation



**Figure(III.05):** Moule multi-empreintes Canal chaud – bloc chaud .

**3. Composants principaux du moule et leurs rôles**

- ✓ **Buse moule** : permet le passage de la matière du fourreau vers l'empreinte.
- ✓ **Rondelle de centrage** : Permet le centrage du moule sur les plateaux de la machine (Presse), dans le but de centrer la buse moule à la buse machine.
- ✓ **Plaque arrière côté injection** : Permet de fixer la rondelle de centrage, la buse moule et les bagues de guidage, ainsi que le bridage.
- ✓ **Bague de guidage** : Permet le guidage des colonnes de guidages.
- ✓ **Plaque porte empreinte côté injection** : Permet la fixation de la bague de guidage, contient le circuit de régulation de température.
- ✓ **Colonnes de guidage** : Permet de guider la partie mobile PM sur la partie fixe PF pour aligner parfaitement l'empreinte
- ✓ **Plaque porte empreinte côté éjection** : Permet la fixation des colonnes de guidage, contient le circuit de régulation
- ✓ **Ejecteur de rappel** : Permet la remise à zéro de la batterie d'éjection, dans le cas d'une éjection non-attelé.
- ✓ **Ejecteurs** : Permet d'éjecter la pièce quand le moule est ouvert.

- ✓ **Extracteur de carotte (arrache-carotte) :** Permet l'extraction de la carotte, ainsi lors de l'ouverture, la moulée ne reste pas bloqué dans la partie fixe.
  - ✓ **Tasseaux d'éjection :** Permet d'obtenir une course optimum de la batterie d'éjection.
  - ✓ **Plaque arrière côté éjection :** Permet le blocage en translation de la batterie d'éjection, le bridage du moule sur le plateau mobile ainsi que la fixation des tasseaux.
- **Batterie d'éjection :** Composée de la plaque porte éjecteurs et de la contre plaque d'éjection. Elle permet la translation des arrache carottes et la remise à zéro des éjecteurs
- **Fonctions d'un moule**

Tous les moules à injection plastique se composent d'un certain nombre de sous-ensembles fonctionnels qui permettent d'assurer les fonctions suivantes : **l'alimentation, la mise en forme, le refroidissement, l'éjection, le guidage et la manutention.**

○ **Fonction alimentation**

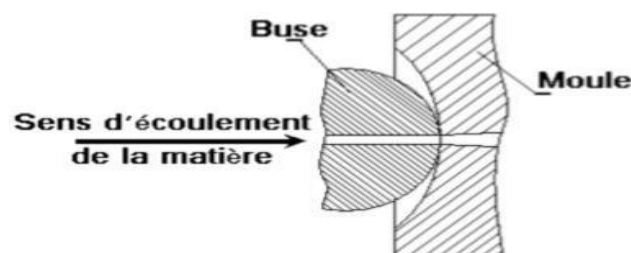
La fonction alimentation a pour rôle de transférer la matière plastifiée du fourreau de la presse vers l'empreinte du moule. Les points d'alimentation (points d'injection) sont reliés à un ou plusieurs canaux d'alimentation communs, aboutissant à leur tour au canal central d'injection dans lequel la matière, une fois solidifiée, prend le nom de « *carotte* ».

## 4. Composition du système d'alimentation

Le système d'alimentation est composé principalement de la carotte, le canal principal, les canaux secondaires et les seuils d'injection

### a- Buse

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



figure(III.06) Description de la buse du moule



### b-Carotte

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

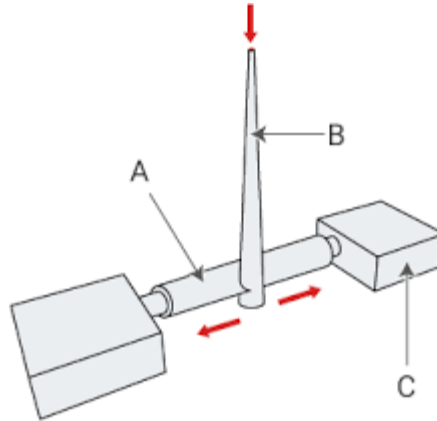
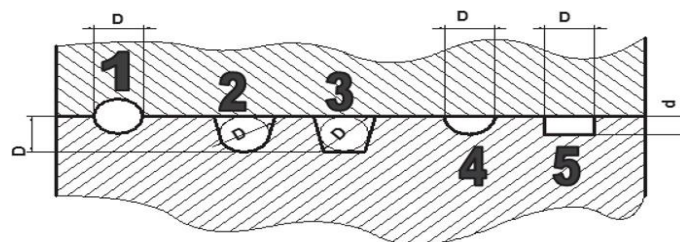


figure (III.07) : CAROTE

### c-Les canaux principaux et secondaires

Ils assurent le passage de la fondue du pied de buse jusqu'au seuil. Ce sont des éléments généralement longs et donc susceptibles d'être la source d'une importante perte de charge. Ces canaux peuvent avoir différentes formes : circulaires, trapézoïdale...etc.



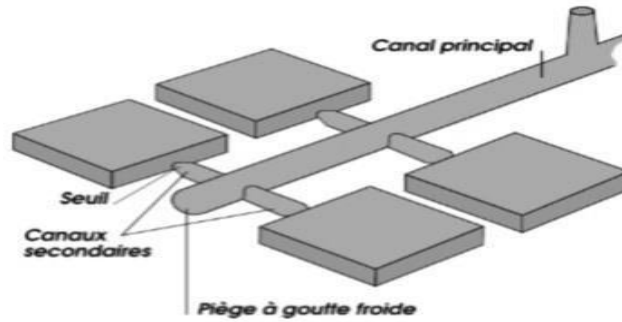
Figure(III.08) : Les différents types de canaux d'alimentation et leurs usinages associés

<b>Type des canaux</b>	<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<b>cylindrique</b>	<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>
<b>cylindrique plus dépouille pour déporter le plan de joint</b>	<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>
<b>trapézoïdal</b>	<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>
<b>½ cylindrique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Simplicité d'usinage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Mauvais écoulement</li> </ul>
<b>rectangulaire</b>	<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(III.03) : Critères de choix des différents types de canaux**

### 5. Implantation des canaux

Le canal d'alimentation est composé principalement de la carotte, du canal principal, des canaux secondaires et des seuils d'injection tel que montré dans la

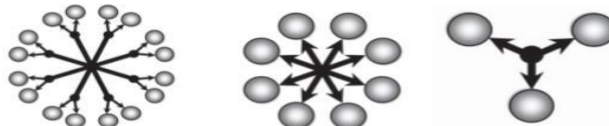


Figure(III.09) . Composition d'un canal d'alimentation du moule

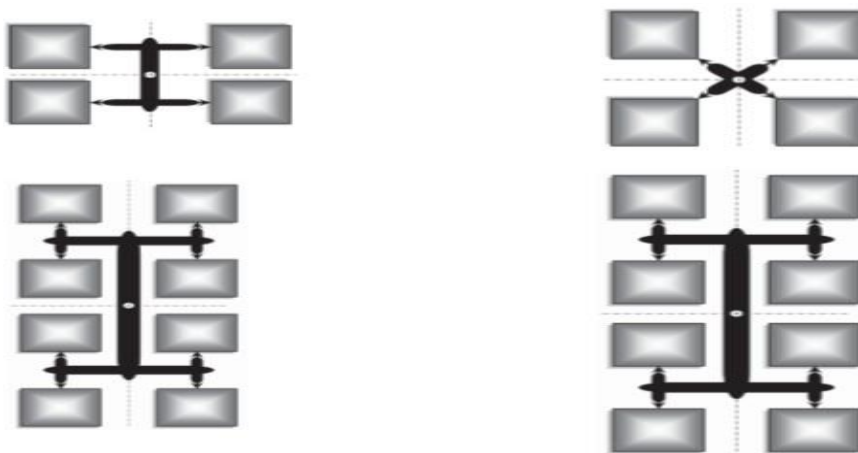
### 6. Equilibrage des écoulements dans le canal

Afin d'optimiser la conception des moules d'injection plastique, il est nécessaire d'assurer un équilibrage des écoulements de la matière fondue dans les canaux d'alimentation et dans les empreintes.

Quelques dispositions d'équilibrage



Figure(III.10) Disposition circulaire des empreintes dans un moule



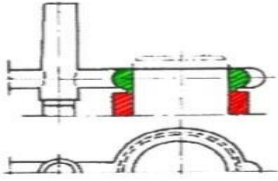


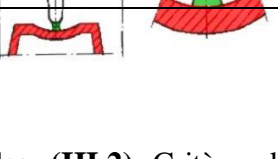
Figure(III.11) Disposition linéaire des empreintes dans un moule

○ **Seuil d'injection**

Le canal d'alimentation communique avec l'empreinte à travers un seuil d'injection qui permet son remplissage. Le choix du seuil d'injection doit tenir compte de son emplacement

❖ **Types de seuil d'injection**

Les critères de choix du type du seuil d'injection sont rapportés dans le **Tableau suivant**

Type des seuils	Schéma	Avantage	Inconvénient
En masse ou direct		-Très bon remplissage -Bonne stabilité dimensionnelle de la pièce	-Opération de reprise pour enlever la carotte -Trace non esthétique sur la pièce
Annulaire		-Remplissage uniforme de l'empreinte	-Opération de reprise pour enlever la carotte. -Déchets importants
Conique ou en éventail		-Permet un écoulement équilibré de la matière autour du noyau -Peut permettre un d'égrappage automatique	-Déchets -Opération de reprise
Capillaire		-Démoulage automatique et faible trace sur la pièce	-Uniquement pour les matières fluides -Coût du moule élevé

**Tableau(III.2):** Critères de choix des différents types des seuils d'injection .

## **7. Fonction régulation thermique (refroidissement)**

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 nécessite le temps le plus important dans un cycle de moulage.

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

### **❖ Importance du refroidissement**

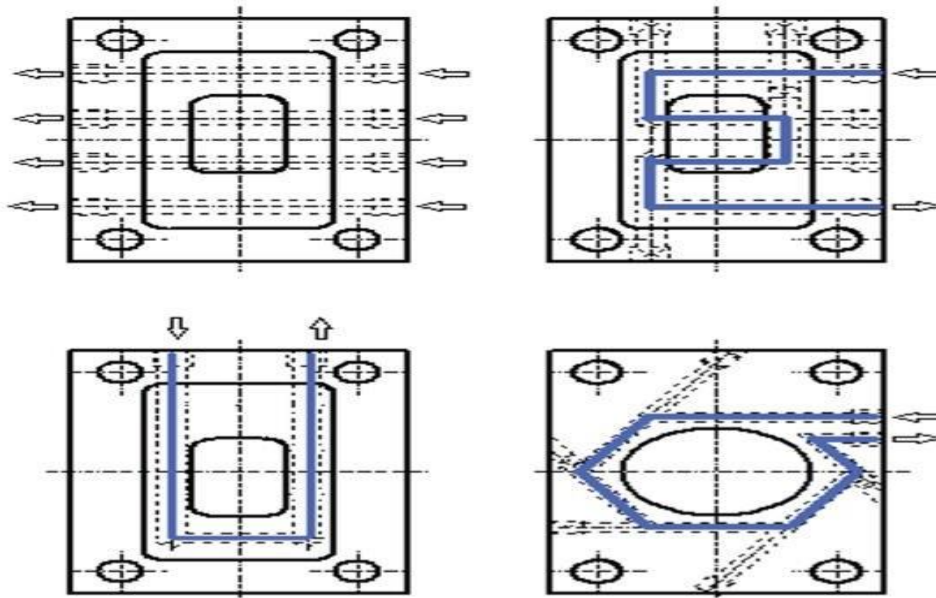
Le refroidissement des moules est une nécessité technique et économique. En effet, une pièce moulée ne peut être extraite correctement si elle n'a pas acquis une rigidité suffisante pour résister aux efforts d'éjection. La vitesse de refroidissement influe aussi sur la structure et les propriétés physiques et mécaniques des matières plastiques. Une vitesse de refroidissement uniforme est nécessaire pour aboutir à une structure homogène du matériau polymère. Cela nécessite la création de conditions de refroidissement identiques en toute région du moule .

### **❖ Circuit de refroidissement**

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

- ✓ Propriétés du matériau plastique (température d'injection, masse, chaleur spécifique).
- ✓ Epaisseur de la pièce moulée.
- ✓ Température du démoulage.

Généralement, des trous sont percés pour faire circuler un liquide de refroidissement. Les diamètres couramment utilisés vont de Ø6, Ø8, Ø10, Ø12. L'importance du standard des raccords de raccordement peut aussi jouer sur le dimensionnement.



Figure(III.12) :Circuit de refroidissement des plaques de moules

Une autre technique consiste à faire des rainures soit sur un fond, soit sur le périmètre d'une pièce circulaire .

## 8. Autres fonctions

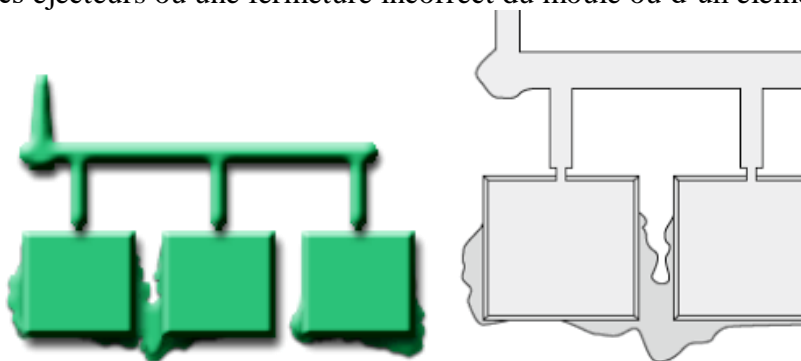
La conception du moule à injection plastique doit assurer aussi d'autres fonctions, tel que, le guidage/positionnement de la partie mobile de l'outillage par rapport à la partie fixe, ainsi que Fonctions manutention, stockage, sécurité et liaison machine .

## 9. Défauts de qualité due à une mauvaise conception du moule

Une mauvaise conception du moule à injection plastique peut entrainer plusieurs défauts de qualité sur le produit fini.

### ➤ Bavure

La bavure se présente sous l'aspect d'une fine toile de matière située sur une partie de la pièce qui apparaît normalement à la ligne de joint. Et les causes possibles de ce défaut peuvent être un jeu trop important dans l'emplacement des éjecteurs ou une fermeture incorrecte du moule ou d'un élément mobile de l'empreinte.

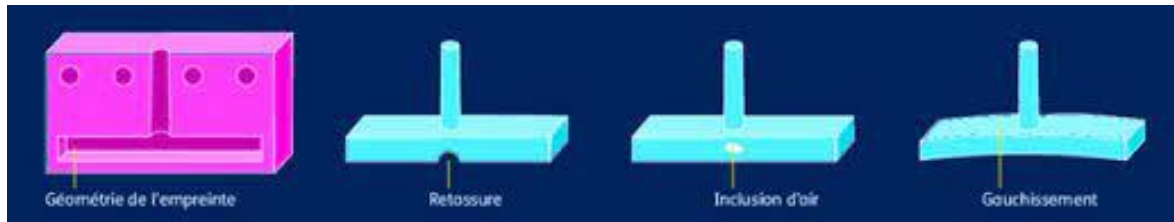


figure(III.13) : bavure due à une mauvaise conception du moule

➤ **Retassures**

La retassure se présente sous l'aspect d'une dépression située près des parties massives de la pièce et sur des surfaces planes, d'une injection de l'autre la position de retassure varie pas.

La cause de ce défaut peut être dans une mauvaise échange de volume pour le retrait au un seuil d'injection trop petit



Figure(III.14):Retassure due à une mauvaise conception du moule.

➤ **Brulures (effet diesel)**

Les brulures ou bien parfois appelé effet diesel se présentent sous la forme de petites taches grises ou noires sur la zone d'arrêt du front d'écoulement de la matière ; cette dégradation locale rend parfois la matière un peu colleuse. Ce défaut génère souvent un bruit sec parfaitement audible lors de l'injection.

La cause possible de ce problème ou défaut c'est le manque ou l'insuffisance des événements de dégazage



Figure(III.15):Effet diesel due à une mauvaise conception du moule

➤ **Gauchissement**

Le gauchissement est caractérisé par la présence d'une forme de la pièce différente par rapport à celle de l'empreinte comme montré dans la **Figure III.19**. En générale, les surfaces planes se gauchissent et les pièces présentent des formes ovalisées orientées selon la direction de remplissage.

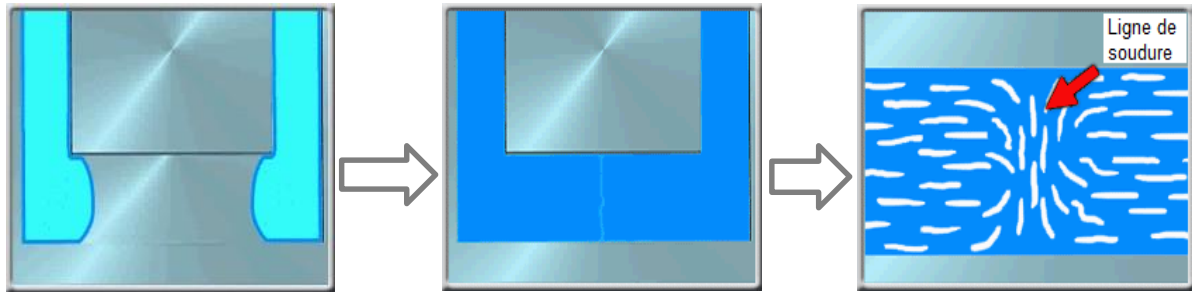
Ce problème résulte d'une mauvaise localisation ou dimensionnement du seuil d'injection ou bien d'un écart de température entre différents points de l'empreinte



Figure(III.16):Gauchissement due à une mauvaise conception du moule

➤ **Lignes de soudure**

Durant le remplissage ou à la fin du remplissage deux fronts de matière se rejoignent, il existe de nombreuses pièces dont la géométrie impose l'apparition de lignes de soudure. Ces dernières correspondent toujours à une zone fragilisée de la pièce. La cause principale de ce problème est la présence de plusieurs seuils d'injection mal positionnés ou bien à une mauvaise éventration



Figure(III.17):Ligne de soudure due à une mauvaise conception du moule.

## 10. Démoulage Ejection :

### Démoulage :

Les pièces injectées sont retenues dans le moule, non seulement à cause de la contraction thermique de celle-ci, qui provoque pendant le refroidissement leur serrage sur le ou les noyaux, mais aussi à cause de leur contre-dépouille ou des orifices latéraux qui les immobilisent.

Des solutions mécaniques permettant le démoulage des pièces comportant de tels orifices.

Pour évacuer les pièces injectées après leur solidification, il faut d'abord dégager tous les éléments qui s'opposent au démoulage, les mécanismes d'extraction tels que les éjecteurs, les plaques de dévêtissage, les poussoirs ou l'air comprimé agissent ensuite, ce paragraphe présente quelques-unes des solutions utilisées pour assurer l'éjection.

On distingue quatre systèmes principaux :

- Extraction liée directement au mouvement d'ouverture de la presse qui agit sur les éjecteurs ou la plaque de dévêtissage.
  - Libération de la pièce par le recul de pièces mobiles : tiroirs, coquilles, segments, noyaux.
  - Dégagement par dévissage.
  - Démoulage de pièces avec des éléments mobiles qui sont enlevés après éjection.
- Ejection**

- l'éjection de la pièce doit être faite sans déformation de celle-ci. Elle se fait à une température correspondant approximativement à 50° C en dessous de la température Vicat du thermoplastique. L'automatisme de rejection doit être vérifié pour toute nouvelle conception de moule pour des raisons économiques évidentes. L'éjection peut être faite par éjecteur, par air, par roche tournante, lunette, ou plaque revêtisseuse, coulisseuse.



## 11. Choix des éjecteurs :

- Ejection latérale : les dimensions des éjecteurs doivent être déterminées en fonction de l'épaisseur de la paroi et de la résistance de la matière :

Ejection a lame : les lames usinées ou rapportées permettant d'éjecter de pièces peu épaisses. Les éjecteurs a lame doivent être guides pour éviter les risques de flexion ou de flambage

### Fonction d'éjection :

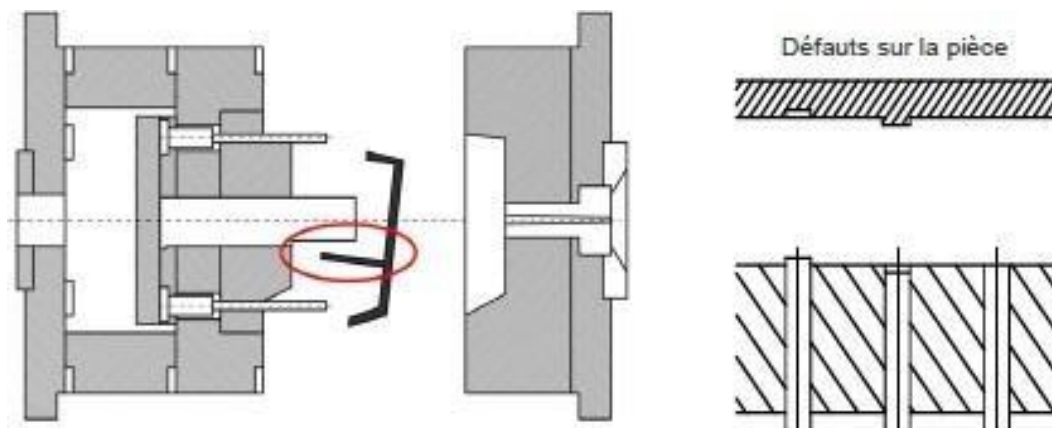
Cette fonction assure l'extraction correcte des pièces et suivant besoin de leur système d'alimentation hors de l'outillage. L'étude des plans de joint et du sens de démoulage détermine la partie de l'outillage sur laquelle s'opérera la retenue globale de la pièce. Cette partie est dans la plupart des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



**Figure (III.18):** Éjection par Bloc d'éjection ou pavé d'éjection et les défauts à éviter

## **CONCLUSION**

A travers ce chapitre, nous avons étudié les moules avec indication de ses composants et son mode de fonctionnement. Nous avons découvert les différents moules existants et leurs composants. Dans le prochain chapitre de ce mémoire on va présenter et faire l'étude et la conception du moule

**CHAPITRE IV :**  
**PRESENTATION**  
  
**et**  
  
**ETUDE**  
  
**DU MOULE**

## **Chapitre IV. Présentation du projet**

### **1) Problématique**

Ce projet a été proposé par monsieur TEMMAR ce projet consiste à l'étude et la conception d'un moule d'injection plastique on prends compte de la capacité du parc de presses à injection dont dispose l'entreprise **SARL TCHNO MOULDING COMPANY** de blida

### **2) Logiciel de conception et simulation**

La conception assistée par ordinateur, ou CAO, rassemble des outils informatiques (logiciels et matériels) qui permettent de réaliser une modélisation géométrique d'un objet afin de pouvoir simuler des tests en vue d'une fabrication.

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

Le logiciel utilisé dans notre étude est le CAO SOLIDWORKS 2020, C'est un logiciel propriétaire de conception assistée par ordinateur 3D. Il permet également de faire des analyses et des simulations des pièces et des assemblages

### **Présentation de l'entreprise :**

la société **SARL TCHNO MOULDING COMPANY** et le regroupement d'un assemblé d'unité de fabrication industriel possédant un matériel de qualité ( atelier automatisé )

actuellement **SARL TCHNO MOULDING COMPANY** développe une nouvelle gamme de produit , se spécialisant dans la production de couvercle et de Goblet par injection thermo plastique adapté au besoin et de la demande croissant du marché avec un rapport qualité prix

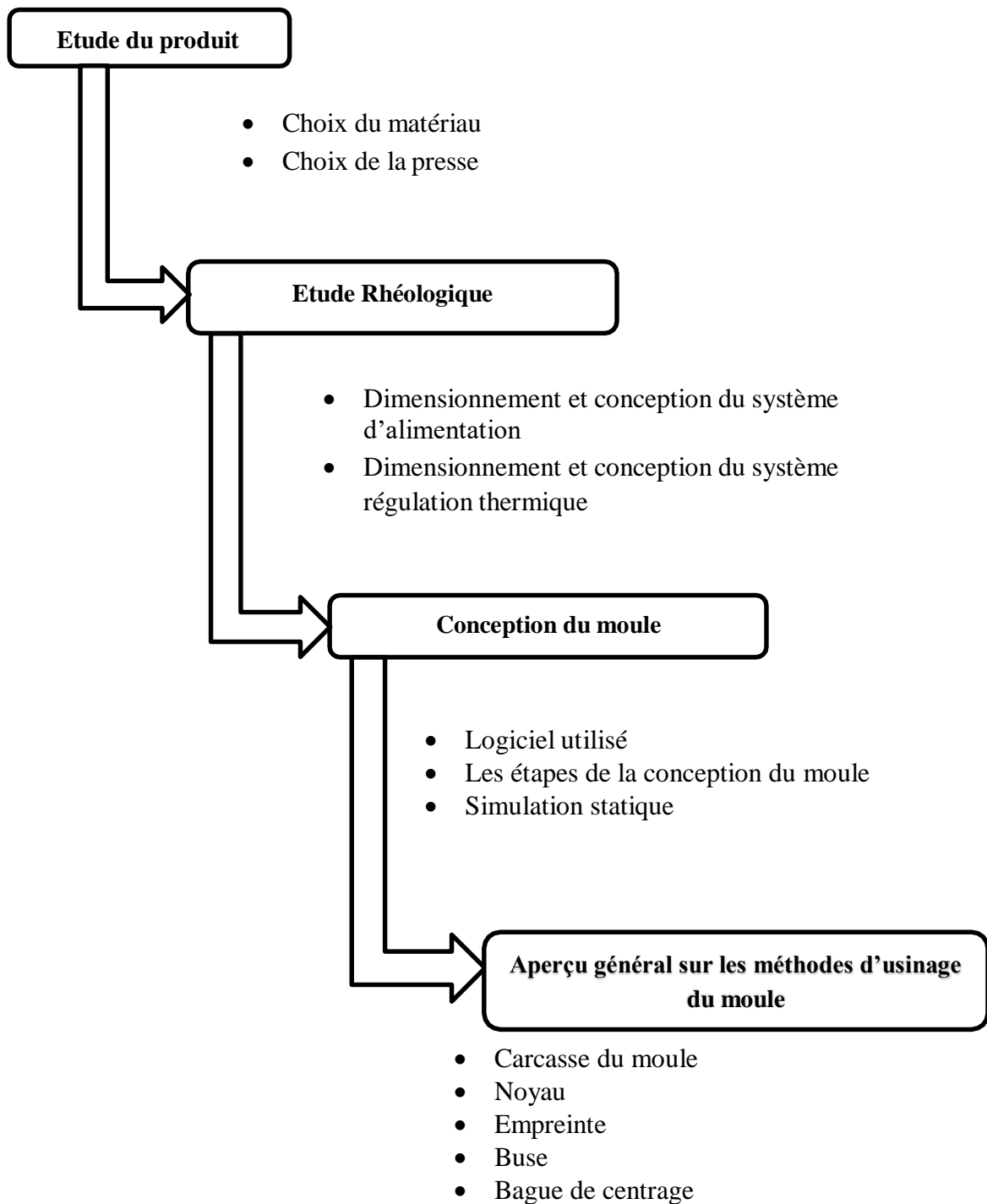
notre entreprise se compose de deux parties :

**1) ressources matérielles :** qui se compose d'un atelier d'usinage ( tournage fraisage ), logiciel de simulation ,atelier plastique (injection , extrusion ) , et atelier moule et outillage

**2) ressource humaine :** elle se compose de l'administration et une équipes commerciale et la production

### 3) Démarches du projet

Les démarches suivies pour réaliser ce projet sont illustrés dans la **Figure suivante**



**Figure (IV.1)** Organigramme montrant les démarches suivies pour réaliser le projet

#### 4) Etude du produit

##### a) Présentation du produit

Le produit (pièce) à étudier (couvercle d'un Goblet) est présenté dans la Figure(IV.2). De plus, son positionnement dans le Goblet est montré dans la Figure (IV.3) le couvercle est une pièce en plastique., plus précisément on polymère polypropylène, est un plastique alimentaire de grande consommation souvent utilisé pour la fabrication de récipients alimentaires Le polypropylène a la propriété **de résister à la graisse. Il est inodore, indéchirable et recyclable.**



**Figure(IV.2)** Présentation générale du produit à étudier



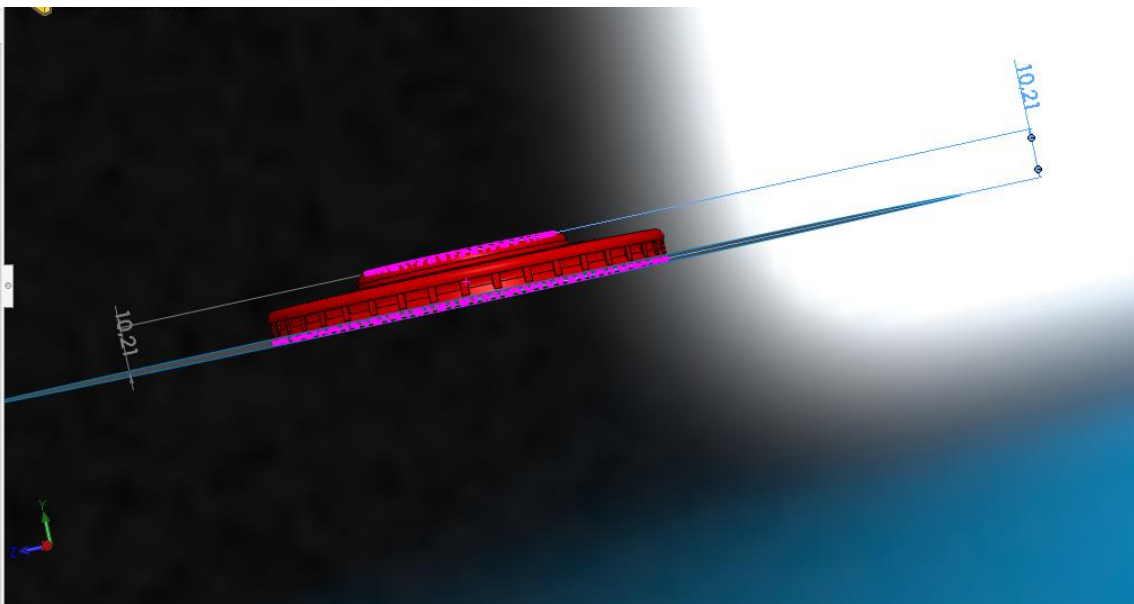
**Figure(IV.3):** Positionnement du couvercle dans le Goblet

**b) Fiche technique du produit**

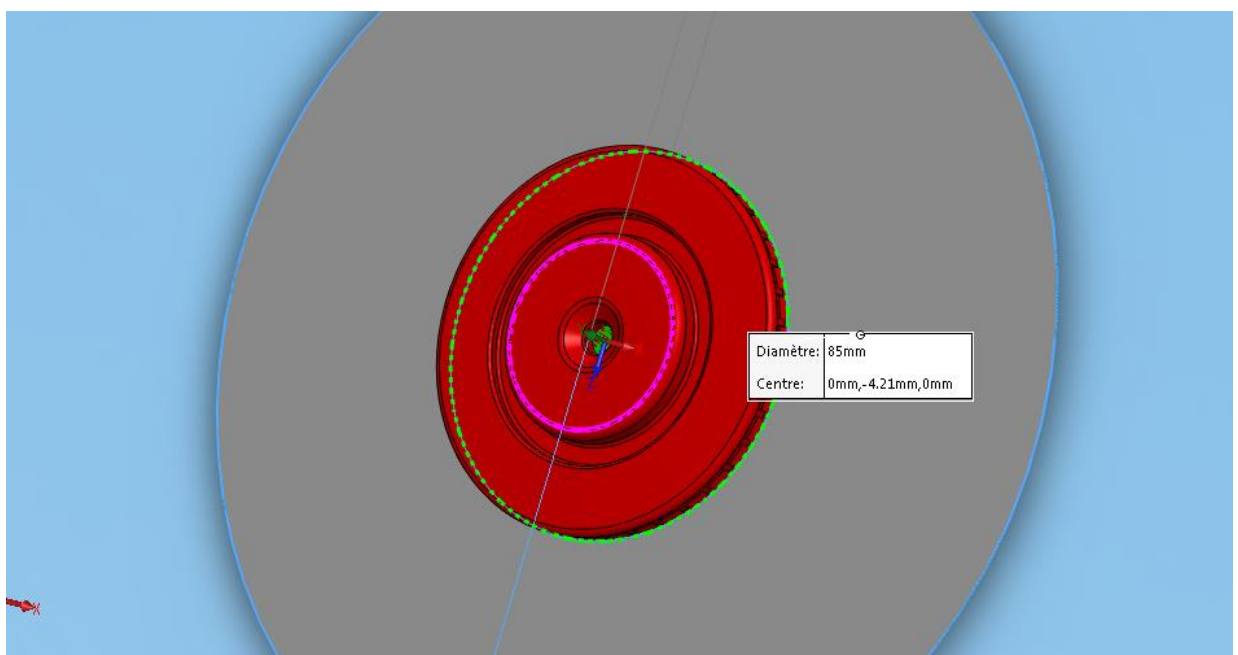
Les dimensions et côtes de la pièce (couvercle) dans le tableau suivant :

**Tableau IV.1.** Dimensions et côtes du produit.:

<b>Volume</b>	4.2cm <sup>3</sup>
<b>Surface</b>	170 cm <sup>2</sup>
<b>Epaisseur minimale de la pièce</b>	0.5 mm
<b>Epaisseur maximale de la pièce</b>	1 mm



**figure(IV.4):** hauteur de la pièces



**figure(IV.5) :** diamètre de la pièces

**c) Cahier des charges :**

Le cahier des charges (parfois abrégé en CDC) est un document qui doit être respecté lors de la conception d'un projet. Le **CDC permet aux clients d'exprimer leurs besoins en termes de fonction de services et de contraintes.**

Les données les plus importantes du cahier des charges proposé par la société sont présentées dans le **Tableau suivants :**

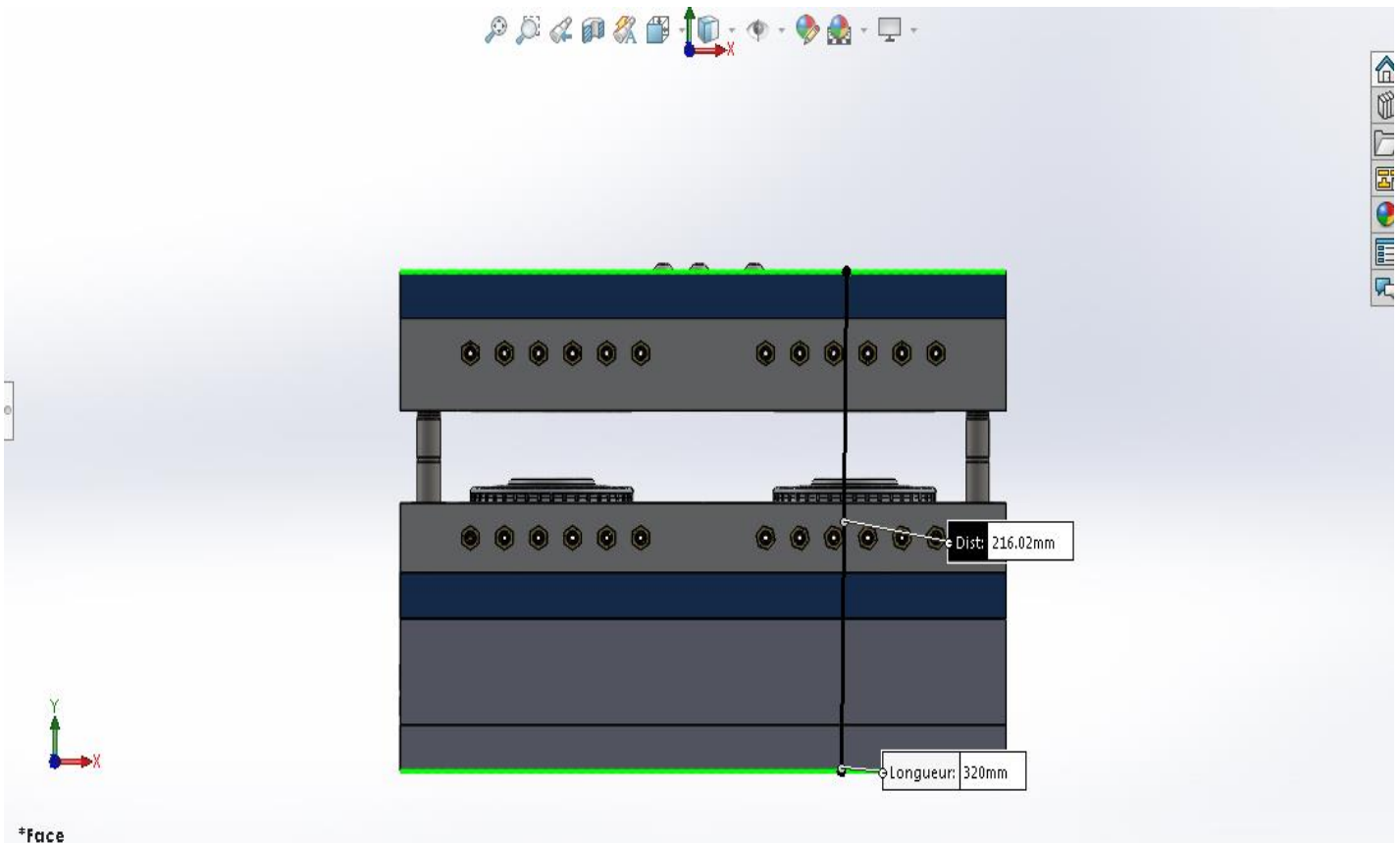
Nom de produit	Fouillot	
<b>Définition de la pièce</b>	Matière première	PP
	Poids de la pièce	3.74 grammes
	Procédé de fabrication	Moulage par injection
<b>Machinevi ta160/ 600</b>	Presse-capacité tonnage	50-200 T
	Passage entre colonnes	H x V= 470*470
	Force de fermeture max	1600 KN
	Course d'ouverture max	480 mm
	force d'éjecteur	34 KN
	course d'éjecteur	150 mm
	pression d'injection	1502 bar
	diamètre de vis	50 mm
	poids max injectable	370 g
	vitesse d'injection max	113 mm/s
	débit d'injection	221 cm <sup>3</sup> /s
	puissance du moter	20 kw
	capacité huile	350 L
	dimension machine	7900x1400x1825mm
	poids net de la machine	520
Mode de refroidissement	à eau	
Mode de travail	Automatique	
<b>Moule</b>	Nombre d'empreintes	deux (02) empreintes
	Masse du moule	8.47 KG
	Type d'éjection	Plaque d'éjection
	Largeur	320 mm
	hauteur	216 mm
	Type de moule	Moule à deux plaques
	Type d'alimentation	Circulaire



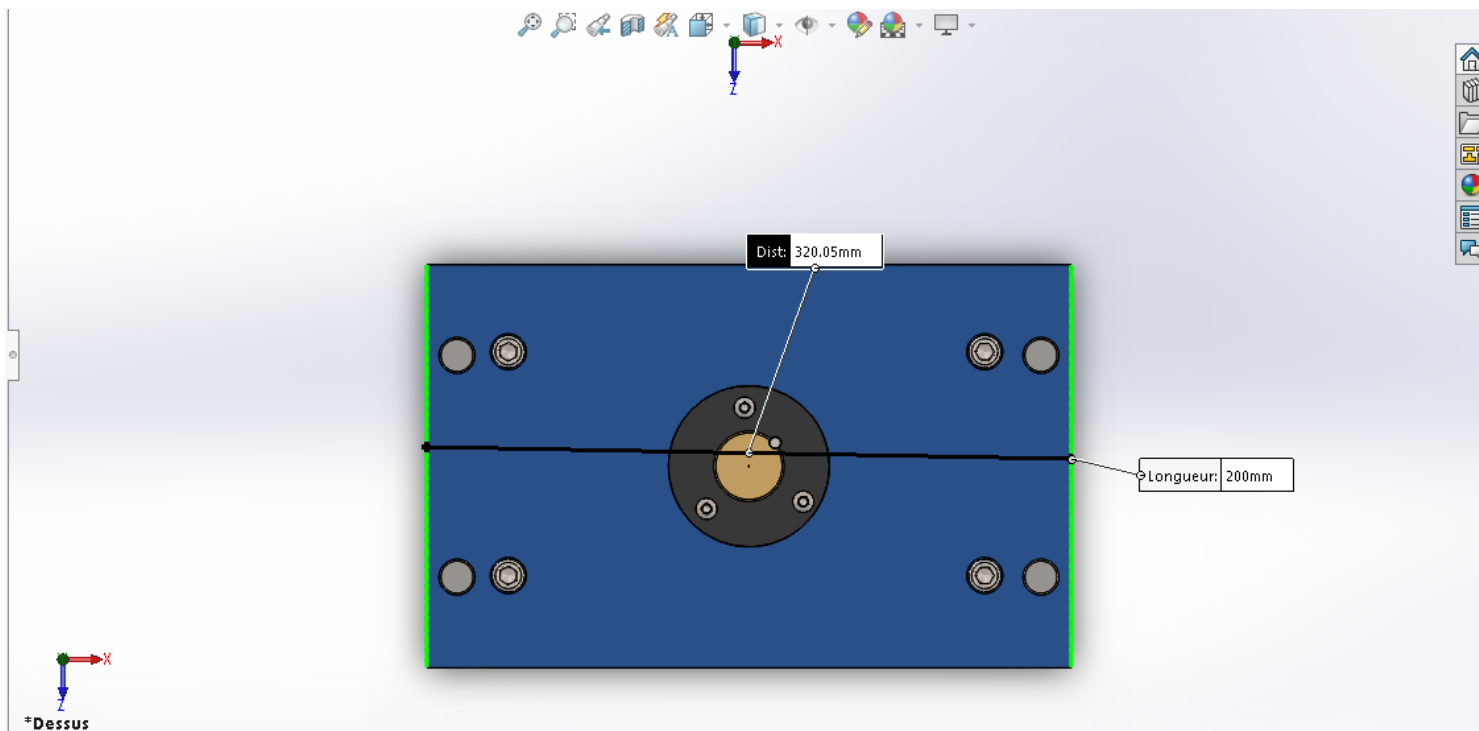
Type de refroidissement

Circulaire

tableau (IV.02): cahier de charge



figure(IV.6) : hauteur du moule



figure(IV.7) : largeur du moule

**+ autres caractéristiques :**

indice	C <sub>v</sub>	B
Valeur(s)	0.66 (s)	3 (s)

**tableau (IV.03) :** autres caractéristiques

avec :

**CV** : cycle a vide de la presse

**B** : autres temps technologique

**d) Choix du matériau**

Selon le cahier des charges établi, le matériau plastique choisit pour la fabrication du produit est Le polypropylène (ou polypropène), de sigle PP et de formule chimique  $(-CH_2-CH(CH_3)-)_n$ , est un polymère thermoplastique semi-cristallin de grande consommation (bouteille, mobilier, etc.). Sa résistance exceptionnelle à la fatigue en fait un matériau de choix pour les pièces qui doivent être déformées (articulation entre un couvercle et une boîte par exemple). proposé à utiliser est délivré sous forme de granules Ces principales caractéristiques techniques sont montrées dans le **Tableau suivant** :

T° fusion	145 à 175 °C
Point de fusion :	F = 171 °C pour un PP idéalement isotactique. F = 160 - 166 °C pour les grades commerciaux.
Masse volumique	~ 0,9 g·cm <sup>-3</sup>
Température d'injection	230 °C
Matière °C	240°C
°C moulé	35°C
°C démoulage	70°C
densité	09 g/cm <sup>3</sup>
Pression empreinte ( bar )	300

**tableau (IV.04):** caractéristiques techniques du polymère pp

**❖ Selon le volume injectable (dosage)**

Le volume injectable (dosage) est le volume de la matière à chaud injectée dans le moule. Il est exprimé dans l'Equation suivante :

$$V_i = V_m/n$$

n (coefficients de structure polymères ) = 0.70

$v_m$  ( volume de la masse moulé) =  $4.2 \text{ cm}^3$

❖ **application numériques :**

$$v_i = 4.2 / 0.70$$

$$v_i = 6 \text{ cm}^3$$

## 5) Etude rhéologique :

### a) Introduction

La rhéologie est l'étude de la déformation et l'écoulement de la matière sous l'effet d'une contrainte appliquée.

Dans la pratique, la rhéologie est une extension des disciplines telles que l'élasticité et la mécanique des fluides newtoniens, aux matériaux dont le comportement mécanique ne peut être décrit par ces théories classiques (fluide non-newtoniens).

On commence notre étude rhéologique de la pièce par un dimensionnement analytique du système d'alimentation et du système de régulation, en suivant les étapes suivantes :

❖ Conception du système d'alimentation

Dimensionnement analytique de :

- 1- La buse du moule (carotte).
- 2- Les canaux d'alimentation
- 3- Les seuils d'injection

❖ Conception des systèmes de régulation thermique

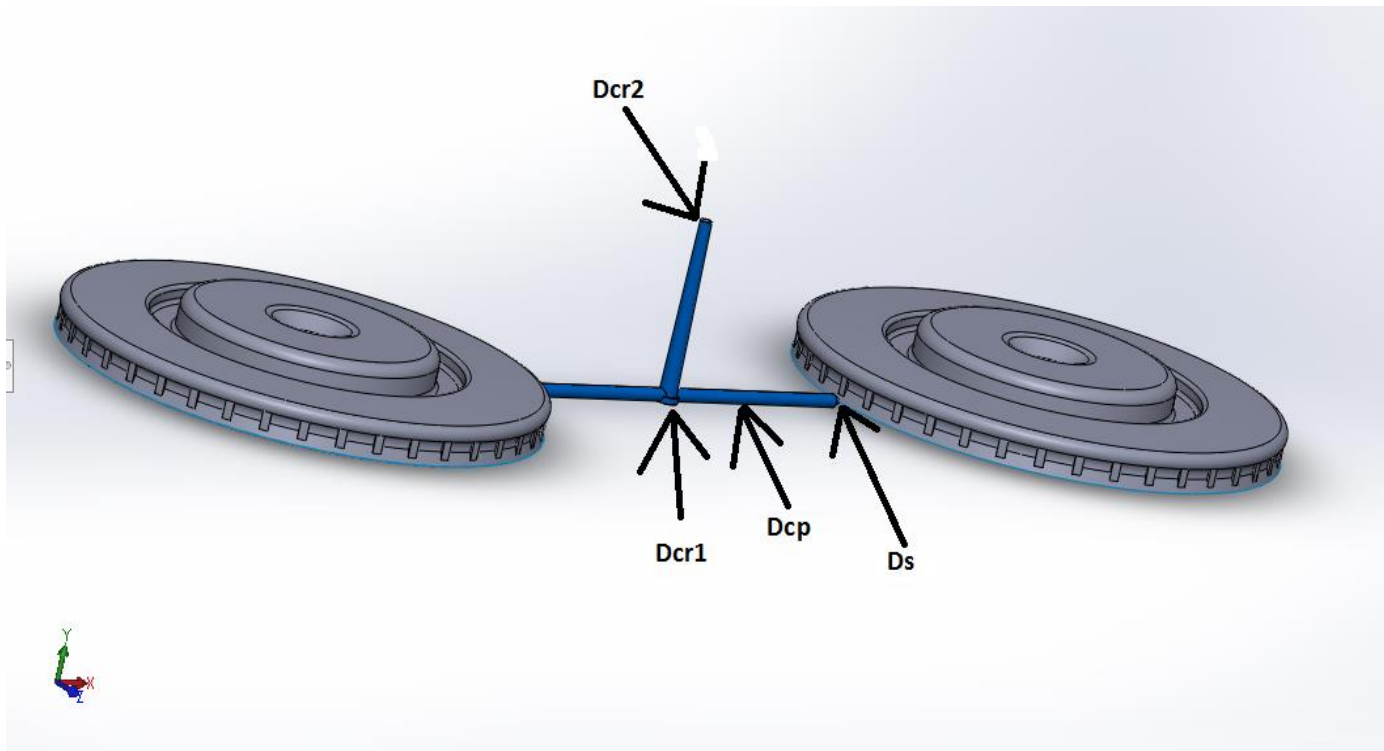
- Calcul du temps de cycle.
- Etablissement du bilan thermique.

❖ Simulation statique

### b) Dimensionnement du système d'alimentation :

Le système d'alimentation d'un moule d'injection comprend quatre composants principaux

- Les seuils d'injection.
- Canaux d'alimentation.
- La buse du moule et arrache carotte

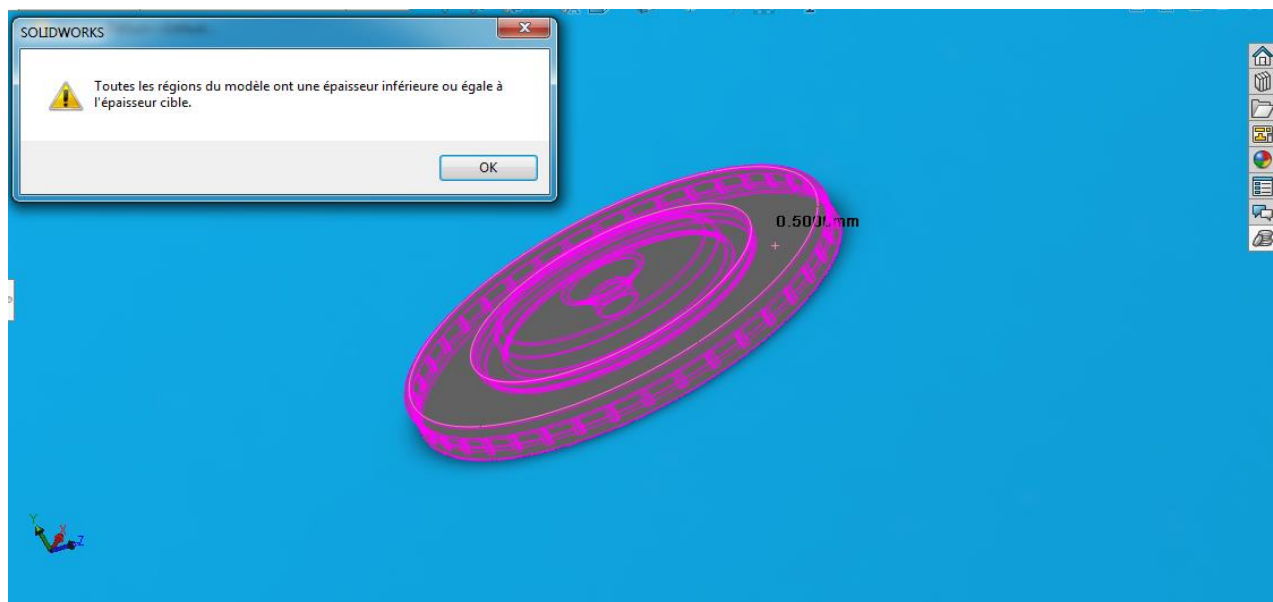


FIGURE(IV.8) : représentation de la grappe

Cependant, avant de procéder au dimensionnement du système d'alimentation il est nécessaire de déterminer l'épaisseur moyenne de la pièce.

- **Détermination de l'épaisseur moyenne de la pièce**

L'épaisseur moyenne de la pièce est déterminée en utilisant SOLIDWORKS, les résultats obtenus (épaisseur moyenne, épaisseur maximale, épaisseur minimale) sont montrés dans la **Figure suivante**



FIGURE(IV.09) : épaisseur de la pièces

A partir des résultats donner par le logiciel on a compris que tous les régions du modèle ont une épaisseur inferieure ou égale a l'épaisseur ciblé

$$e_{\text{moy}} = 0.49 \text{ mm}$$

**c) Dimensionnement du Seuil d'injection**

**✚ Définition**

Le seuil d'injection établit la relation entre le canal d'alimentation et l'empreinte. Il doit assurer la continuité d'alimentation de la pièce moulée pendant la durée de solidification de la matière plastique dans l'empreinte. La pression de maintien permet cette alimentation.

La géométrie du seuil choisi est de type circulaire. Cette géométrie permet d'avoir un écoulement régulier et un démoulage facile)

**✚ Diamètre du seuil (Ds)**

Les paramètres recommandés pour calculer le diamètre des seuils sont donnée dans le **tableau suivant**

Taille du produit	Masse en gramme	Diamètre des seuils
Très petit	0-5	0,5
Petit à très petit	5-10	0,62
Petit	10-20	0,75
Petit à moyen	20-40	1
Moyen	40-100	1,25

**tableau (IV.05)** : les paramètres recommandé pour calculer le seuils

La masse de la pièce est **m = 3.74 g** ; donc on est dans l'intervalle le plus petit (**entre 0 get 5 g**).

A partir des données précédentes, on utilise l'équation de la ligne droite suivante pour le calcul du diamètre des seuils pour des intervalles des masses petites : selon l'**Equation suivante**

$$Ds = 0,024 m + 0,5 \quad \dots \text{Equation}$$

**Ds** : Diamètre du seuil (mm)

**m** : Masse de la pièce (g) ; **m = 3.74 g**

**Avec :**

**0,024** : Constante pour **0 < m < 5 g**.

**0,5** : Diamètre minimum

application numérique :

$$D_s = 0,024 \times (3.74) + 0,5$$

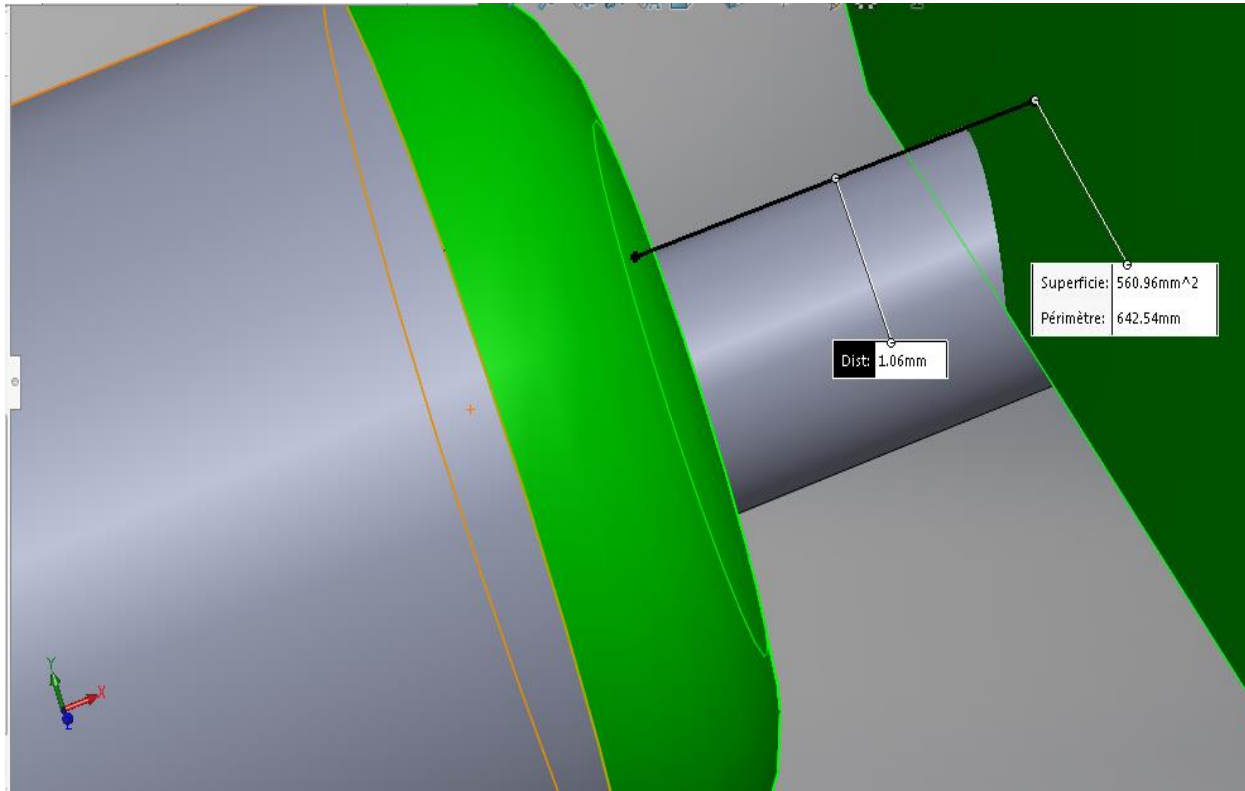
$$D_s = 0,55 \text{ mm}$$

✚ **Longueur du seuil (Ls) :**

- Pour le PP  $0,6 < L_s < 1,2 \text{ mm}$

On prend :

<b>Ls = 1.04 mm</b>
---------------------



FIGURE(IV.10): longueur du seille

#### d) Dimensionnement des canaux d'alimentation

Les canaux d'alimentation permettent d'acheminer la matière depuis la carotte au plan de joint jusqu'au seuil d'injection. Sa section doit faciliter l'écoulement et garantir une distribution homogène et suffisante.

On utilise des canaux circulaires. Ce type de canaux garanti un débit maximal de matière, une faible perte de chaleur et de charge et un temps de refroidissement minimal.

- Dans ce moule, il y a deux (02) canaux principaux (cp)
- **Calcul du diamètre Dcp**

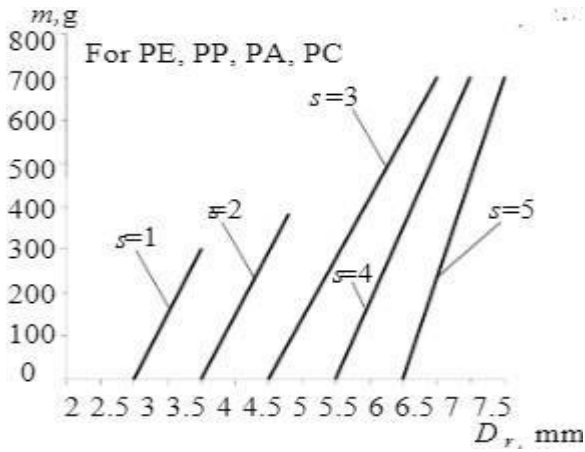
On utilise :  $D_{CP} = D_r \times L_f$  ... Equation

**Avec :**

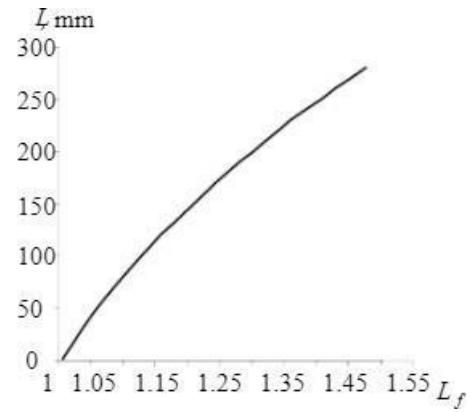
$D_r$  : Coefficient du diamètre théorique.

$L_f$ : Coefficient de la longueur théorique.

Pour trouver  $D_r$  et  $L_f$ , on utilise les **Figures IV.11** et **Figures IV.12**



**Figure( IV.11)** Choix du  $D_r$  en fonction et l'épaisseur



**Figure (IV.12)** Choix du  $L_f$  en fonction de la masse de la longueur du canal principal

**a. Calcul  $D_r$  :**

Selon la **Figure V.3**, si le matériau est **PA, PC, PE, PP, POM** et l'épaisseur moyenne de la pièce est **2,5 mm**, le coefficient  **$D_r$**  sera calculé en utilisant l'**Equation V.3**

$$D_r = \frac{(1,75 m + 2,25) - (S + 1,5) m + M(S + 1,5)}{M}$$

**Avec :**

$m$  : Masse de la pièce (g)

$S$  : Epaisseur moyenne de la pièce (mm)

$M$  : Masse maximale ;  $M = 800g$

**application numérique :**

$$D_r = \frac{((1,75 \times 3,74) + 2,25) - (0,5 + 1,5) 3,74 + 800(0,5 + 1,5)}{800}$$

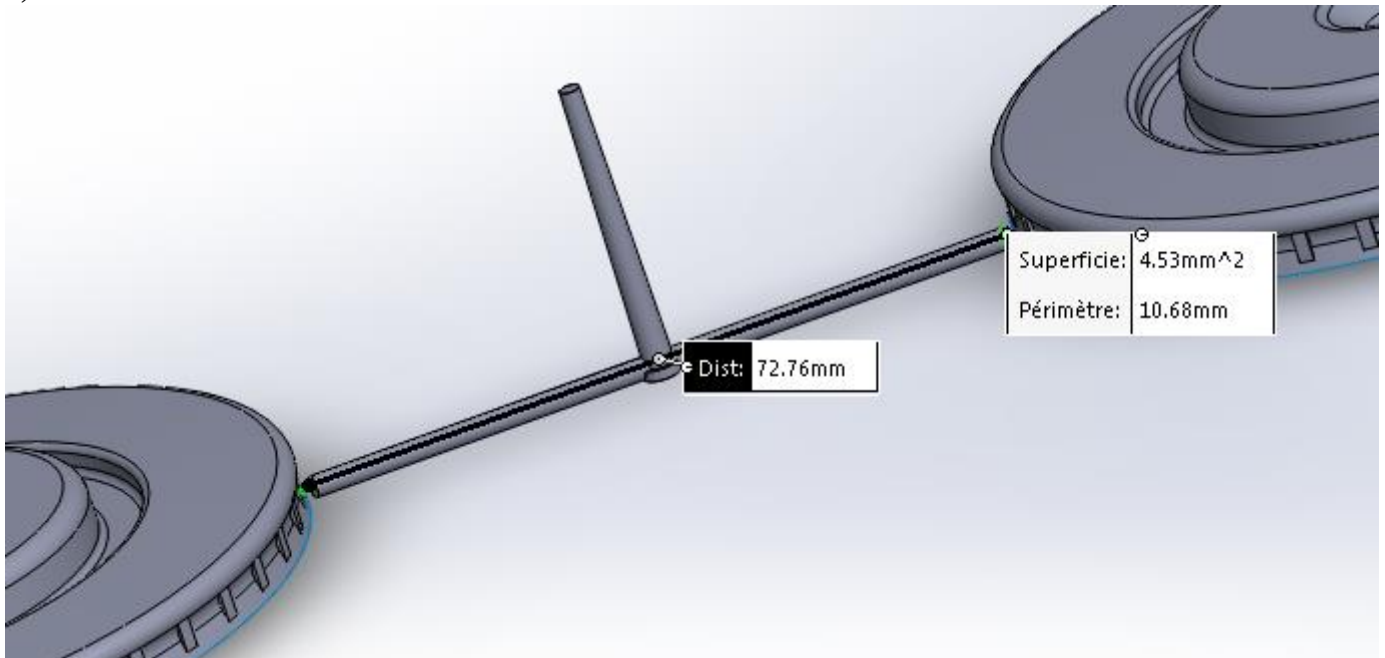
**$D_r = 2 \text{ mm}$**

**b. Calcul  $L_f$**

Pour trouver  $L_f$ , on fait la projection de la longueur du canal  $L$  sur l'axe des « x » à partir de la

**Figure V.4.**

Sachant que  $L = 68 \text{ mm}$ . (Cette valeur est prise en considérant la disposition des empreintes). On le trouve  $L_f \approx 1,10$



figure(IV.13) : longueur canal

on utilisant solidworks on a trouvé la longueur du canal principale  $L = 72.76 \text{ mm}$

**donc** on projetant sur le graphe on trouve  $L_f = \approx 1,10 \text{ mm}$

**A.N :**

De (a) et (b) on peut trouver  $D_{cp}$  :

$$D_{cp} = D_r \times L_f$$

$$D_{cp} = 2 \times 1,10$$

$$\mathbf{D_{cp} = 2.2 \text{ mm}}$$

**e) Dimensionnement de la carotte**

**✚ Calcul du diamètre de la carotte ( $D_{cr1}$  et  $D_{cr2}$ )**

On utilise la méthode des calculs par récurrences pour calculer  $D_{cr1}$  et  $D_{cr2}$



Avec :

**D<sub>cr1</sub>** : Grand diamètre de la carotte (mm).

**D<sub>cr2</sub>** : Petit diamètre de la carotte (mm).

D'après la **Figure V.** on a :

$$\mathbf{S_{cr1} = 2 \times S_c \quad \dots \text{Equation}}$$

**S<sub>cr1</sub>** : Section du grand diamètre de la carotte (mm<sup>2</sup>).

**S<sub>c</sub>** : Section du canal d'alimentation (mm<sup>2</sup>).

$$\frac{\pi \times D_{cr1}^2}{4} = 2 \times \frac{\pi \times D_c^2}{4}$$

$$D_{cr1}^2 = 2 \times D_c^2$$

$$D_{cr1} = \sqrt{2} \times D_c$$

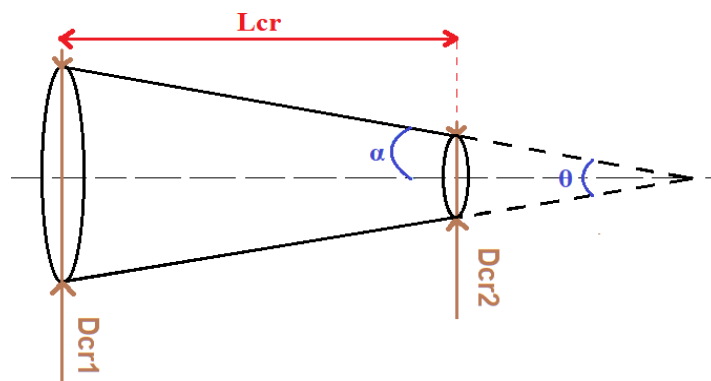
$$D_{cr1} = \sqrt{2} \times (2.2)$$

-

$$\mathbf{D_{cr1} = 3.11 \text{ mm}}$$

**D<sub>cr2</sub>** ?

Pour calculer **D<sub>cr2</sub>**, il est nécessaire de calculer d'abord le volume de la carotte



**Figure( IV.14)** Représentation de la carotte

La carotte a une forme d'un tronc de cône tel que montre la **Figure V.5**. Son volume est donné par l'**Equation V.6**.

$$\mathbf{V_{cr} = (\pi/12) \times L_{cr} [D_{cr1}^2 + D_{cr2}^2 + (D_{cr1} \times D_{cr2})] \dots \text{Equation V.6.}}$$

**Avec :**

$L_{cr}$  : longueur de la carotte.  $L_{cr} = 60 \text{ mm}$ .

➤ **Calcul du diamètre  $D_{cr2}$  :**

$$Tg(\alpha) = \frac{D_{cr1} - D_{cr2}}{2} \times \frac{1}{L_{cr}} \dots \text{equation}$$

$$D_{cr2} = D_{cr1} - 2(L_{cr} \times Tg(\alpha))$$

**avec :**

$$\alpha = 1^\circ = 1 \times \frac{\pi}{180} \text{ rad}$$

**application numérique :**

$$D_{cr2} = 3.11 - 2 \times (60 \times (\text{tg} \frac{\pi}{180}))$$

$$\mathbf{D_{cr2} = 1.01 \text{ mm}}$$

On remplace les valeurs de  $D_{cr1}$ ,  $D_{cr2}$  et  $L_{cr}$  dans l'Equation V.6 pour trouver  $V_{cr}$  :

**A.N :**

$$V_{cr} = \left(\frac{\pi}{12}\right) \times 60 \times [3.11^2 + 1.01^2 + (3.11 \times 1.01)]$$

$$\mathbf{V_{cr} = 217.29 \text{ mm}^3}$$

#### f) Dimensionnement du système de refroidissement

La fonction refroidissement a pour but de transformer la matière fondue à sa phase solide après le remplissage des empreintes en évacuer le plus rapidement possible la chaleur.

Cette fonction est assurée par un passage d'un liquide (eau) dans des perçages réalisés dans les plaques portes empreintes et les pièces rapportées.

Le choix de la technique de refroidissement conditionne le temps de cycle ainsi que les propriétés de la pièce.

Le temps de refroidissement du procédé du moulage par injection est donné par l'Equation

$$tr = \frac{s^2}{\alpha \pi^2} \times \text{Ln} \frac{8}{\pi^2} \times \frac{(Ti - TM)}{(Tm - TM)} \dots\dots\dots\text{equation}$$

s = épaisseur de la pièce en m =  $0.5 \times 10^{-3}$

$\alpha$  = diffusivités thermique du polymère =  $6.2 \times 10^{-8}$

Ti = température d injection =  $230 \text{ }^\circ\text{C}$

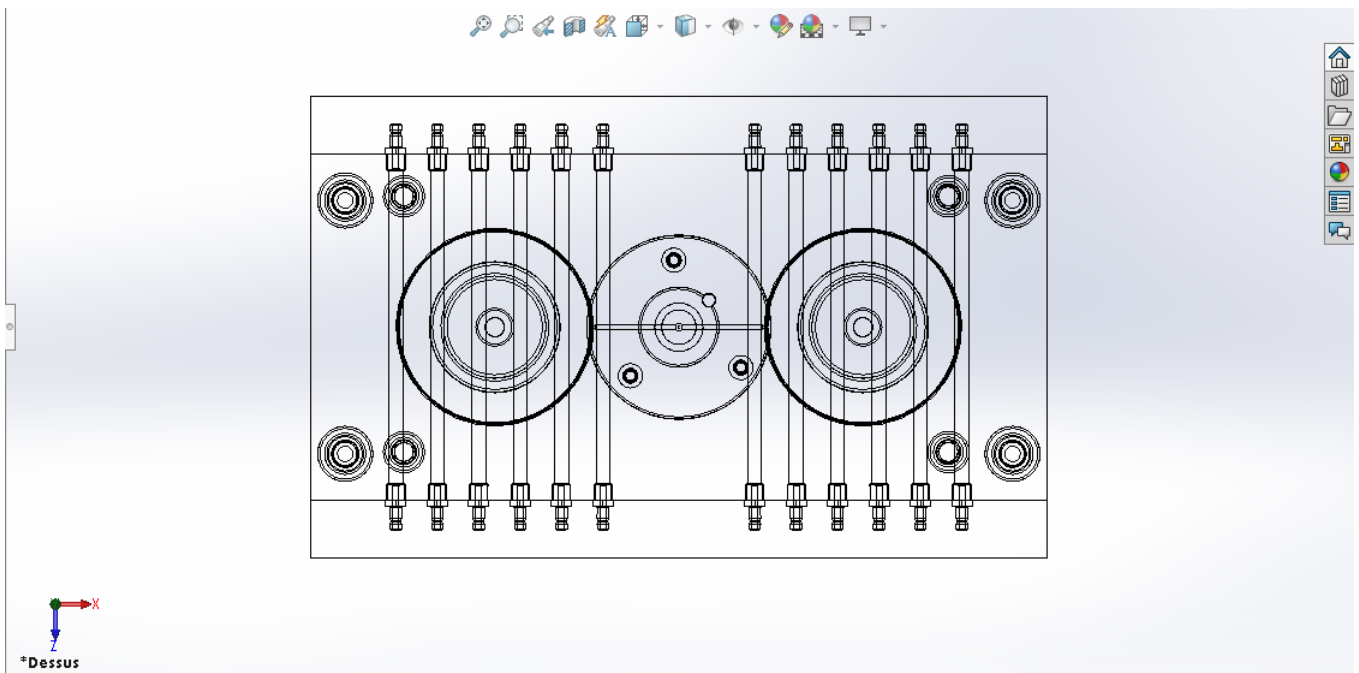
TM =température de la pièce au démoulage =  $40 \text{ }^\circ\text{C}$

Tm = température d'imprainte =  $60 \text{ }^\circ\text{C}$

application numérique :

$$tr = \frac{0.5 \times 10^{-3}}{6.2 \times 10^{-8} \times \pi^2} \times \text{Ln} \left( \frac{8}{\pi^2} \times \frac{(230 - 40)}{(60 - 40)} \right)$$

**tr = 0.83 s ≈ 1 s**



figure(IV.15) : systèmes de refroidissements

calculer le temps de remplissage :

$$T_{re} = \frac{V + 1.5}{Qv}$$

V = volume de la pièce = 4.2 cm<sup>3</sup>

Qv = débit volumique = 221 cm<sup>3</sup>/s

application numérique :

$$T_{re} = \frac{4.2+1.5}{221}$$

$$T_{re} = 0.025 \text{ s}$$

g) détermination du cycle optimale du moulage :

$$T \text{ cycle} = A + Cv + tr + B$$

A: temps de remplissage de la moulée = 0.025s

Cv: cycle a vide de la presse = 0.66 s

B: autres de temps technologique (éjection, dévissage ,robot...) = 3s

tr: temps de refroidissement en secondes = 1 s

application numérique :

$$T \text{ cycle} = 0.025 + 0.66 + 1 + 3$$

$$T \text{ cycle} = 4.685 \text{ s}$$

**h) Quantité moulé par heurs :**  $p = Pm \ 3600/T$

$$P = \frac{Pm \times 3600}{T}$$

- P: poid total de la moulée par heure :  
3600(Kg/h)
- Pm: poid de la moulée (masse de la piece +  
masse de la carote :0.004 (Kg)
- T: temps de cycle = 4.685 (s)

**application numérique :**

$$pm = 0.39 + 3.74 = 4.13 \text{ g}$$

$$pm = 0.004 \text{ KG}$$

$$P = \frac{0.004 \times 3600}{4.685}$$

$$p = 3.07 \text{ kg/h}$$

**i) déterminé la quantité de chaleur évacuée pour refroidir le polymère :**

$$Q = P (H_i - H_m )$$

Q: quantité de chaleur à évacuer : (Kcal /h )

P: poids total moulé par heure : 3.07 kg/h

$H_i - H_m$  : enthalpie du polymère a la température d injection :  $145-35=110$  (Kcal /Kg)

$$Q = 3.07 \times 110$$

$$Q = 337.7 \text{Kcal/h}$$

## 1. CONCEPTION DU MOULLE :

### a) Introduction

Après la validation des paramètres d'injection, ainsi que les paramètres des fonctions et les dimensionnements des systèmes d'alimentation et régulation, on passe à la conception du moule

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

### b) Logiciel utilisé

Pour élaborer ce travail, le logiciel SOLIDWORKS a été utilisé pour la conception du moule. Solidworks est un logiciel de conception assisté par ordinateur, utilisé par des concepteurs et d'autres professionnels pour concevoir des pièces, des assemblages et des mises en plan complexes. De plus, il peut être utilisé dans plusieurs domaines ; il utilise le principe de conception paramétrique.

La modélisation géométrique des pièces d'un moule à injection plastique avec le logiciel

**Solidworks** passe par 3 étapes :

- Création des pièces en model de 2D (2 dimensions).
- Création des pièces en model 3D (3 dimensions).
- Assemblage des pièces

c) **Etapes de la conception du moule**

**Etape 1 : Conception de la pièce**

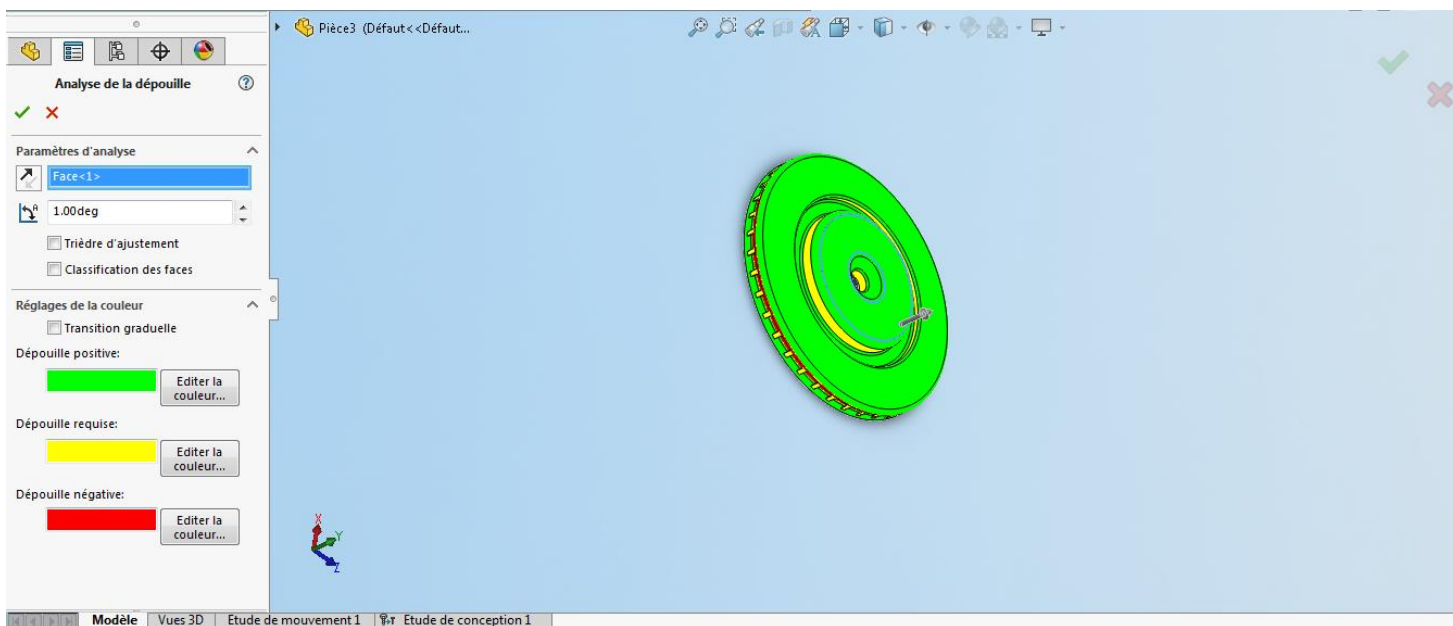
Avant de procéder à la modélisation, certaines conditions doivent être respectées. Parmi ces conditions, on peut citer :

- **Conception de la pièce**

La conception de la pièce a été faite avec le logiciel de la CAO **solidworks** en se basant sur un modèle physique déjà existant dans l'entreprise fabriqué en polypropylène .

- **Analyse de dépouille de la pièce**

En moulage, la dépouille ou angle de dépouille est l'inclinaison des parois du moule nécessaire pour faciliter le démoulage de la pièce. On parle de contre-dépouille lorsque la forme de la pièce interdit un démoulage direct. dans ce cas la notre pièces elle a pas de problème dans le démoulage alors on a pas besoin de l'analyse de contre dépouille



FIGURE(IV.16) : analyse de dépouille

d) **Conception de la partie fixe et mobile du moule**

- **Disposition des deux empreintes**

Cette disposition dépend du type d'alimentation et l'emplacement du seuil d'injection comme les montrent les mises en plan de l'empreinte fixe .

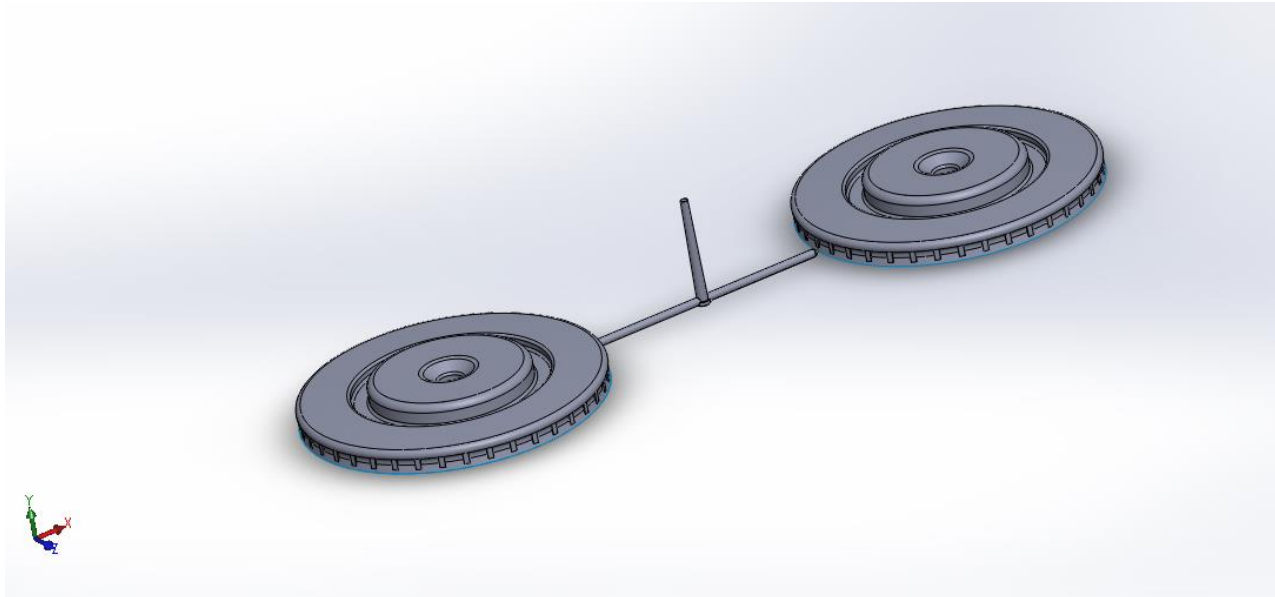
- **Empreintes partie fixe et mobile**

L'empreinte partie mobile et partie fixe sont composées de la disposition des empreintes, les canaux

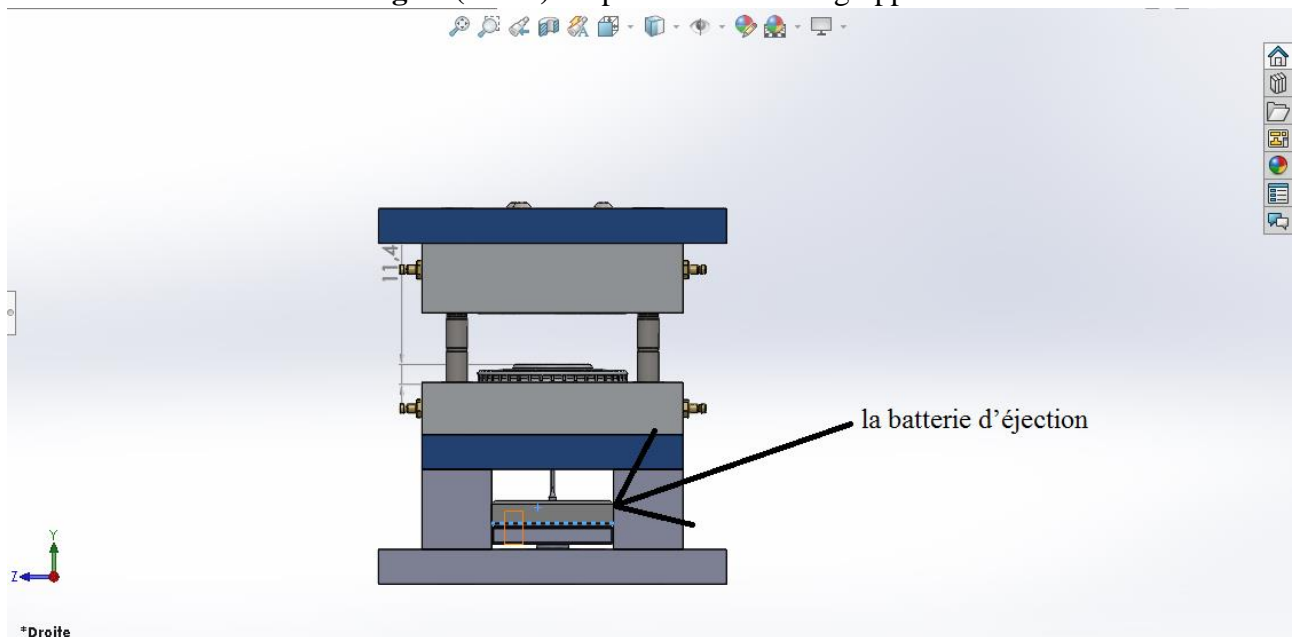
d'alimentation principale et les canaux de refroidissement et ils sont fixés dans les portes empreintes avec des vis.

- **Extraction de l'empreinte**

L'extraction de l'empreinte est liée directement au mouvement d'ouverture de la presse en reculant la partie mobile pour ouvrir le moule, puis l'avancement de la batterie d'éjection pour éjecter la pièce à l'aide des éjecteurs.



**figure(IV.17) : représentation de la grappe**

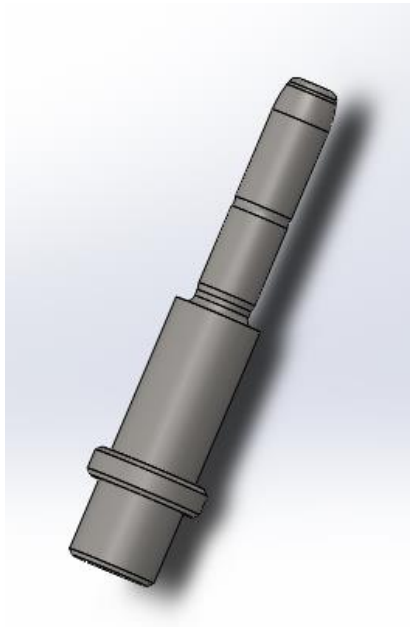


**FIGURE(IV.18) :batterie d'éjection**

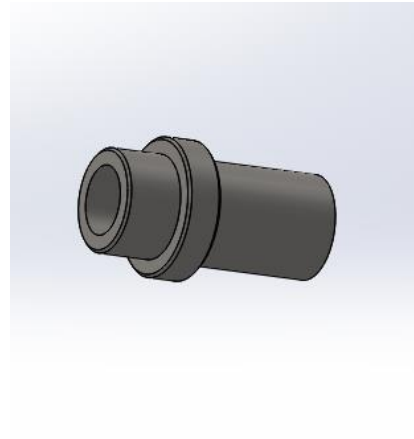


- **Colonnes et bagues de guidage**

Les colonnes et les bagues de guidage sont fixées sur les tasseaux de la partie mobile et la semelle partie fixe, respectivement. Une entretoise est aussi fixée sur les colonnes montré si dessous :



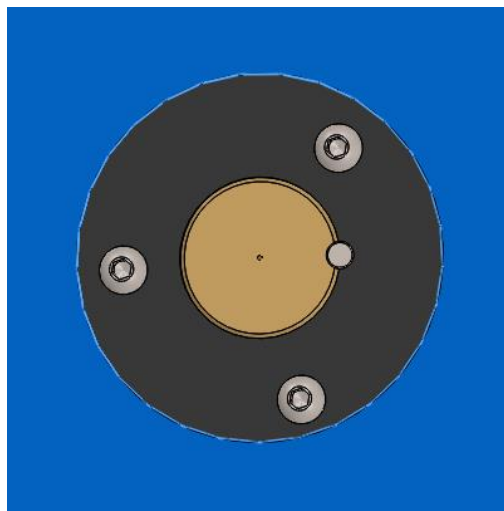
**FIGURE(IV.19)** : colonne de guidage



**FIGURE(IV.20)**:bague de guidage

- **Bague de centrage**

La bague de centrage est fixé sur l'assemblage avec des vis.

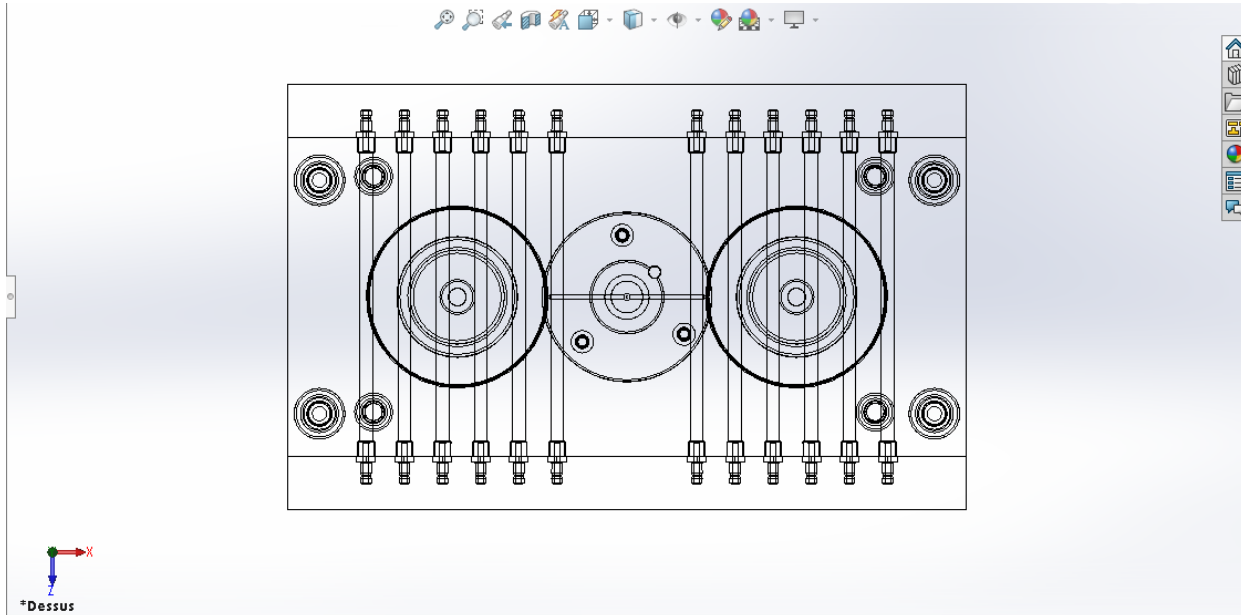


**FIGURE(IV.21)** : bague de centrage

-

e) **Implantation du circuit de refroidissement**

Le placement des canaux de refroidissement est limité par la géométrie du moule, le plan de joint, les éjecteurs et tous les éléments mobiles du moule



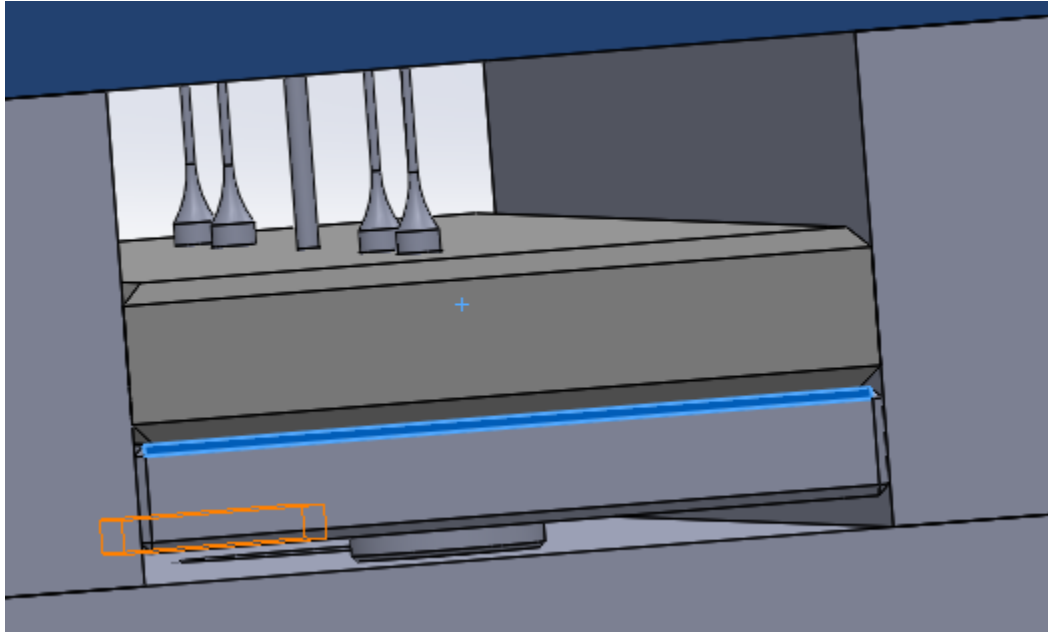
**FIGURE(IV.22) : canaux de refroidissement**

f) **Ejecteurs**

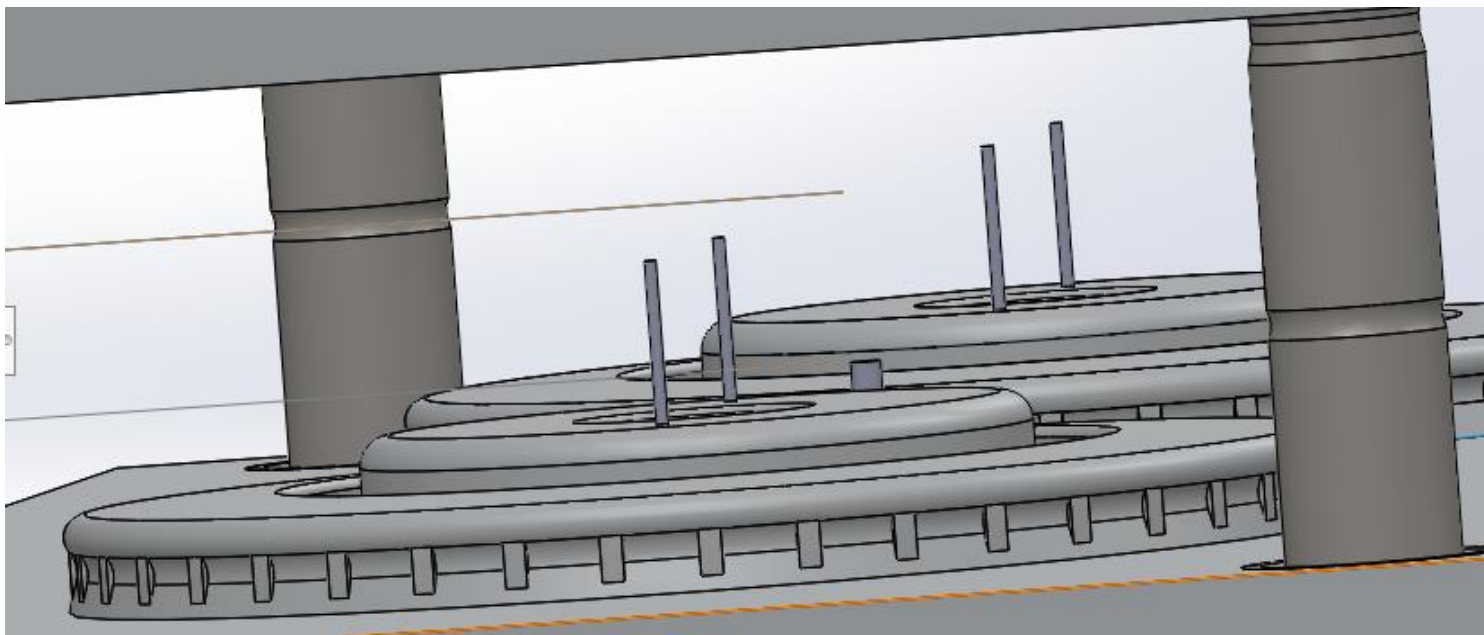
Les éjecteurs utilisés sont de types cylindriques et tubulaires. Ce type d'éjecteurs permet d'introduire le noyau



**FIGURE(IV.23) :les différent éjecteur dans le moule**

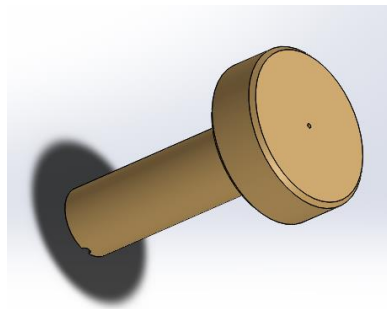


FIGURE(IV.24) : éjecteurs au repos



FIGURE(IV.25) : éjecteur au moment de l'éjection de la pièces

la buse d'injection :



FIGURE(IV.26) :la buse d'injection

## **CONCLUSION GENERALE**

Le présent travail est dédié à l'étude et la conception d'un moule à injection destiné à la fabrication d'un couvercle de Goblet

Ce projet a été proposé par MR TEMMAR et a été encadré par la société **SARL TECHNO MOULDING COMPANY**

- ✓ Premièrement, le travail est basé sur l'étude du produit, en présentant tout d'abord le cahier des charges. En conséquence, le matériau plastique choisi pour ce produit est le polypropylène (**PP**). De plus, les calculs du volume injectable, des dimensions du moule et de la force de fermeture des presses à injection existantes dans le parc machine de l'entreprise
- ✓ Le deuxième axe est consacré à l'étude rhéologique, en effectuant le dimensionnement du système d'alimentation et de refroidissement
- ✓ enfin, Le troisième axe est dédié à la conception des différents éléments constitutifs du moule à l'aide de l'outil **CAO Solidworks** allant du système d'alimentation jusqu'au système d'éjection.

A l'issue de ce travail, on peut affirmer qu'il nous a non seulement permis d'élargir nos connaissances mais aussi à maîtriser l'approche technique pour traiter un sujet technique et de constater la place grandissante qu'occupent les matières plastiques dans l'industrie de divers domaines

Par ailleurs, ce projet nous a permis d'approcher la réalité du monde du travail dans la société

**SARL TECHNO MOULDING COMPANY** et nous a donné l'occasion de toucher à des domaines assez vastes de la construction mécanique.

## Références bibliographiques :

- [1] **ZAIR RAYANE ET BAZIZE SARAH** : Mémoire du Projet de Fin d'Etudes Etude et conception d'un moule d'injection plastique pour un élément de serrure à larder  
FOUILLOT USTHB
- [2] **OUACHOUACHE ABD EL KRIM** : mémoire fin d'étude Conception d'un moule d'injection des pièces en M.P université badji mokhtar
- [3] **HADJ AISSA FEKHAR Abderrahmane. HASNAOUI Sid Ali.** : mémoire fin d'étude , Procédure de conception d'un moule à injection plastique d'une multiprise électrique A3 USDB
- [4] **Mr MOUFFOK S**, Moulage par injection des plastiques, cour master 2, Fabrication mécanique et productique, **2020**.
- [5] **Belaribi A, Saàdaoui O**, Etude du procédé de production des pièces par injection desthermoplastiques, Mémoire de fin d'études Master 2, Université MOHAMED BOUDIAF - M'SILA, **2017**
- [6] **HADEF S**, « Étude de l'influence des conditions d'injection sur la qualité des pièces injectées en matière plastique », Mémoire de Magister, Département de Mécanique, Université de Biskra, **2012**.
- [7] **Gassou M, Rahmani A**, «Etude de la qualité des pièces fabriquées en moulage par injection», mémoire master professionnel, département de mécanique, UKM Ouargla, **2013**.
- [8] **Technique de l'ingénieur**, «Injection des thermoplastiques : les presses» Laszlo MUZSNAY, Doc (A 3690).
- [9] **R.Nunn**, « The reciprocating screws process », injection Molding Handbook, **1986**.
- [10] **Alain Bertelone**, moule d'injection des matières plastiques, **2005**.
- [11] **BABACI A, AMRANE A, DJIDJA N**, Etude et conception d'un moule d'injection plastique pour enjoliveurs de congélateur ENIEM 225L, Mémoire de fin d'études Master 2, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, **2017**.
- [12] Chapitre IV conception des moules d'injection des matières plastique, Cours de pmf des matières plastiques, Licence en GM, Enseignants : HAMMAMI.T et LOUATI.H.
- [13] **cour les moules d'injection**, 2nde et/ou 1ère Baccalauréat Professionnel Plasturgie, 1er trimestre **2008**.
- [14] **Ž. Rutkauskas, A. Bargelis**, Knowledge – based method for gate and cold runner definition in injection mold design, **2007**.

[15] Julien HUMBERT: « Conception, élaboration et production d'agrocomposite à partir de tourteau de tournesol : étude du procédé d'extrusion-formulation-granulation Et d'injection-moulage », DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE, 2008 Français.