

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
FACULTE DU GENIE DE LA
CONSTRUCTION
Département de Génie Mécanique



Mémoire de fin d'études

En vue d'obtention du diplôme de Master Académique

en Génie Mécanique Option :

Génie Des Matériaux

Thème

**Revêtement De Pièce Plastique Fabrique Par
Injection Plastique**

Proposé et dirigé par :
promoteur : Mr Salhi Ahmed

Réalisé par
Meziab Rabah

Année 2021 -2022

REMERCIEMENTS

On remercie en premier lieu le Bon Dieu de nous avoir donné le courage d'aller au bout de notre travail.

Je tiens à exprimer mon profonde gratitude à mes parents et toutes ma familles, qui grâce à leurs aides, notre travail a vu le jour.

*Le bon encadrement de ce travail a été assuré par Mr Salhi Ahmed. On voudrait donc leur exprimer toute notre sympathie et notre reconnaissance pour l'aide qu'ils ont su nous prodiguer.
mon vifs remerciements vont aux membres du jury pour avoir accepté d'examiner notre travail.*

Que les membres du personnel du unité de fabrication. Moh Blibak et Amazigh Idir sincère reconnaissance pour leur excellent accueil et disponibilités.

Je tien a remercier ma petite famille pour son soutien.

mon sincères remerciements vont à tous nos enseignants et ceux qui nous ont appris quelques choses dans la vie.

*je remercie très vivement tous ceux et celles qui, de près ou de loin, nous ont porté aides et encouragements en particulier sadi arezki
A vous tous, du profond du cœur :Grand Merci !*

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

- Mon très cher père et ma précieuse

mère

- Cousins et Cousines et leurs familles.

- Tous ceux qui me sont chers.

- Tous mes amis et amies.

*- Tous mes collègue de travail
novonordisk LMB et LMTO .*

Chapitre I généralité sur les polymères

I.1.Généralités sur les polymères :	1
I.1.1. Définition d'un polymère :	2
I.1.2. Classification des différents polymères.....	3
I.1.2.1. Classement lié à la structure.....	3
I.1.2. 1.1. Polymères linéaires.....	3
I.1.2.1.2. Homopolymères.....	3
Quelques propriétés dues à la tacticité:.....	4
I.1.2.1.4. Polymères ramifiés	5
I.1.2.1.5. Polymères à cycles dans la chaîne.....	7
I.1.2.1.6. Polymères tridimensionnels	7
I-2-definition de la matière plastique :	9
I-2-1-Histoire du plastique :	9
I-3-Date importante de découvert : [2]	10
I-5- La polymérisation:	11
a). la polycondensation:	11
b). La polyaddition:.....	11
c). La polymérisation radicalaire:.....	11
I-6- Les différentes familles de plastique :	11
I-7- Propretés des matières plastiques :	12
I-7-1- La Légèreté:.....	12
I-7-2- La résistance mécanique:	12
I-7-3- La transparence:.....	13
I-7-4- L'inaltérabilité:.....	13
I-7-5- L'esthétique:.....	13
I-7-6- L'isolation:	13
I-7-7- L'imperméabilité:.....	13
I-7-8- La glisse:.....	13
I-7-9- L'entretien.....	13
I-7-10- L'asepsie naturelle:.....	13
I-8- Les applications du plastique :	13
I-9- Guide de sélection des matériaux :	15
I-10- Les Thermoplastiques :	15
I-11- L'acrylonitrile butadiène styrène :	17
I-11-1- Propriétés de Acrylonitrile Butadiène Styrène(ABS) :	18
I-11-2- Les applications types de l'ABS sont les suivantes :[9]	19

Chapitre II

II-1-Introduction:.....	20
II-2- Procédés de transformations du plastique par injection:	20
II-2-1- Procédé de l'injection:.....	20
II-2-2-Injection soufflage:.....	21
II-2-2-3-Extrusion:	22
II-2-2-4-Extrusion gonflage:.....	22
II-2-2-5-Extrusion soufflage:	23
II-2-2-6-L'expansion moulage:.....	24
II-2-2-7-Thermoformage:	25
II-2-2-8-Calandrage:	25
II-2-2-8-1 Applications:.....	26
II-2-2-9-Roto moulage :.....	26
II-2-3-Machine d'injection:.....	27
II-2-4-Fonctionnement de la machine à injection plastiques:.....	27
II-2-5-Composants d'une presse d'injection :	28
II-2-6- Les caractéristiques d'une presse à injection :.....	29
II-2-7-Les différentes presses d'injection :	29
II-2-7-1- Presse horizontale :	29
II-2-7-2- Presse vertical :	29
II-2-7-3- Presse électrique :	29
II-2-8-Choix de la machine d'injection	30
II-2-8-1- Caractéristiques technique	30
II-2-9-Les paramètres d'injection :	31
II-2-9-1-Température de mise en œuvre :	31
II-2-9-2-Pression dans l'empreinte :	31
II-2-10-Techniques d'injection :	32
II-2-10-1-Injection a grande cadence :.....	32
II-2-10-2-Micro- injection :	32
II-2-10-3-Injection lourde :	32
II-2-10-4-Injection séquentielle :	32
II-2-10-5-Injection sur noyau fusible :.....	32
II-2-10-6- Sur-injection :	33
II-2-10-7-Co-injection :	33
II-2-10-8-Injection assistée par gaz :	33
II-2-10-9-Injection sur noyaux tournants :	33

II-2-11-Refroidissement des moules :	34
II-2-11-1-Le temps de refroidissement :	35
II-2-12-Démoulage Ejection	36
II-2-12-2-Ejection.....	37
II-2-12-3-Choix des éjecteurs :	37

chapitre III

III-1- Introduction:	38
III-2-Modélisation de la pièce:.....	38
III-2-1- Règle de conception:	38
III-2-2- Règles élémentaires de conception plastique.....	39
III-2-3- Dessin de la pièce	39
III-2-4- Epaisseurs de parois	39
III-2-5- Arrondis et congé de raccordement	39
III-2-6- Les nervures:.....	40
III-2-7-Les fonds de pièces	40
III-2-8- Les dépouilles et contre-dépouille.....	40
III-2-9- Filetages et Taraudages	40
III-2-10- Le choix du plan de joint.....	40
III-2-11- Les pièces complexes	40
III-3- Les élément de base:	41
III-3-1- Plaque porte empreinte:	41
III-3-2- La semelle avant:	41
III-3-3- La semelle arrière.....	41
III-3-4-Les système d'alimentation3-III-4-1- La buse:	41
III-3-4-2- Les Canaux	41
III-3-4-3- Les seuils d'injections	42
III-4- L'architecture du moule.....	42
III-4-1- Moule a deux plaques	42
III-4-2- Moule a tiroir	44
III-4-3- Moule a coquilles	44
III-4-4 moules a canaux chauds;	44
III-5- Empreintes du moule.....	45
III-5-1- Nombres d'empreintes.....	45
III-5-2- Matériaux constitutifs de l'empreinte	45
III-5-2-1- Acier	46
III-5-2-2- Alliage de cuivre.....	46

III-5-2-3- Alliage d'aluminium	47
III-5-3- Régulation de température	47
III-5-4- Fermeture du moule	47
III-5-4-1- Fermeture mécanique par genouillère	48
III-5-4-2- Fermeture hydraulique avec genouillère	48
III-5-4-3- Fermeture hydraulique a un vérin	49
III-5-4-4- Fermeture hydraulique multi-vérins.....	49
III-6- Autres fonctions assurées par le moule.....	49
III-7- Fabrication de moule.....	50
III-7-1- Usinage a grande vitesse (UGV).....	50
III-7-2- Usinage par enlèvement de particules ou électroérosion	50
III-7-3- Forçage a froid	50
III-7-4- Electro-dépositions	51
III-8- Remplissage du moule	51
III-8-1- Organes constitutifs de la machine.....	51
III-8-2- Chauffage du filet	51
III-8-3- Système vis-piston	52
III-8-4-Clapet de vis	52
III-9- Cycle de moulage.....	53

chapitre IV Generalite sur les Tretement de surface des polymeres

IV.I Généralité Traitement Sur Les Surfaces Polymères	55
IV.II Fonctionnalisation de surface par des méthodes chimiques.....	55
IV.II.1 Hydrolyse acide ou basique.....	56
IV.II.2 Attaque oxydante.....	57
IV.II.3 Aminolyse	57
IV.II.4 Modification physique de surface	58
IV.II.5 Modification de surface par ozonolyse	59
IV.II.6 Modification de surface par irradiation UV	59

Chapitre V partie expérimental

V.I Introduction.....	61
V.2. Domaine d'utilisation plastique.....	61
V.3. Présentation de la machine	63
V.4. Présentation déférant partie de machine	64
V.4.1. chassie	64
V.4.2. armoires hydrauliques.....	64

V.4.3. armoires électriques	64
V.4.4. IHM (tableur de commande).....	64
V.5. Trime de la matière première.....	66
V.6. charrieur 1.....	66
V.7. stations chauffage	66
V.8. Moule.....	67
V.9. charrieur 2.....	68
V.10 Fonctionnement d'un cycle de fabrication	70
V.11 Le système de refroidissement	70
V.12. Le défaut rencontraï ou cour de production	70
V.12.1.Défaut de la matière :.....	70
V.II. revêtement de siphon d'évacuation.....	73
V.I Introduction.....	61
V.2. Domaine d'utilisation plastique.....	61
V.3. Présentation de la machine	63
V.4. Présentation déférant partie de machine	64
V.4.1. chassie	64
V.4.2. armoires hydrauliques.....	64
V.4.3. armoires électriques	64
V.4.4. IHM (tableur de commande).....	64
V.5. Trime de la matière première.....	66
V.6. charrieur 1.....	66
V.7. stations chauffage	66
V.8. Moule.....	67
V.9. charrieur 2.....	68
V.10 Fonctionnement d'un cycle de fabrication	70
V.11 Le système de refroidissement	70
V.12. Le défaut rencontraï ou cour de production	70
V.12.1.Défaut de la matière :.....	70
V.II. revêtement de siphon d'évacuation	73

liste des figure

Figure I.1.1 La constitution d'un polymère[1]	1
Figure I.2. Différentes tacticités des polymères vinyliques [2]	3
Figure I.3 Structure de Copolymères [1]	4
Figure I.4. Structure de Polymère ramifié [1]	5
Figure I.5 Structure de Polymère tridimensionnels	7
Figure I.6 Origine végétale	10
Figure I.7 Origine naturelle : (90% de la production plastique)	10
Figure I.8 Répartition des marchés de la plasturgie	14
Figure II 1 procède de l'injection	21
Figure II 2 injection soufflage	21
Figure II 3 extrusion	22
Figure II 4 Extrusion gonflage	23
Figure II 5 extrusion soufflage	24
Figure II 6 L'expansion moulage	24
Figure II 7 Thermoformage	25
Figure II 8 Malaxage	26
Figure II 9 presse d'injection plastique	28
Figure II 10 La pression dans l'empreinte sur un cycle de moulage	31
Figure II 11 position de canaux de refroidissement pour une plaque plane	35
Figure III 1 moule injection plastique	38
Figure III 2 Injection	43
Figure III 3 Moule a terroir	44
Figure III 4 Régulateur de temperature pour un moule à canaux chauds	45
Figure III 5 Fermeture de moule	48
Figure III 6 Procède de l'injection	51
Figure III 7 Fonction du clapet	53
Figure III 8 Cycle de moulage	54
Figure IV 1 Hydrolyse du PET, b) Oxydation du PET hydrolysé	56
Figure IV 2: Réaction d'aminolyse sur des fibres de PET avec le 1,2-diaminoéthane	57
Figure IV 3 Immobilisation du PVP sur des films de PP par irradiation UV puis polymérisation du N-nylpirrolidone	60
Figure V 1 exemple de domaine d'utilisation l'injection plastique	61
Figure V 2 exemple de type de fabrication plastique	62
Figure V 3 les quatre composent de siphon	62
Figure V 4 V.4. siphon a l'état final	63
Figure V 5 présentation de machine d'injection	63
Figure V 6 présentation IHM	65
Figure V 7 présentation de trime	66
Figure V 8 station chauffage et la vis	67
Figure V 9 présentation de rôle de la vis	67
Figure V 10 présentation de moule sur machine	68
Figure V 11 matière première ABS	68
Figure V 12 les déférant type de moule nécessaire pour fabrique le siphon	69
Figure V 13 réservoir de l'eau	70
Figure V 14 une pièce avec une couche gonfle blanc	71
Figure V 15 défaut sur la finition de la pièce	71
Figure V 16 sécheur matière premier	71
Figure V 17 Broyeur électrique	73
Figure V 18 métallisation de siphon d'évacuation	74
Figure V 19 .Siphon a l'état final	74

liste des tableaux	
Tableau 1 Structure de Polymère tridimensionnels	10
Tableau 2 comparatif des différentes matières plastiques	17
Tableau 3 Propriétés de l'ABS.	19
Tableau V 1 défaut & solution propose	72

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. Benoît WATREMETZ, « modèle thermomécanique 3D d'un matériau a gradient de propriétés a l'aide de techniques multi grilles. Application aux moules d'injection de polymères ». Thèse doctorat institut national des sciences appliquées de Lyon, 2006.
- [2]. MIDOUX.N. « Mécanique et rhéologie des fluides ». Technique et Documentation, Lavoisier (1993).
- [3]. TROTIGNON.P.J et DOBRACZYNSKI.A – PIPERAUD.M. « Matières Plastiques : Structures-Propriétés, Mise en œuvre, Normalisation ».Editions Nathan, Paris (1996).
- [4]. Céline GENEAU, Procède D'élaboration D'agro-Matériau Composite Naturel Par Extrusion Bivis Et Injection Moulage De Tourteau De Tournesol, thèse doctorat Polytechnique de Toulouse, 2006.
- [5]. Université de Bretagne-Sud, web.univ-ubs.fr/, 2005
- [6]. Rosato, D. V., Rosato, D. V., and Rosato, M. G., Injection Molding Handbook, 3rd Edition, Kluwer Academic Publishers (2000).
- [7]. MICHEL.F et YVES.G, « Chimie et Physico-Chimie des Polymères ». 2e et 3em Cycles Ecole d'ingénieurs, Paris (2002).
- [8]. X. Guo and A.I. Isayev. Residual stresses and birefringence in injection molding of semicrystalline polymer. part ii: Experiment and simulation. International Polymer Processing XIV, 4:387–398, 1999.
- [9]. Jacques Besson, Matériaux pour l'ingénieur, Ecole nationale supérieure des mines de Paris Publié par Les Presses - Mines Paris, 2006 ISBN 2911762681, 9782911762680
- [10]. HANS-HENNING.K; NICOLE.H et CHRISTOPHER.J.P, « Matériaux Polymères : Propriétés Mécaniques et Physiques ». Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lyon (2001).
- [11]. DJOUDI.T, DJEMIA.H « Etude de la phase de remplissage du moulage par injection dans le cas d'un moule secteur ». Projet de fin d'étude, Université Mohamed Khider Biskra Juin (2001).

- [12]. Maël Moguedet. « Développement d'un outil d'aide à la conception et au fonctionnement d'un ensemble vis/fourreau industriel - Application à l'injection des thermoplastiques chargés fibres de verre longues » Thèse de Doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon (2005).
- [13]. Cyril PUJOS, « Estimation de la rhéologie d'un polymère dans une filière d'extrusion Simulation d'écoulement avec transferts thermiques et Inversion de mesures », L'université Bordeaux école doctorale de sciences physiques et de l'ingénieur, Thèse de Doctorat, (2006).
- [14]. BENCHABANE.A, thèse doctorat « Etude du comportement rhéologique de mélanges argiles - polymères. Effets de l'ajout de polymères ». ULP – INSA – ENGEES, l'Université Louis Pasteur – Strasbourg 2006.
- [15]. DETERRE.R et FROYER.G, « Introduction aux Matériaux Polymères ». Techniques et Documentations – Lavoisier, Paris (1997).
- [16]. S.PHILIPON, M.VINCENT et J.F.AGASSANT. « Modélisation de l'Injection des Thermoplastiques ». SFIP (Société Française des Ingénieurs Plasticiens), Ecole nationale Supérieure des Mines, Paris (octobre 1988).
- [17]. RONG-YEU CHANG and WEN-HSIEN YANG. « A Novel Three-Dimensional Analysis of Polymer Injection Molding, ». National Tsing-Hua University, Hsinchu, Taiwan. 30043, ROC.
- [18]. DAVID GARCIA, G.COURBEBASSE and M.JOURLIN.« Image Analysis Dedicated To Polymer Injection Molding ». European Polymer Institute (PEP), France (2001).
- [19]. AGASSANT.J.F et VINCENT.M. « Modélisation de l'Injection : Remplissage des moules ». Techniques de l'Ingénieur, Traité Plastiques et Composites, Doc.AM3 695, (CD-ROM.ver.2001)
- [20]. MAGNIN.B. « Modélisation du remplissage des moules d'injection pour polymères thermoplastiques par une méthode Eulérienne-Lagrangienne arbitraire ». Thèse de Doctorat, Ecole des Mines de Paris (1994).
- [21]. DJELEB.M, HELEL.Y. « Modélisation de la Phase de Remplissage du Moulage par Injection des Matières Plastiques par la Méthode de Mise à Plat », Projet de Fin d'étude, Université M.khider de Biskra (Juin 2002).

[22]. CHABANANE Fouad « Etude de transfert thermique lors du moulage par injection de la matière plastique » projet de fins d'étude Université Mohamed Khaider BISKRA 2004.

[23]. C. BOISON, B.GAY, M.GOTTELAND. « Différences finies, quelques applications en mécanique des fluides ». Ecole Centrale de Lyon.

[24]. H.K. VERSTEEG & W. MALALASEKERA, « An introduction to computational Fluid Dynamics, the finite volume Method»,

[25]. J.F.AGASSANT, P.AVENAS et J.PH.SERGENT, « La mise en Forme des Matières Plastique ». Edition Technique et Documentation, Lavoisier (1986).

[26]. PHILIPON.S. « Injection de polymère fondus dans les moules : étude numérique des phénomènes thermomécaniques durant la phase de remplissage ». Thèse de doctorat, Ecole des Mines de Paris (1989).

[27.] EHRENSTEIN, G.W., MONTAGNE F., Matériaux polymères. Structure, propriétés et applications, Hermès, Paris (2000).

Introduction General

Premier qui a découvert les polymères c'est monsieur Henri Braconnot (1780-1855) et après il vient monsieur John Wesley Hyatt (1837-1920)

Un polymère (étymologie : du grec pollus, plusieurs, et meros, partie) est un système formé par un ensemble de macromolécules de même nature chimique. Les termes « polymère » et « macromolécule » sont fréquemment confondus.

Un polymère est organique (le plus souvent) ou inorganique.

Un polymère peut être naturel (exemples : polysaccharides, ADN) ; artificiel, obtenu par modification chimique d'un polymère naturel (exemples : acétate de cellulose, méthylcellulose, galalithe) ; ou synthétique, préparé par polymérisation de molécules monomères (exemples : polystyrène, polyisoprène synthétique).

Les polyoléfines, représentées principalement par les polymères thermoplastiques de grande consommation polyéthylène et polypropylène, constituent la plus importante famille de polymères.

Les polymères sont devenus l'élément essentiel d'un nombre très important d'objets de la vie courante, dans lesquels ils ont souvent remplacé les substances naturelles. Ils sont présents dans de nombreux domaines industriels.

Car on trouve la grande utilisation c'est le plastique en générale avec environ 400 millions de t/an (en 2022), quantité susceptible de doubler avant 2040, à 90 % issus d'hydrocarbures fossiles il est devenu omniprésent. Et seul environ 9 % du plastique est recyclé (12 % incinérés et le reste mis en décharge ou perdu dans la nature¹, peu à peu dégradé en microplastiques et en nano plastiques), ce qui en fait du déchet plastique un problème préoccupant. En mars 2022, les dirigeants mondiaux et les ministres de l'environnement ont entamé des négociations pour un premier traité international (juridiquement contraignant) au monde visant à éliminer la pollution plastique.

on constate ce dernier temps que la demande sur les produits plastiques se multiplie, les produits plastiques remplacent même les pièces métalliques côté industriel y a une grande révolution quel que soit le domaine il a touché tous les domaines même le domaine médical et ces derniers temps il y a une grande révolution .

L'industrie des produits plastiques a eu une grande révolution ses dernières années l'injection plastique a pris une grande part et cette technique a eu une grande créativité surtout sur le moule d'injection réalisation des pièces très complexes grâce à des moules avec noyau ou des moules à trois parties grâce à sa on obtient des pièces complexes difficiles à fabriquer avec des métaux et si c'est faisable leur coût est trop cher . Justement le produit que j'expose en ex temp il est fabriqué en métaux mais grâce à l'injection plastique on a réduit le coût et on a amélioré la qualité en ajoutant le coude pour le siphon et pour l'esthétique on a procédé à la revêtement (métallisation par peinture) pour la commercialisation .

I.1.Généralités sur les polymères :

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

Le plus souvent synthétiques, quelquefois naturels, ils doivent cet essor à leurs larges gammes de caractéristiques, durs, mous ou élastiques, transparents ou opaques, isolants et quelquefois conducteurs, plus ou moins résistants aux conditions agressives de leur usage, toujours légers.

C'est la nature particulière de leurs molécules en forme de chaîne, ainsi que la variété des modes d'assemblage qu'elles adoptent, qui est à l'origine de cette diversité.

Les polymères sont constitués de macromolécules qui sont obtenues par adjonction de petites molécules appelées monomères. Lors d'une réaction de polymérisation, les monomères forment en général de longues chaînes qui peuvent se replier sur elles-mêmes et/ou s'enchevêtrer avec les macromolécules voisines (Fig. I.1).

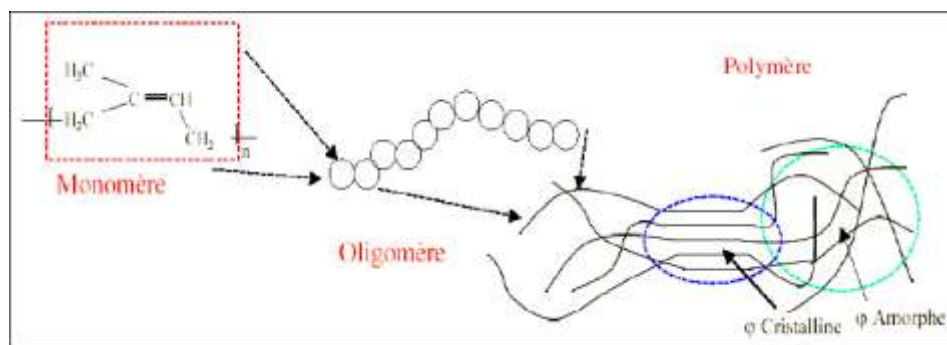


Figure I.1 La constitution d'un polymère [1]

Les longues chaînes de polymères peuvent présenter des domaines cristallins et/ou amorphes
Selon les cas.

1.1.1. 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 monos: un seul ou une seule, et meros : partie), reliés les uns aux autres par des liaisons covalentes.

Dans la macromolécule suivante ...A-A-A-A-A-A... = $[-A-]_n$

L'unité constitutive est A ; elle est formée d'un groupe d'atomes qui se répète. A l'échelle moléculaire, quelques centaines de nm, la plupart des macromolécules se présentent sous forme de « fils long et souples ». Les réactions chimiques permettant de passer d'un monomère A à la macromolécule $[-A-]_n$ s'appellent polymérisation. Ainsi, l'éthylène CH₂=CH₂ (monomère) conduit par polymérisation par ouverture de la double liaison au polyéthylène (polymère) $[-CH_2-CH_2-]_n$.

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⁻¹. Certaines macromolécules deviennent ainsi visibles à l'œil nu (matériaux réticulés 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.

1.1.2. Classification des différents polymères

Il existe diverses classifications.

1.1.2.1. Classement lié à la structure

1.1.2.1.1. Polymères linéaires

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

1.1.2.1.2. Homopolymères

Enchaînement linéaire du même monomère : -A-A-A-A-A-A-A

Bien que ces polymères soient relativement simples, dès qu'il y a des substituant sur la double liaison, plusieurs possibilités de position pour les substituant existent : on parle alors de **tacticité**.

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

Pour la détermination de la tacticité, tous les carbones de la chaîne sont mis dans un plan. Si tous les groupes substituant sont tous devant ou derrière le plan, le polymère sera appelé **isotactique** (Fig. I.2.A) (Selon Natta⁷, l'isotacticité est définie pour deux monomères pour lesquels les carbones asymétriques (CH) ont la même configuration). Si par contre tous les substituant sont liés alternativement devant et derrière le plan (ou vice versa), la configuration du polymère est dite **syndiotactique** (Fig. I.2.B) (Pour Natta⁷, syndiotactique définit des carbones asymétriques adjacents qui ont une configuration opposée). Là où les substituant sont disposés aléatoirement devant et derrière la chaîne carbonée, le polymère est nommé **atactique** (Fig. I.2.C).

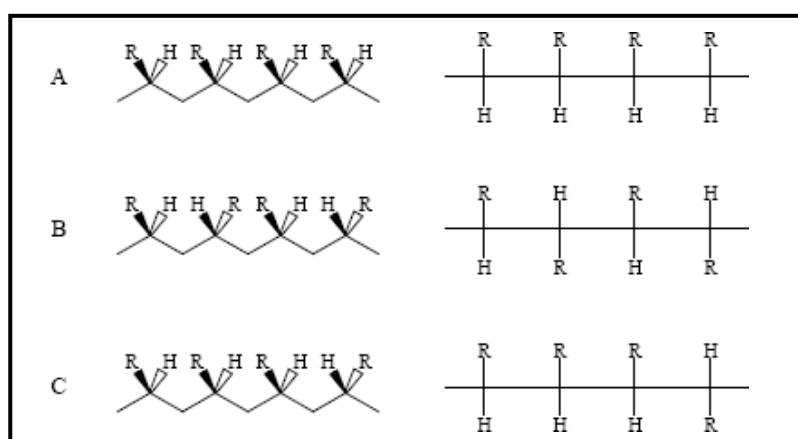


Figure 2. Différentes tacticités des polymères vinyliques [2]

Quelques propriétés dues à la tacticité :

- Polymères atactique:
 - non ordonnées
 - Bonne solubilité
 - température de fusion basse
 - faible charge à la rupture
- Polymères isotactiques:
 - faible solubilité
 - température de fusion élevée
 - charge à la rupture plus grande

I.1.2.1.3. Copolymères

Réaction de polymérisation avec des monomères différents :

1. Co-polymères alternés:

A-B-A-B-A-B-A-B-

2. Co-polymères séquencés :

-A-A-A-A-B-B-B-B-

3. Co-polymères statistiques :

aléatoire (-A-B-B-B-A-A-)

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

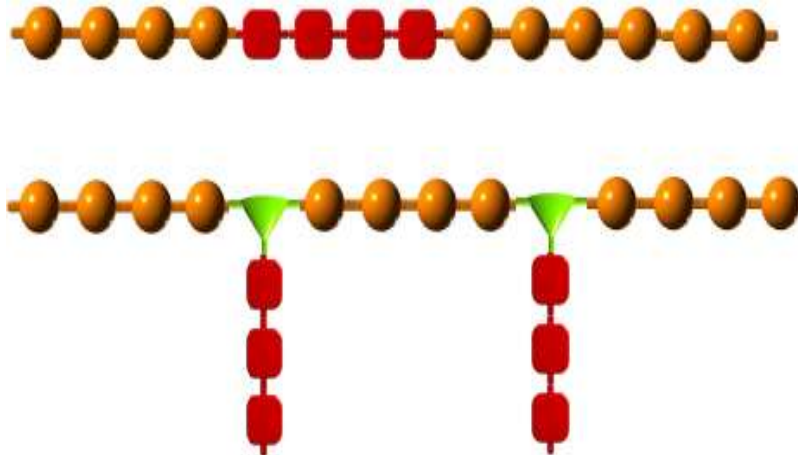


Figure 3 Structure de Copolymères [1]

1.1.2.1.4. Polymères ramifiés

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

Voici les ramifications les plus courantes :

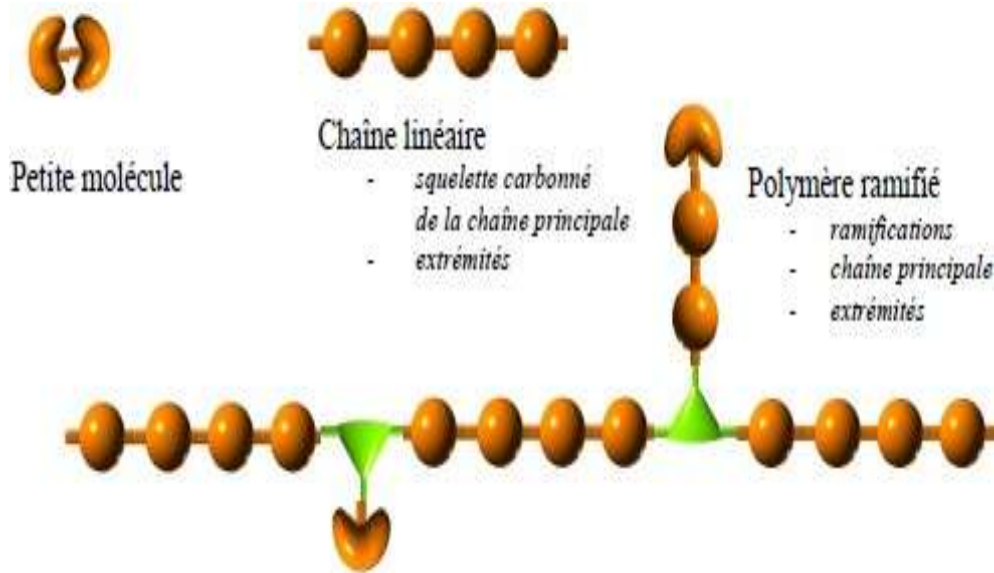
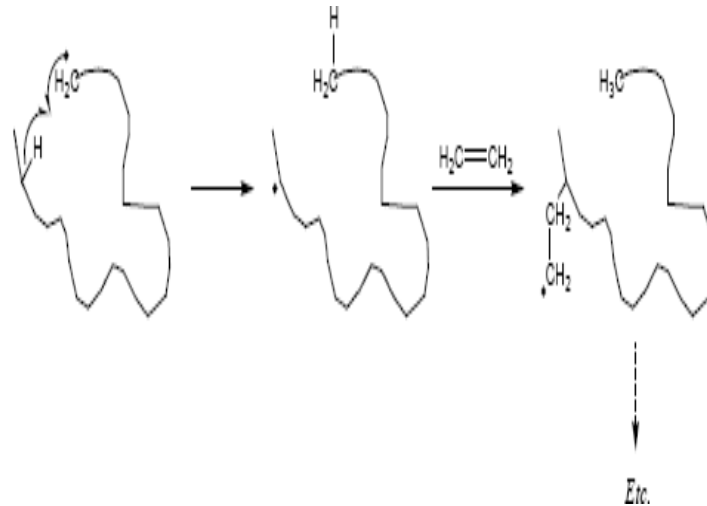


Figure 4. Structure de Polymère ramifié [1]

- Ces polymères ont d'autres propriétés physiques et chimiques que les linéaires. Notamment, ils ont des propriétés **rhéologiques** intéressantes au niveau de l'écoulement.

Comment sont-ils formés ?

Par arrachement d'un proton par le polymère en croissance sur la chaîne pour donner un nouveau radical, comme décrit ci-dessous :



1.1.2.1.5. Polymères à cycles dans la chaîne

- Ils sont très rigides et résistent très bien à très haute température.
- Dans certains cas, ils sont trop rigides ; on sépare alors les cycles par des chaînes que l'on nomme des chaînes charnières.

1.1.2.1.6. Polymères tridimensionnels

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

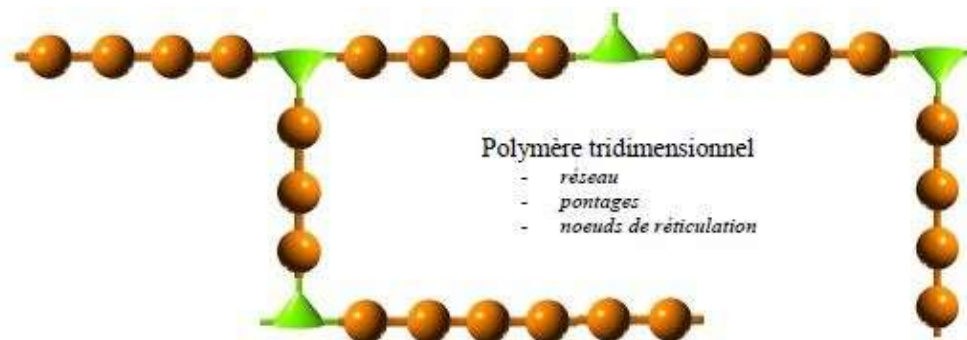
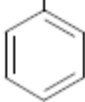


Figure 5 Structure de Polymère tridimensionnels

- **Tableau I.1. Tableau de formule développée du motif monomère :** [27]

Formule développée du motif monomère	Appellation courante et abréviation normalisée	Noms commerciaux Applications
$\text{---CH}_2\text{---CH}_2\text{---}$	Polyéthylène (PE)	Lactène, Hostalen, Dowlex Sacs plastique (PEHD/PEBD) Réservoirs de voitures, bouteilles, flacons, bidons, films d'emballage, minidoses
$\text{---CH}_2\text{---CH---}$ CH ₃	Polypropylène (PP)	Appryl, Novolen Films d'emballage alimentaire, bouteilles rigides, intérieur de lave vaisselle, cordes et ficelles
$\text{---CH}_2\text{---CH---}$ Cl	Polychlorure de vinyle (PVC)	Lacovyl, Vinidur, Vinnolit Tuyauterie, pots de margarine, blisters, bouteilles d'eau minérale, barrières extérieures, films d'emballage alimentaire
$\text{---CH}_2\text{---CH---}$ 	Polystyrène (PS)	Lacqrène, Novodur, Styrol PS : emballages, pots de yaourt, armoire de toilette, cassettes audio, brosses à dents. PS expansé : emballage, boîtes à oeufs, isolants
$\text{---CH}_2\text{---C---}$ CH ₃ C=O O CH ₃	Polyméthacrylate de méthyle (PMMA)	Plexiglas, Altuglas, Lucryl... Plaques pour vitres, globes, feux arrière de voiture, lentilles d'appareils photo
$\text{---CF}_2\text{---CF}_2\text{---}$	Polytétrafluoroéthylène (PTFE)	Téflon, Hostafon Tuyaux, joints et raccords. Robinet et vannes pour matériel de laboratoire, revêtements anti-adhérents

I-2-définition de la matière plastique :

Les matières plastiques sont des matériaux organiques (issus des êtres vivants) constitués de macromolécules obtenues par polymérisation de monomères. Elles sont produites par transformation de substances naturelles, ou par synthèse directe, à partir de substances extraites du pétrole, du gaz naturel, du charbon ou d'autres matières minérales.

Qu'est-ce que les monomères ?

Les monomères sont des molécules organiques, qui sont constituées essentiellement de carbone (C) et d'hydrogène (H). L'oxygène(O) et l'azote (N) sont en faibles proportions.

Qu'est-ce qu'un polymère ?

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

Les caractéristiques d'un polymère dépendent en premier lieu du ou des monomères dont il est issu. Et un monomère peut conduire à deux polymères avec des propriétés mécaniques [1].

I-2-1-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 pratiquement avec le 20^e siècle.

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

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

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

Le PVC ou chlorure de polyvinyle est inventé en 1880. En 1889, le chimiste français Jean-Jacques Trillât obtient de la galalithe 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]

I-3-Date importante de découverte : [2]

Date de découverte	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 1 Structure de Polymère tridimensionnels

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

- Origine végétale :

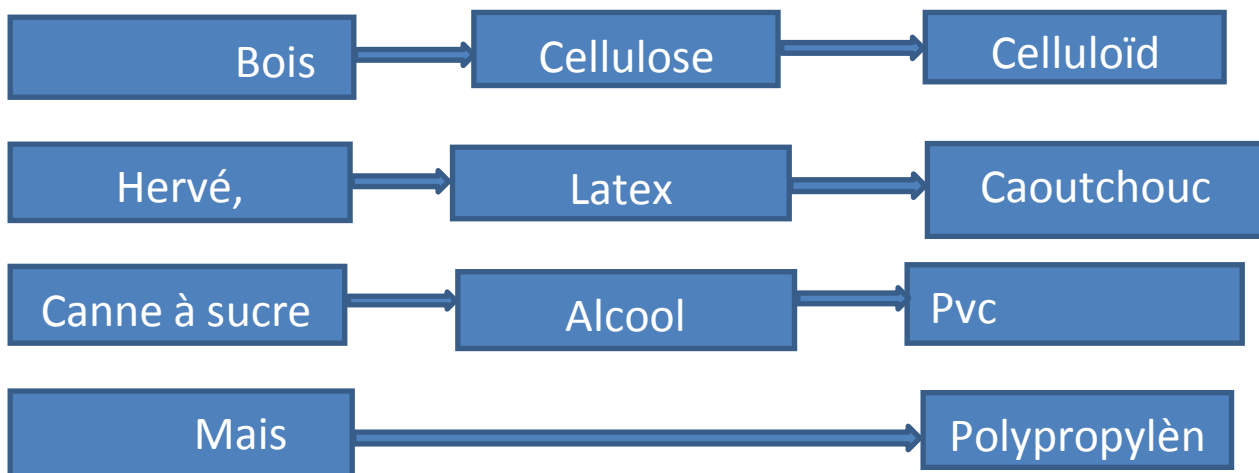


Figure 6 Origine végétale

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

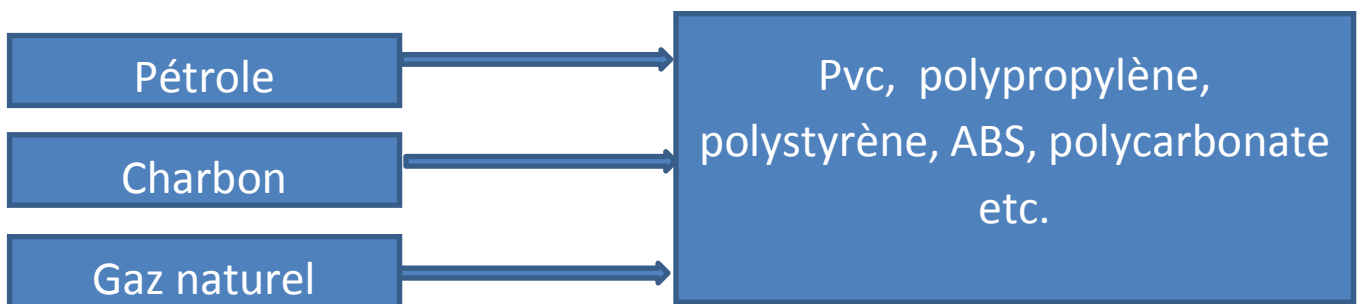


Figure 7 Origine naturelle : (90% de la production plastique)

I-5- La polymérisation :

a). La polycondensation :

Lors d'une polycondensation, de nombreuses petites molécules de type A, Ou en général de deux types : A et B, appelées monomères, se lient les unes aux autres, alternativement, un très grand nombre de fois, pour donner des molécules géantes appelées macromolécules. On utilise alors un catalyseur pour augmenter la vitesse à laquelle se fait la réaction. La polycondensation s'accompagne de la libération d'une espèce chimique comme l'eau par exemple [3].

b). La polyaddition :

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

c). La polymérisation radicalaire :

La polymérisation radicalaire est une polymérisation en chaîne qui comme son nom l'indique fait intervenir comme espèce active des radicaux.

Elle est constituée de trois étapes simultanées :

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

I-6- Les différentes familles de plastique :

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

Les thermoplastiques ont la propriété d'être malléables lorsqu'on les chauffe. Une fois refroidis, ce sont des plastiques durs.

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

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

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

Les élastomères ont les mêmes qualités élastiques que le caoutchouc c'est-à-dire qu'ils supportent de très grandes déformations avant rupture. Ils ont une contrainte : Ils peuvent se déformer. Ils ont une bonne élasticité, grâce à la vulcanisation qui consiste à cuire avec différents agents chimiques les molécules pour les rendre flexibles.

Les élastomères les plus utilisés sont :

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

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

I-7- Propriétés des matières plastiques :

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

I-7-1- La Légèreté :

- La densité de la plupart des matières plastiques est comprise entre 0,9 et 1,8. Le plus souvent 1 [2].

I-7-2- La résistance mécanique :

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

I-7-3- La transparence :

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

I-7-4- L'inaltérabilité :

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

I-7-5- L'esthétique :

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

I-7-6- L'isolation :

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

I-7-7- L'imperméabilité :

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

I-7-8- La glisse :

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

I-7-9- L'entretien

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

I-7-10- L'asepsie naturelle :

- Les matières plastiques transformées à des températures supérieures à 150' C apportent l'asepsie aux
Emballages qu'elles permettent de fabriquer [2].

I-8- Les applications du plastique :

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

Le domaine du sport et du loisir a su aussi profiter des qualités du plastique qui y est un matériau primordial notamment pour les pistes d'athlétisme qui permettent de nouveaux

Records, des vêtements respirant à la chaussure ultra légère et aux équipements de protection. Le plastique a entièrement révolutionné le monde sportif. Ceci sans oublié leur utilisation dans les stades. On notera qu'il a permis, notamment au football d'avoir des ballons plus rapides et des raquettes de tennis légères et solides. Dans le milieu marin, il permet de produire des coques.

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

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

C'est un composant plus léger, plus modelable, plus durable. C'est aussi un élément que l'on trouve de plus en plus dans notre quotidien. De plus, le plastique est facile à produire. En effet, contrairement au carbone, au cuivre etc., le plastique, à la sortie des usines de production, est prêt à être façonné.

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

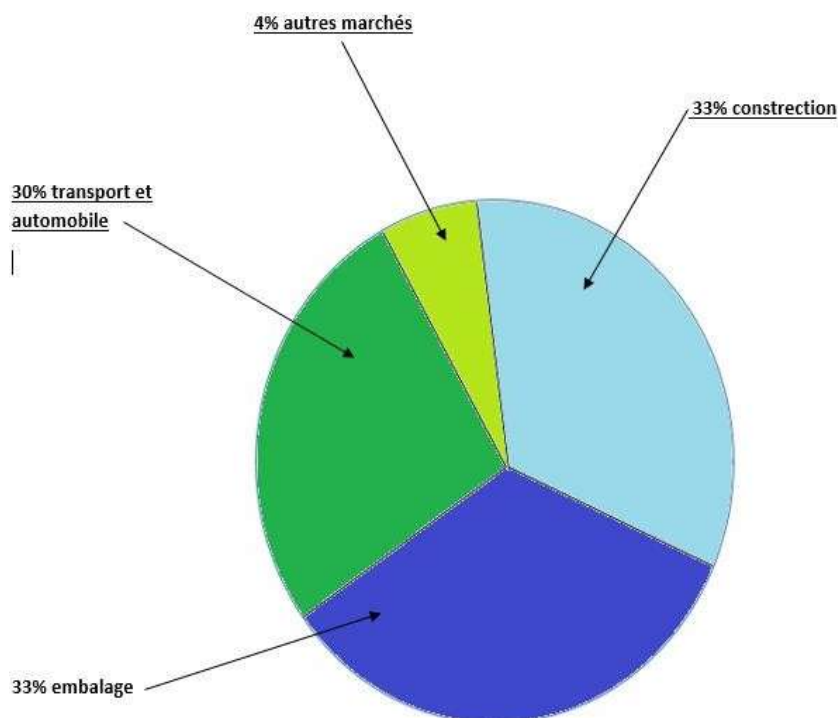


Figure 8 Répartition des marchés de la plasturgie

I-9- Guide de sélection des matériaux :

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

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

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

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

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

I-10- Les Thermoplastiques :

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

- Thermoplastiques amorphes

A température normale, les thermoplastiques amorphes se trouvent en phase d'élasticité énergétique, c'est-à-dire à l'état vitreux. Lorsque la température augmente, la force de liaison

Entre les chaînes moléculaires diminue jusqu'à atteindre la température de transition vitreuse. Ce ramollissement est associé à une baisse notable de la résistance mécanique. Si la température continue d'augmenter, le plastique se liquéfie et, après dépassement de la température de fluage, se transforme en un bain de fusion liquide visqueux. Une augmentation supplémentaire de la température conduit finalement à la décomposition, lorsque la température de décomposition est atteinte.

- Thermoplastiques semi-cristallins

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

Tableau de comparatif de quelques matières plastiques :

Tableau comparatif des différentes matières plastiques			
Références commerciales	Matières Transformées	Applications	Caractéristiques Techniques
ABS	Acrylonitrile Butadiène Styrène	Plateaux et bacs de manutention Assises et dossiers de siège Mobilier urbain (poubelles, coffrets compteur d'eau ou électrique) - Capots de protection électrique - Capotages - Carters informatiques - Aménagement de mobilier hospitalier	Excellente tenue aux chocs, dureté de surface, facilité de transformation (thermoformage, pliage, collage, soudure, peinture), Pour certains produits protection U.V. très efficace bonne tenue aux intempéries
PC	Polycarbonate	Capots très sollicités mécaniquement - capots pour haute tenue température - plateaux de manutention - plateaux nécessitant une grande rigidité et une grande stabilité - pièces d'installation de sports d'hiver - etc...	Très grande dureté de surface, très grande résistance aux chocs, très grande résistance à la température, faible dilatation linéaire.

PP	Polypropylène	Capots pour une tenue chimique - plateaux de manutention pour tenue chimique et température - boîtes à effet charnières - boîtes alimentaires emballages alimentaires et pharmacopées.	Très bonne inertie chimique - bon isolant électrique - résistance aux agents lessiviels - bon effet charnière - bonne résistance température élevée - vicat 145°C - bonne résistance à la fissuration sous tension.
PS	Polystyrène	PLV - présentoirs publicitaires - carters plateaux repas - renforts de sièges - vasques - bac à plantes.	Grande facilité de transformation (thermoformage, découpe, soudure, etc...) - bonne rigidité - faible retrait (6%) - décoration aisée (sérigraphie, peinture).
PVC	Polychlorure de Vinyle	Tubes - gaines pour câbles - raccords - profilés - corps vieux - parfumerie - emballages thermoformés - pièces industrielles.	Rigidité - stabilité des pieds moulés - résistance à l'abrasion excellente - auto extingüibilité - incombustible - imperméable au gaz - perméable à la vapeur d'eau - bonnes propriétés électriques - bon comportement aux agents chimiques.

Tableau 2 comparatif des différentes matières plastiques [6].

I-11- L'acrylonitrile butadiène styrène :

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

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

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

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

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

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

Il existe un grade spécial : l'ABS métallisable. La métallisation par galvanisation est répandue. Il faut d'abord rendre la pièce conductrice par dépôt, à partir d'une solution

Colloïdale, d'une couche métallique. L'ABS est préalablement traité dans un bain d'acide chromique [7].

I-11-1- Propriétés d'Acrylonitrile Butadiène Styrène (ABS) :

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

Le tableau suivant donner les principales propriétés de l'ABS

Nome de matériaux	Acrylonitrile butadiène styrène	
	Méthode de test	valeur
Propriétés mécanique		
Densité spécifique g/cm ³	ASTM D792	1,04
Résistance à la traction (type 1, 0.125) N/mm ²	ASTM D638	37
Module d'élasticité en traction N/mm ²	ASTM D638	2320
Allongement (type 1, 0.125) %	ASTM D638	3
Résistance à la flexion (méthode 1) N/mm ²	ASTM D790	53
Module d'élasticité en flexion N/mm ²	ASTM D790	2250
Résilience IZOD (méthode A 23 °C) J/m	ASTM D256	106
Coefficient de frottement μ	ASTM D1894	0,080 à 0,46
Propriétés thermique		
Résistance à la déformation à chaud, a	ASTM D648	96
Résistance à la déformation à chaud	ASTM D648	82
Température de fusion des F ^o	DTA	407 à 501

Propriétés électrique		
Résistance volumique spécifique Ohms	ASTM D2575	3,0¹⁴ - 6,0¹³
Constante diélectrique	ASTM D150-98	2,9 - 2,6
facteur de dissipation diélectrique	ASTM D150-98	0,0053 - 0,0046
Rigidité diélectrique V/mm	ASTM 149-09	320 - 100
Densité g/cm³	ISO 1183	1,04 à 1,11

Tableau 3 Propriétés de l'ABS. [8]

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

- **Automobile**
 - console centrale
 - boîte à gants
 - tableau de bord inférieur
 - colonnes
 - appuie-genoux
 - console plafond
 - dossiers de siège moulés par soufflage
 - composants structurels
- **Instruments électroniques**
 - cadres TV
 - enceintes moniteur d'ordinateur portable
 - dispositifs portatifs
 - panneaux LCD
 - claviers
 - adaptateurs et chargeurs
 - carcasses de téléphone mobile.

II-1-Introduction :

L'Injection plastique, aussi appelée moulage par injection, est un procédé de mise en œuvre de matières thermoformables, notamment les matières thermoplastiques. Qui permet en un minimum d'opérations d'obtenir des pièces de formes simples ou complexes, pour de la petite à la grande série. La plupart des pièces thermoplastiques sont fabriquées avec des presses d'injection plastique : la matière plastique est ramollie puis injectée dans un moule, et ensuite refroidie.

II-2- Procédés de transformations du plastique par injection:

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

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

II-2-1- Procédé de l'injection :

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

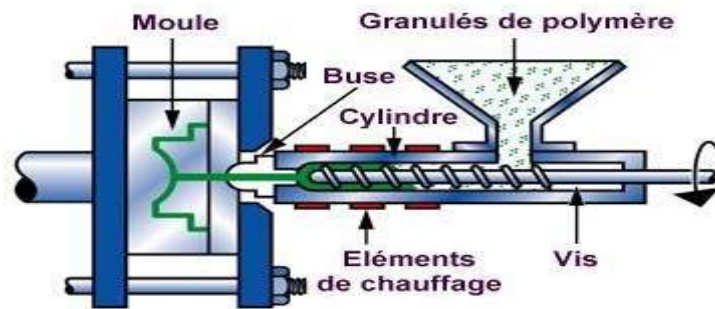


Figure II 1 procédé de l'injection

II-2-2-Injection soufflage :

Pour la conception des bouteilles, des flacons ou encore des biberons, on utilise l'injection soufflage. L'injection-soufflage permet d'avoir une cadence très élevée dans le cycle de fabrication qui se déroule en deux grandes phases. Dans l'atelier d'injection, on fabrique d'abord une préforme, pour façonner, une sorte d'éprouvette avec le goulot de la bouteille [13].

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



Figure II 2 injection soufflage

II-2-2-3-Extrusion :

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

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

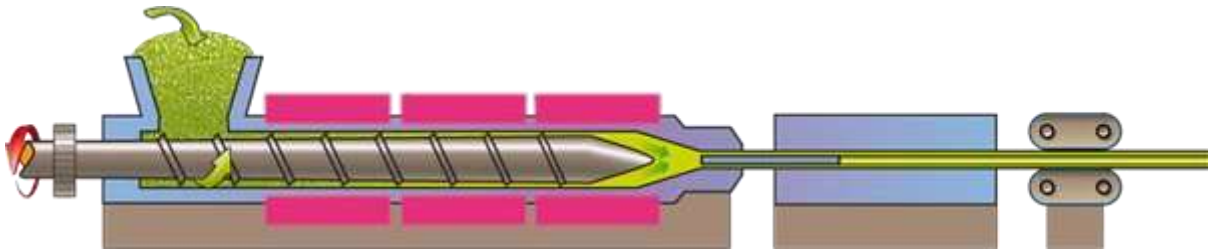


Figure II 3 extrusion

II-2-2-4-Extrusion gonflage :

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

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

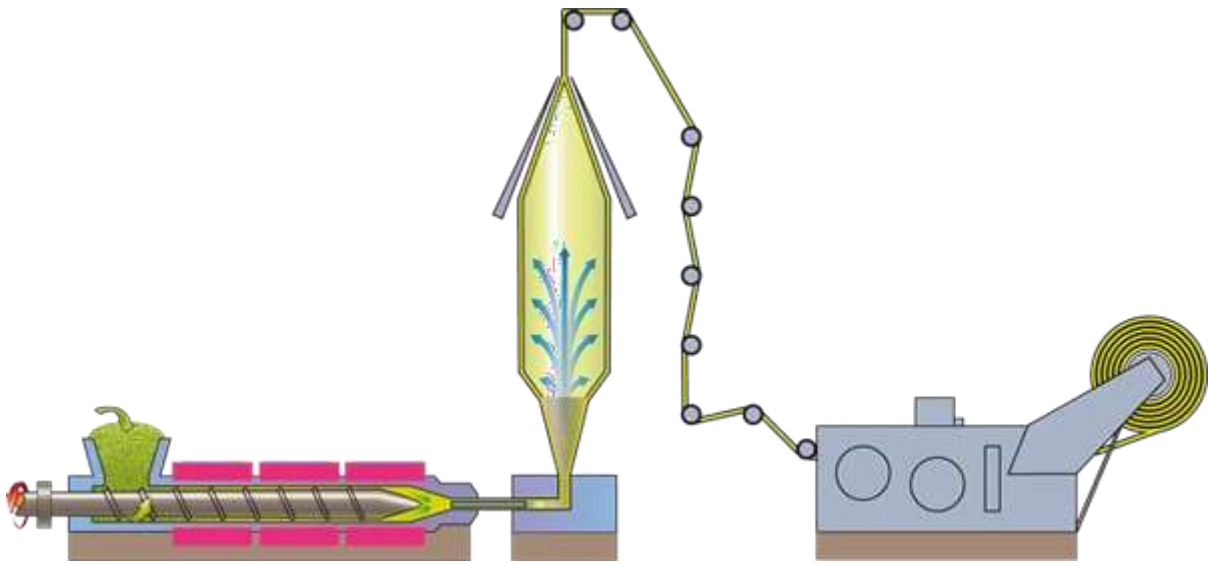


Figure II 4 Extrusion gonflage

II-2-2-5-Extrusion soufflage :

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

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

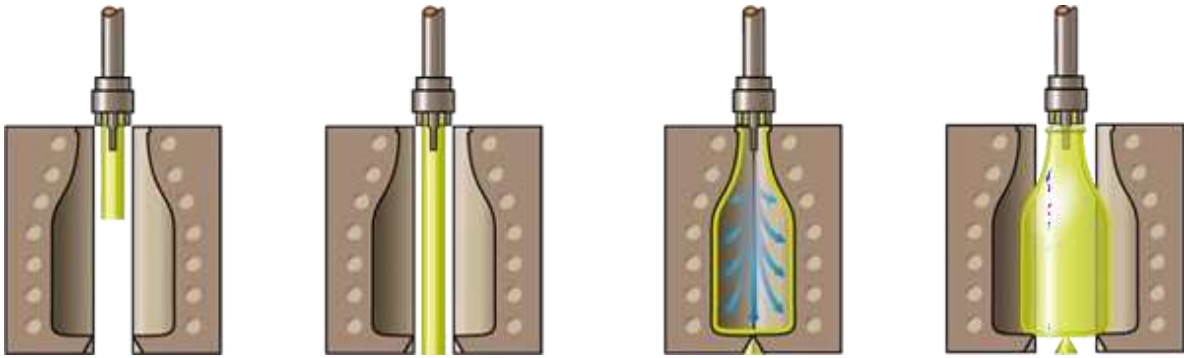


Figure II 5 extrusion soufflage

II-2-2-6-L'expansion moulage :

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

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).

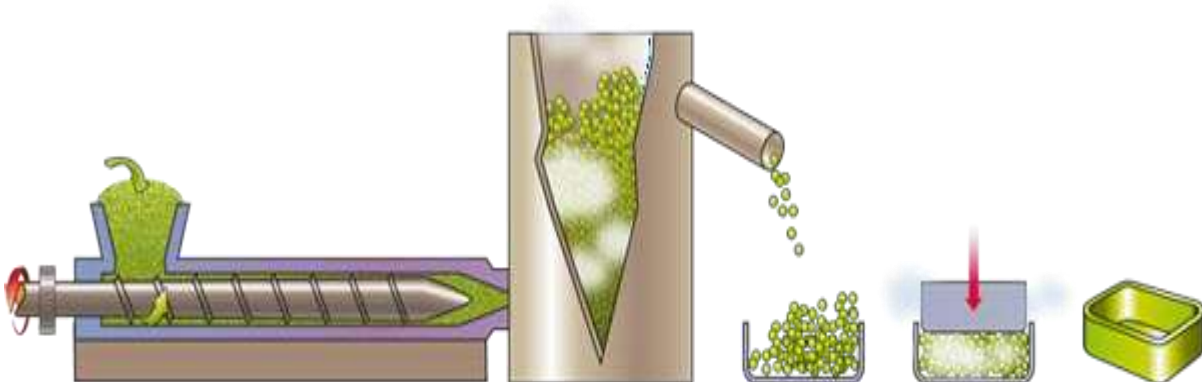


Figure II 6 L'expansion moulage

II-2-2-7-Thermoformage :

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

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

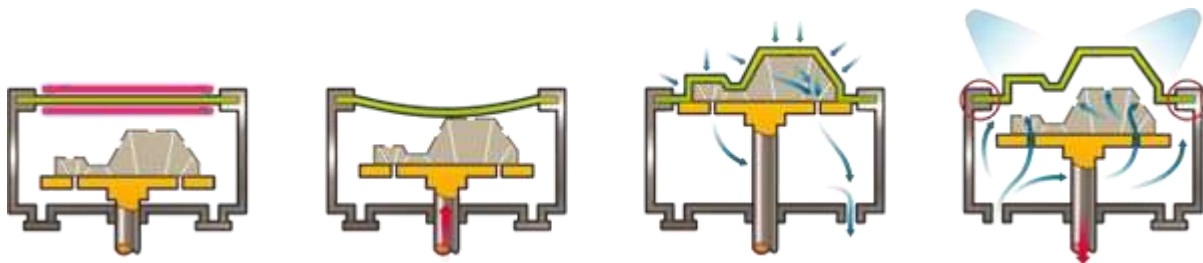


Figure II 7 Thermoformage

II-2-2-8-Calandrage :

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

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

1. Elle le passe plusieurs fois entre les rouleaux pour une homogénéisation parfaite, un peu comme une guimauve.
2. Pour permettre la gélification de la matière, celle-ci passe entre 2 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.

II-2-2-8-1 Applications :

Le calandrage permet de fabriquer des produits semi-finis :

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

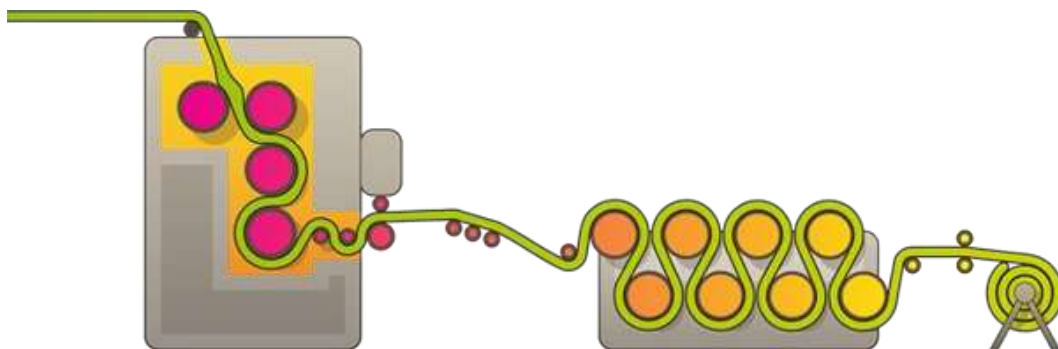


Figure II 8 Malaxage

II-2-2-9-Roto moulage :

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

II-2-3-Machine d'injection :

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

II-2-4-Fonctionnement de la machine à injection plastiques :

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

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

II-2-5-Composants d'une presse d'injection :

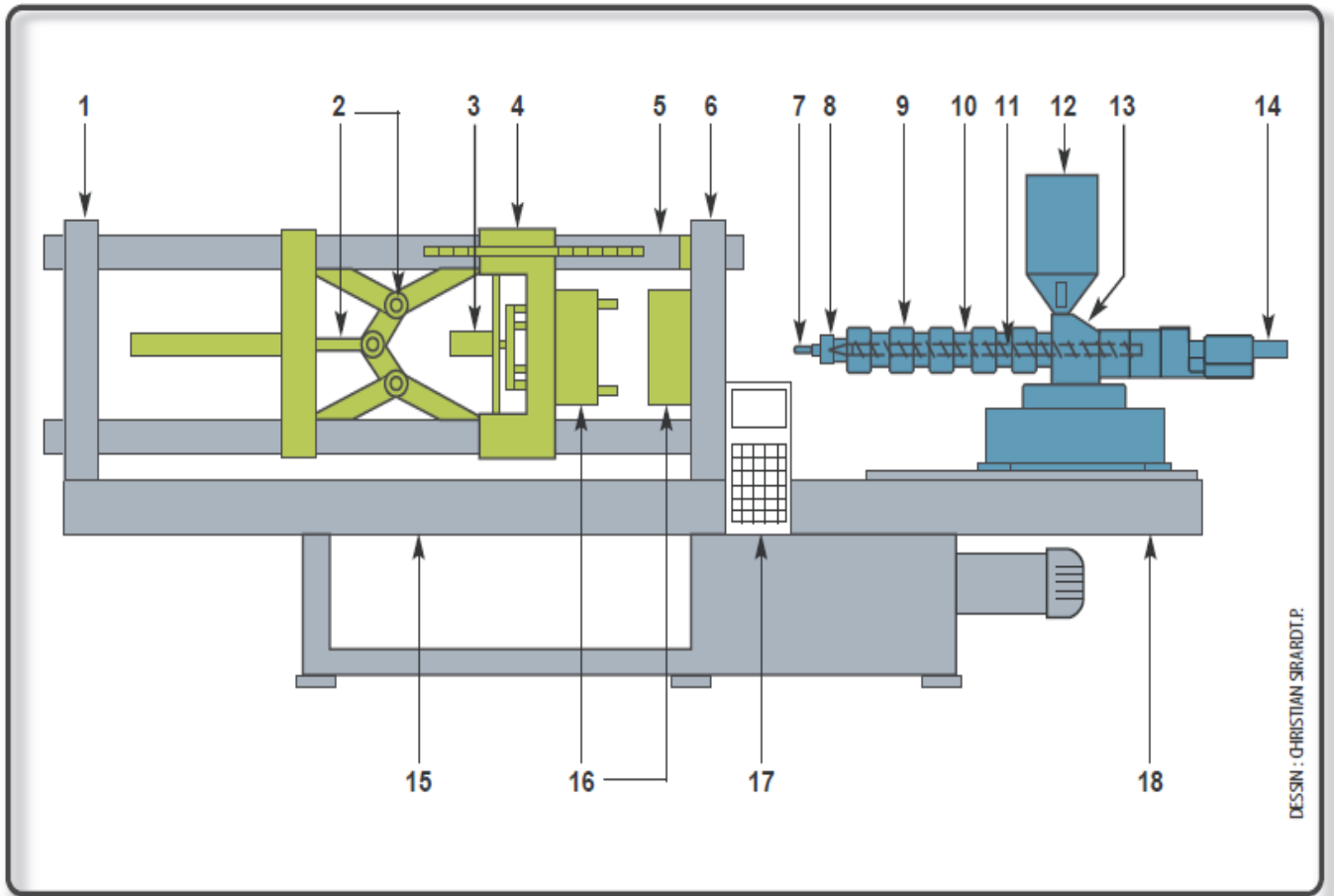


Figure II 9 presse d'injection plastique

1. Plateau arrière fixe.
2. Mécanisme de fermeture - genouillère et vérin.
3. Éjecteur.
4. Plateau mobile.
5. Colonne de guidage.
6. Plateau fixe d'injection.
7. Buse d'injection.
8. Tête du baril.
10. Baril d'injection.
11. vis.
12. Trémie d'alimentation.
13. Goulotte d'alimentation.
14. Motorisation de la vis.
15. Décharge des pièces.
16. Moule.
17. Console de commande.
18. Bâti.

II-2-6- Les caractéristiques d'une presse à injection :

Les caractéristiques fondamentales d'une presse à injection sont :

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

II-2-7-Les différentes presses d'injection :**II-2-7-1- Presse horizontale :**

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

II-2-7-2- Presse vertical :

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

II-2-7-3- Presse électrique :

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

- ✓ Meilleure précision (indépendance de la température d'huile).

- ✓ Démarrage plus rapide, cycle plus court.
- ✓ Consommation énergétique (-50%).
- ✓ Surface au sol réduite.
- ✓ Maintenance simplifiée.

II-2-8-Choix de la machine d'injection

Modèle : VITA-D160/600

II-2-8-1-Caractéristiques technique

a- Unité de fermeture : [16]

- Force de fermeture max = 1600 KN
- course d'ouverture max = 480 mm
- Passage entre colonnes H x V= 470*470

b- Ejecteur hydraulique : [16]

- force d'éjecteur = 34 KN
- course d'éjecteur = 150 mm

c- unité d'injection [16]

- 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 cm³/s

d- caractéristiques générales : [16]

- puissance du moteur = 20 KW
- capacité huile = 350 L
- dimension machine = 7900 x 1400 x 1825 mm

- poids net de la machine = 5200 Kg

II-2-9-Les paramètres d'injection :

II-2-9-1-Température de mise en œuvre :

Le réglage de température du cylindre de plastification s'effectue selon les grades, entre 240 et 280C° ne température trop basse du matériau peut entrainer des tensions interne dans la pièce moulée par injection, tandis que des températures trop élevées pouvons être à l'origine d'une dégradation thermique du matériau avec des modifications des couleurs et des propriétés mécaniques.

Des températures de moule s'élevant selon les grades à des températures entre 40 et 120 C°, sont des importances capitales pour obtenir des pièces moulées sans tension internes

Une température de moule augmentée conduit en général à des plus faibles tensions internes[17].

II-2-9-2-Pression dans l'empreinte :

Pour assurer une bonne qualité et une bonne précision dimensionnelle, il faut par conséquent concevoir un système de régulation thermique optimum pour que la température soit la plus homogène possible. [17]

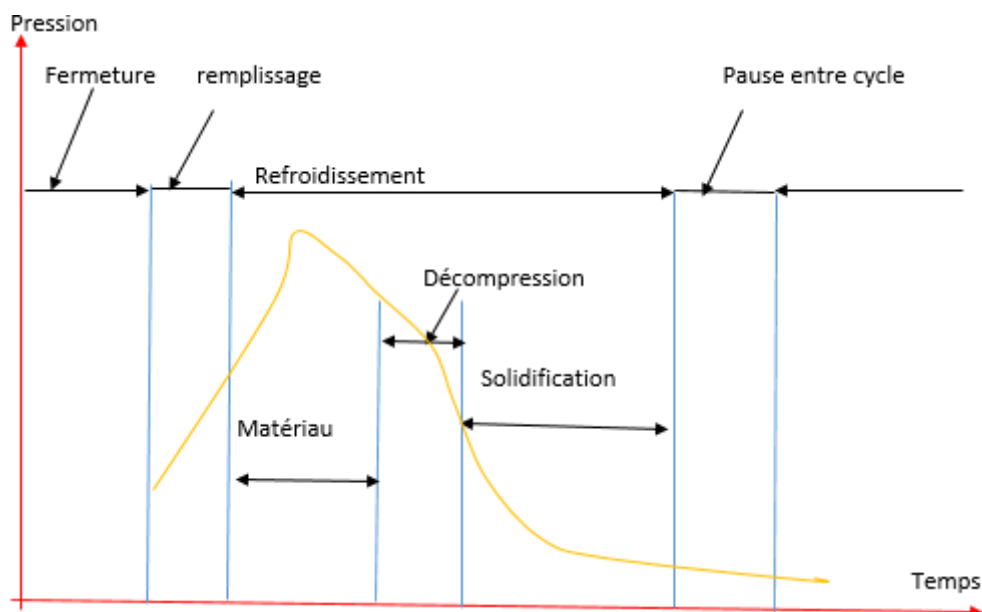


Figure II 10 La pression dans l'empreinte sur un cycle de moulage

II-2-10-Techniques d'injection :

Pour pouvoir optimiser les pièces moulées, l'injection s'est fortement différenciée en une bonne quinzaine de technique [18].

II-2-10-1-Injection a grande cadence :

Elle concerne les pièces de faibles épaisseurs et de gros, on utilise alors des presses a vitesse d'injection rapide et bien stabilisées, pour éviter les vibrations, avec des moules multiples empreinte et des systèmes a canaux chauds évitant le décarottage. [18]

II-2-10-2-Micro- injection :

On réalise ainsi des petits pièces et des éléments d'un poids de 0.10 g, platine de montre de 0.7g La plus petite pièce actuellement produite pèse seulement 0.014 g dans certains cas, il est alors nécessaire de faire le vide dans les micros empreintes du moule, car du fait la précision de fermeture. [18]

II-2-10-3-Injection lourde :

On pane de très grosse injection lorsque l'on utilise des presses de plus de 2000 t de force de fermeture, on utilise parfois des presses à mailles, dans lesquelles les classiques colonnes de retenues sont remplacées par des cadres d'acier qui bloquent le sommier et le plateau fixe.

Le moule et alors introduit sur une cote de la machine, puis roulé jusqu'aux plateaux de fixation. [18]

II-2-10-4-Injection séquentielle :

Alors que dans la méthode classique, tous les points d'injection sont alimentés simultanément, ici ils sont pilotes pour débiter seulement au fur et à mesure que chacun d'eux est passé par le flux de matière venant du point placé plus en amont. [18]

II-2-10-5-Injection sur noyau fusible :

C'est une variante de la fabrication de pièces creuses ou complexe, qui concernent le moulage de pièces non déroulable. On pallie cet inconvénient en injectant le polymère sur un noyau fusible.

La technique comporte alors 4 phases :

- Moulage en coquille d'un noyau.
- Injection du plastique sur ce noyau.
- Fusion du noyau par induction magnétique et bain d'huile.
- Récupération de la pièce et de l'outillage fondu pour renoyautage.[20]

II-2-10-6- Sur-injection :

La sr-injection consiste, au noyau de plusieurs machines d'injection positionnée successivement sur le même moule, à injecter plusieurs matières de façon à former un objet complexe. [20]

II-2-10-7-Co-injection :

La co-injection consiste aussi à injecter successivement dans la même cavité diverses matières qui se superposent. Le moule mono empreinte passe successivement devant différents unités d'injection on les différents couches sont injectées. [20]

II-2-10-8-Injection assistée par gaz :

L'injection assistée par gaz est destiné à la fabrication de corps contenant une cavité de forme moins régulière. Deux variantes sont possible, l'injection terminée par pression de gaz et l'utilisation d'une masselotte de vidange.

Dans le premier cas, une cavité de moule d'injection est remplie a environ de 80% .Par canal d'injection, en introduit alors un gaz sous pression qui crée une bulle au sien de la matière chaud et applique celle-ci sur la paroi du moule.

L'autre technique consiste à remplir la cavité du moule complètement et à injecter un gaz dans celle-ci par un point oppose au point d'injection.

Ce gaz va repousser devant lui, vers masselotte placée sur le canal d'injection, la matière qui est encore à l'état liquide, créant ainsi un vide dans la pièce. [20]

II-2-10-9-Injection sur noyaux tournants :

Injection sur noyaux tournants est une technique encore en plein développement qui nous s'applique toutefois qu'à la fabrication d'objets de révolution. Pour obtenir l'effet désire, on injecte la matière plastique sur un noyau mobile relie a un axe de rotation. Lors du

Refroidissement de la matière injectée, on imprime aux noyaux un mouvement de rotation entraînant un cisaillement de la matière encore fondue en prisonnier entre les noyaux et la paroi de la cavité. Cette rotation au mouvement en la matière on se refroidissant, atteint soit la température de cristallisation, soit le début du plateau caoutchouteux, entraîne l'orientation circonférentielle des chaînes moléculaires. [20]

II-2-11-Refroidissement des moules :

Il faut évacuer le plus rapidement possible les calories amenées par la matière fondue, la régulation de température d'empreinte est capitale pour la qualité de la pièce, et son moindre coût de fabrication.

Pour cela trois principes sont à retenir :

- Les températures des deux faces du moule doivent être rigoureusement égales $\pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Les écarts de température doivent être inférieurs à 5°C sur toutes les parois d'empreintes.
- Se placer dans les conditions de régime turbulent pour le liquide de refroidissement.

Les dispositifs de régulation thermique des moules d'injection thermoplastique sont en général réglés entre 50 et 80°C . Pour certains matériaux des températures de 200°C sont possibles.

Les fluides de régulation peuvent être les suivants, selon le gamma de température :

- Saumure, eau glycosée, pour les températures à 0°C .
- Eau pour les températures comprises entre 0 et 90°C .
- Huile ou fluide caloporteur synthétique pour les températures supérieures à 90°C .

Les circuits de refroidissement peuvent être de simple trous, des gorges, des puits, des caloducs. [20]

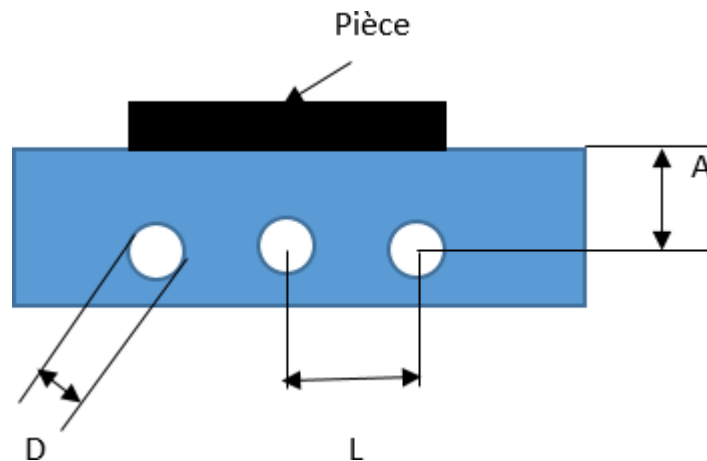


Figure II 11 position de canaux de refroidissement pour une plaque plane

Avec :

$$L=2.5D$$

$$A=1.5\text{à}2D$$

Des précautions générales sont à prévoir lors de la définition d'un circuit de refroidissement :

- Bien repérer le circuit (entrée, sortie, sens de circulation).
- Utiliser de l'eau adoucie.
- Percer dans les empreintes seulement.
- Penser à concevoir un circuit tel que l'écoulement se fasse avec un nombre de Reynolds supérieur à 3500.
- Penser à refroidir au plus près de chaque point d'injection.
- Utiliser une pompe donnant une pression de refoulement minimale de 3 bars.

II-2-11-1-Le temps de refroidissement :

Avec un refroidissement suffisamment efficace, le temps au bout duquel la pièce peut être éjectée ne dépend que de son épaisseur et de ses caractéristiques thermique.

Et on a :

$$T_r = \frac{e^2}{\pi^2 * a} \ln \frac{8 * (t_i - t_m)}{\pi^2 * (t_d - t_m)} \quad (2-1). [10]$$

Avec :

T_r = temps de

refroidissement

en s.e = épaisseur

de la pièce.

t_m = température de la surface de l'empreinte.

T_d = température moyenne de la moulée au

moment du démoulage. a = coefficient de diffusion

thermique du polymère.

T_i = température de d'injection.

II-2-12-émoulage Ejection

2-12-1-Démoulage :

Les pièces injectées sont retenues dans le moule, non seulement a causé 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. [21]

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.

2-12-2-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 vérifiée pour toute nouvelle conception

De moule pour des raisons économique évidentes. L'éjection peut être faite par éjecteur, par air, par roche tournante, lunette, ou plaque revêtisseuse, coulisseuse. [15]

2-12-3-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 à lame doivent être guides pour éviter les risques de flexion ou de flambage [15].

III-1- Introduction :

Le moule est un ensemble mécanique de très grande précision qui permet de fabriquer des milliers de pièces en injection de matière plastique en fusion dans des empreintes prévues à cet effet, il est utilisé sur une machine appelée presse à injecter. Un moule est constitué de deux parties principales, une partie fixe pour l'injection de matière et l'autre mobile pour la fermeture du moule. Quand le moule fermé, la surface de contact entre ces deux parties est appelée plan de joint, c'est au niveau de ce plan que la pièce devra se démouler, la difficulté est de définir physiquement sa position, pour ne pas laisser de traces sur la pièce moulée, les deux parties doivent s'emboîter parfaitement pour établir l'étanchéité. Lorsque le moule fermé est sous pression.[21]



Figure III 1 moule injection plastique

III-2-Modélisation de la pièce :

III-2-1- Règle de conception :

Les règles essentielles concernant la conception des moules pour thermoplastique sont : [23]

- Eviter les entailles et les arêtes aigues

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

III-2-2- Règles élémentaires de conception plastique

La conception consiste à réaliser des pièces en plastique qui sera à la fois : [23]

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

III-2-3- Dessin de la pièce

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

III-2-4- Epaisseurs de parois

Il ne faut pas que les épaisseurs de parois varient beaucoup. Les retassures, bulles, criques apparaissent dans les parties massives non alimentées en matière fondue pendant le maintien en pression et le refroidissement (épaisseur constante sur toute la pièce). [23]

III-2-5- Arrondis et congé de raccordement

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

III-2-6- Les nervures :

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

III-2-7- Les fonds de pièces

Les retraits des fonds de pièce occasionnent des déformations des récipients ou boîtes. Un fond bombe est dans ce cas préférable. [23]

III-2-8- Les dépouilles et contre-dépouille

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

III-2-9- Filetages et Taraudages

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

III-2-10- Le choix du plan de joint

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

III-2-11- Les pièces complexes

Il est parfois préférable et astucieux de décomposer la pièce en plusieurs éléments simples à produire qui, une fois montés, donnent la pièce. [23]

III-3- Les élément de base :

III-3-1- Plaque porte empreinte :

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

III-3-2- La semelle avant :

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

III-3-3- La semelle arrière

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

III-3-4- Les Systèmes d'alimentation

3-III-4-1- La buse:

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

III-3-4-2- Les Canaux

Les économies de matière les voudraient courts et de faible section, mais les contraintes d'écoulement préfèrent les fortes sections. La section idéale est circulaire, mais d'autres formes peuvent convenir. Dans un moule avec plusieurs empreintes, la présence d'un dispositif d'équilibrage des pertes de charge facilite la mise au point du moulage et permet de remplir toutes les cavités d'empreintes en même temps. Les logiciels de prédiction des écoulements permettent de pré-dimensionner et rééquilibrer les canaux d'alimentation. [15]

III-3-4-3- Les seuils d'injections

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

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

III-4- L'architecture du moule

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

III-4-1- Moule à deux plaques

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

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

Ce système offre plusieurs avantages, comparé au moule à deux plaques, D'abord, le dégagement est automatique au cours du processus d'éjection. Ensuite, les possibilités de sélection du nombre et de l'emplacement des seuils sont plus variées. [24]

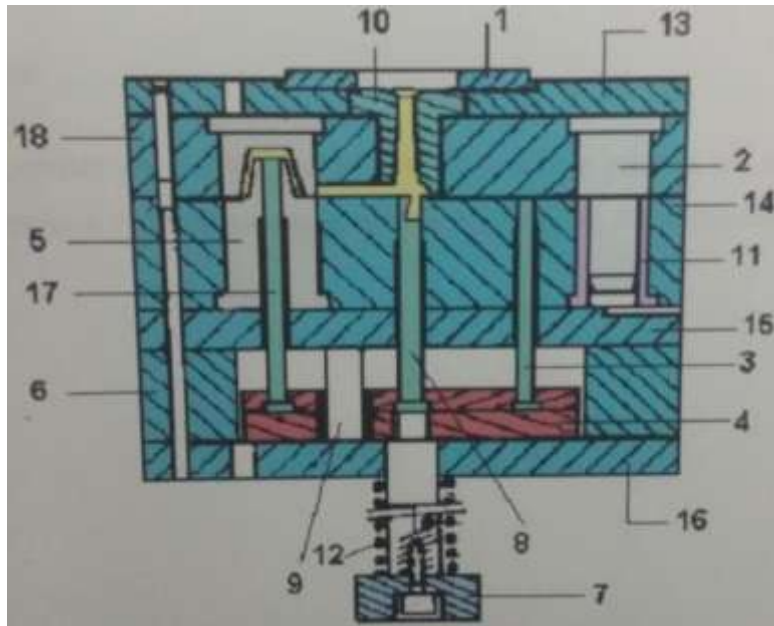


Figure III 2 Injection

Nomenclature :

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

III-4-2- Moule a tiroir

Ce moule permet de sortir des pièces offrant des parties en contre-dépouille ou trou. Le tiroir se retire à l'ouverture de la partie supérieure pour permettre rejection de la pièce.[23]

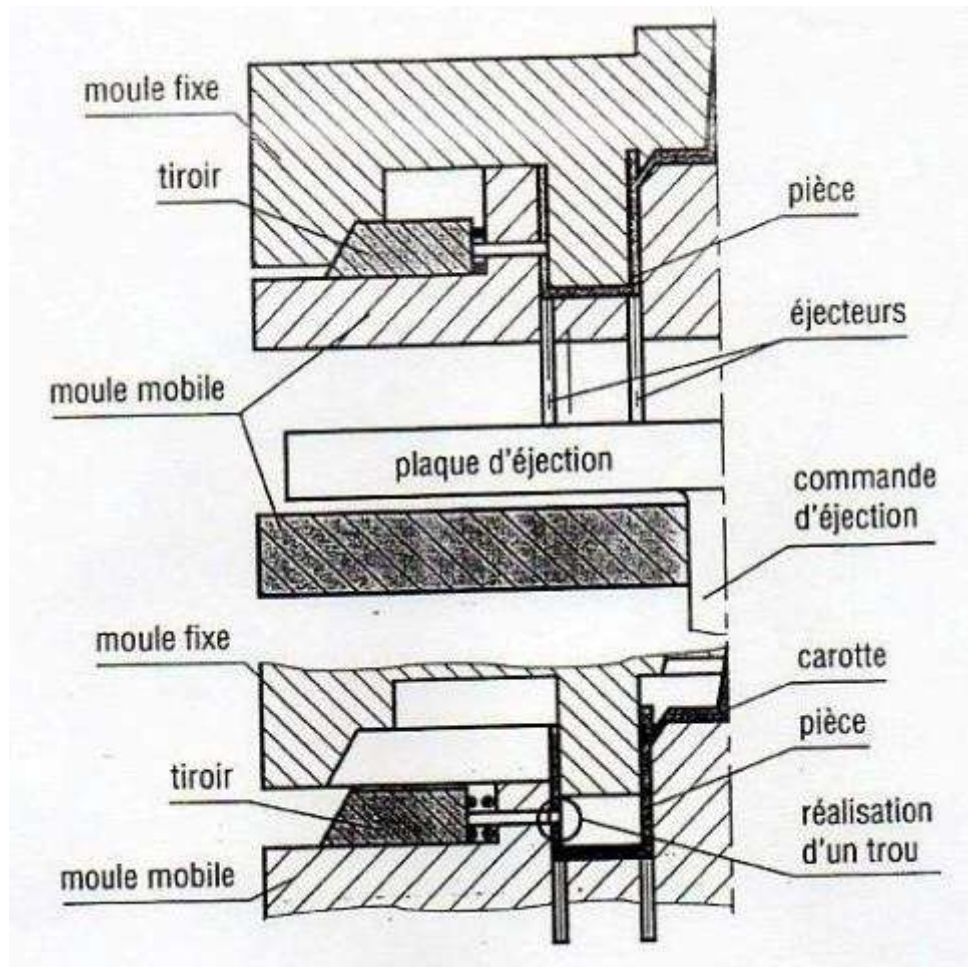


Figure III 3 Moule a terroir

III-4-3- Moule a coquilles

Ce moule permet de réaliser des contre-dépouilles extérieures, mais il faut soigner la fermeture du moule et surveiller la fermeture de la machine.[23]

III-4-4 moules a canaux chauds ;

Les moules a canaux chauds remplacent les moules de carotte et canaux froids avec un distributeur chauffé à l'électricité qui conserve cette potion du dosage a l'état fondu. La résine est injectée dans les cavités directement depuis les points d'injection du distributeur.[24]

Les avantages des canaux chauds

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



Figure III 4 Régulateur de température pour un moule à canaux chauds

III-5- Empreintes du moule

III-5-1- Nombres d'empreintes

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

Les critères économiques sont temps d'occupation des machines, nombre de démoulages annuels, ou hebdomadaires, production et stockage des pièces. Pour que toutes les pièces d'une même moulée soient identiques, il faut qu'elles se remplissent en parfait synchronisme, que le polymère subisse les mêmes pènes de charges, parcourt la même distance, change de direction le même nombre de fois. L'alimentation des empreintes deux par deux permet de résoudre plus facilement ce problème.[25]

III-5-2- Matériaux constitutifs de l'empreinte

Le choix des matériaux de l'empreinte dépend de la destination du moule. Pour les moules de grandes séries, les critères de longévité sont pris en compte en priorité avant ceux des coûts de la matière première et de son usinage. Les moules expérimentaux ou ceux destinés à la fabrication de très petites séries peuvent, par contre, être réalisés avec des matériaux moins résistants, si les conditions de fonctionnement des moules (surtout lorsqu'il s'agit d'essais) sont sensiblement identiques à celles du moule de production. Ces matériaux doivent avoir

- une bonne résistance à l'abrasion causée par le frottement des charges contenues dans la matière injectée et le mouvement des éléments mobiles de l'empreinte
- une bonne usinabilité et une bonne aptitude au polissage, indispensables pour faciliter le respect du cahier des charges concernant l'état de surface des éléments moulants et la réalisation de formes complexes ;
- une précision et une stabilité dimensionnelles correctes après les traitements thermiques dont il faut connaître les effets, compte tenu des dimensions et des tolérances de l'outillage dont dépend l'un des éléments de calcul du retrait de la pièce injectée.
- une résistance à la corrosion chimique indispensable à cause des produits dégagés par l'injection de certaines matières plastiques (PVC, acétate de cellulose, PIM...) ;
- une bonne conductivité thermique : cas des métaux, contrairement aux résines chargées avec lesquelles on observe des cycles d'injection très longs malgré l'incorporation de circuits de refroidissement. [21]

III-5-2-1- Acier

Ce sont les matériaux le plus souvent utilisés pour la construction des empreintes. Par un choix et un traitement thermo-chimique judicieux, on obtient des éléments résistants à la fatigue et aux contraintes mécaniques, ainsi que des surfaces polies et dures s'opposant très bien à l'abrasion. Le mode de fabrication de l'empreinte amène les moulistes à choisir des aciers faciles à usiner et à polir, en tenant compte, pour le choix et l'usinage, des traitements thermiques envisagés. [21]

III-5-2-2- Alliage de cuivre

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

- pour la fabrication par coulée de plusieurs empreintes identiques qu'il serait relativement onéreux d'usiner par fraisage (par exemple les reliefs ornementaux,
- lorsqu'il est nécessaire d'obtenir un refroidissement plus rapide des pièces on peut alors employer un alliage cuivre béryllium qui a une conductivité thermique 4 à 6 fois plus grande que celle de l'acier ; S'il est indispensable que les empreintes aient une très grande résistance à la corrosion. [21]

III-5-2-3- Alliage d'aluminium

On les utilise pour les moules prototypes. Leur composition est la suivante Zn : 4 à 6 % ; Mg : 2 à 2,5 % ; Cu : 0,8 à 1,6 % ; Cr : 0,1 à 0,25%

La teneur en aluminium correspond au complément à 100 %. Leur dureté est voisine de 150 HB. Leur usinage est facile et particulièrement rapide par électroérosion, leur polissage est de très grande qualité et leur masse est seulement le tiers de celle du même moule en acier. Les empreintes prototypes peuvent être remplacées par d'autres en alliages plus résistants, dans des carcasses qui pourront alors être employées pour un moulage en série. [21]

III-5-3- Régulation de température

Le moule doit être muni de circulation de fluide pour réguler la température de la paroi de l'empreinte d'un cycle à l'autre, et pour évacuer les calories de l'objet moule avec une rapidité suffisante. Si la température augmente légèrement à chaque moulée, le temps de cycle augmente. Plus l'empreinte comporte de pièces constituées, et plus la circulation de fluide sera complexe et délicate. De plus les broches et les noyaux évacuent très mal les calories, car ils ne bénéficient pas de la masse métallique du moule, mais de petites sections pour conduire les calories. [23]

III-5-4- Fermeture du moule

Le dispositif de manœuvre des plateaux porte moule doit assurer l'ouverture, la fermeture, et le verrouillage du moule avec une force suffisante. Ces fonctions importantes peuvent être assurées de différentes manières.[23]

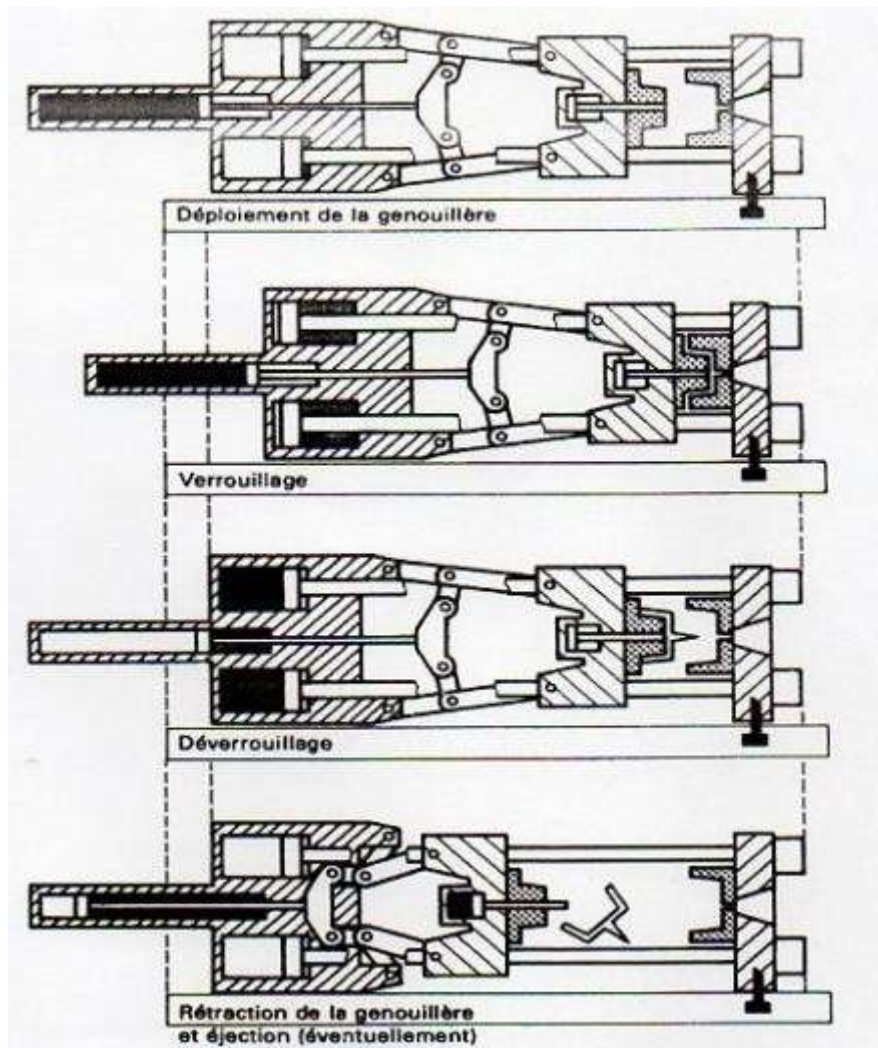


Figure III 5 Fermeture de moule

III-5-4-1- Fermeture mécanique par genouillère

L'avance rapide de la partie mobile est assurée par genouillère. Le verrouillage du moule est fourni par la mise en traction des colonnes de la machine, au moment où le moule est verrouillé. La genouillère est actionnée par un vérin hydraulique, ce système est très simple mais n'assure pas une force de fermeture constante et reste difficile à régler.[23]

III-5-4-2- Fermeture hydraulique avec genouillère

Le déplacement rapide pour l'approche des parties du moule à genouillère. Mais le verrouillage est obtenu par un ou plusieurs vérins hydrauliques quand la genouillère est alignée. [23]

III-5-4-3- Fermeture hydraulique a un vérin

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

III-5-4-4- Fermeture hydraulique multi-vérins

Dans ce cas, les fonctions d'avance rapide et verrouillage sont dissociées et remplies par des vérins distincts, utilisés les uns après les autres. Aujourd'hui, on commence à voir apparaître sur le marché des machines entièrement électriques, sans centrales hydrauliques. La fermeture est mécanique avec commande par moteur électrique et la vis est également entraînée par un autre moteur. [23]

III-6- Autres fonctions assurées par le moule

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

- le guidage et centrage des plaques portant les empreintes par des colonnes,
- le déplacement et butée de la plaque n°2 dans un moule a 3 plaques ainsi que le rappel des plaques pendant la fermeture,
- le mouvement des tiroirs et des coquilles par des pentes, des doigts inclinés, des cames, des moteurs ou des vérins hydrauliques asservis.
- l'escamotage et rappel des broches de contre-dépouilles intérieurs,
- l'injection de la pièce et le rappel de rejection mécanique ou hydraulique pour une éjection du côté de la partie fixe de la fermeture de la presse,
- le décarottage automatique et le contrôle de la non présence de carotte de pièce avant la commande de fermeture du moule,

le positionnement des inserts avant la fermeture du moule.

- la mesure et le contrôle de l'injection, par des capteurs de pression ou de force, ou par des capteurs de déplacement pour mesurer l'ouverture du moule pendant le remplissage,

- les sécurités : des capteurs de position sont parfois nécessaires pour contrôler et commander les phases de l'ouverture ou de la fermeture du moule pour ne pas risquer d'endommager les tiroirs ou les surfaces des empreintes. [23]

III-7- Fabrication de moule

Les outillages peuvent être réalisés par différents procédés :

III-7-1- Usinage à grande vitesse (UGV)

L'usinage à grande vitesse est une technique qui est apparue suite aux importantes innovations mise en œuvre au cours de ces dernières années. L'UGV s'applique à l'ensemble des techniques d'usinage. La notion de grande vitesse peut s'adresser à la vitesse de coupe, la vitesse d'avance par tour restant inchangée, alors que la vitesse d'avance relative outille-pièce est augmentée proportionnellement à la vitesse de coupe. Généralement, les moules et outillages sont réalisés dans des aciers durs, souvent fortement alliés à des résistances mécaniques comprises entre 650 à 1800 MPA. De plus les échanges thermiques peuvent affecter la structure métallurgique de l'alliage à la surface et introduire des contraintes résiduelles superficielles qui peuvent être prétraitées. La chaleur produite lors de la formation du copeau n'a pas le temps de diffuser ni dans le matériau de la pièce usinée, ni dans l'outil. Le matériau n'est plus affecté, et la qualité d'état de surface est meilleure. [26]

III-7-2- Usinage par enlèvement de particules ou électroérosion

Le métal est enlevé par étincelles électriques éclatant entre une électrode outil et la pièce à usiner qui sont immergées dans un liquide diélectrique. Chaque étincelle agit comme une source thermique ponctuelle qui provoque localement la fusion et la vaporisation des matériaux constituant l'électrode et la pièce. Il n'y a pas de contact, entre l'électrode et la pièce qui sont distantes de l'intervalle d'étincelage ou gap, dans la valeur est d'environ quelques dixièmes de millimètre. On obtient directement ainsi une très grande précision (l'ébauche Ra 10 à 30 µm, finition Ra 0.4 à 1.6 µm), bien adaptée à la reproduction d'empreintes multiples. Pour la réalisation des filières de formes, on utilise également l'électroérosion par fil. [26]

III-7-3- Forçage à froid

Le forçage à froid à la presse hydraulique d'un poinçon de forme dans une empreinte de dureté inférieure, en métal de type Plastom, qui se déforme progressivement jusqu'à épouser la forme du poinçon. Ce procédé est également utilisé pour produire des empreintes multiples précises, mais de faibles tailles. [18]

III-7-4- Electro-dépositions

L'Electro-dépositions permet de déplacer par électrolyse assez forte de métal (Cu + Ni) sur un modèle à reproduire, après d'avoir rendu conducteur par un dépôt de cuivre chimique. Le temps de formation du dépôt est de l'ordre d'un a deux mois, pour pouvoir disposer d'une forme reproduite, avec son grain, qui sera ensuite ajustée dans la carcasse du moule. On peut procéder par projection de métal plus rapide, mais les détails à reproduire sont alors moins précis. [18]

III-8- Remplissage du moule

III-8-1- Organes constitutifs de la machine

Une machine d'injection classique comporte essentiellement :

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

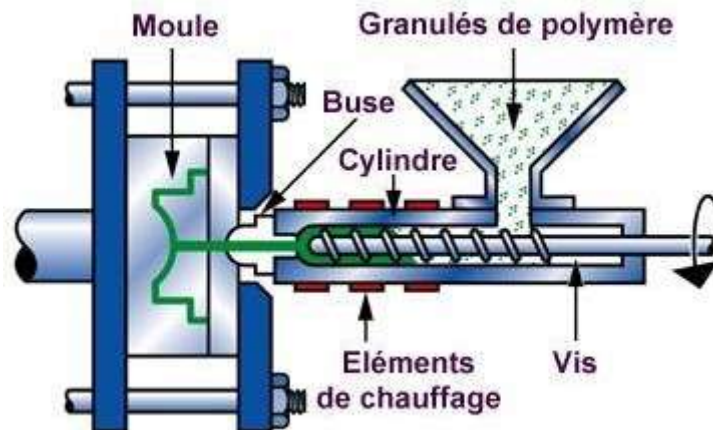


Figure III 6 Procède de l'injection

III-8-2- Chauffage du filet

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

III-8-3- Système vis-piston

Le dispositif remplit les deux fonctions de plastification et d'injection en un seul mécanisme. Pour la plastification, la vis tourne et plastifie la matière. Les granules sont chauffés, fondus, et homogénéisés pendant leur transport de la trémie vers la buse. Pour stocker la quantité de matière nécessaire à l'injection d'une pièce, le dispositif vis-piston peut reculer dans le fourreau de la machine et doser la quantité voulue de matière plastifiée devant la vis, la vis s'arrête de tourner et de reculer. Pour injecter un vérin hydraulique pousse la vis, celle-ci plaque le clapet sur son siège, la matière ne peut plus refluer vers l'arrière. L'ensemble injecte sous pression dans le moule, la matière dosée. Pendant cette phase, l'hydraulique peut être asservi pour harmoniser le remplissage du moule en fonction de la pièce et de la matière injectée. [10]

III-8-4-Clapet de vis

La pression d'injection peut atteindre plus de 1 000 bars, et celle développée dans le moule, du fait des pertes de charges. Dans la pratique et pour des polymères courants, elle est de l'ordre de 300 bars. Il y a donc lieu de prévoir une fermeture efficace, que l'on réalise souvent à l'aide d'un système à genouillère à commandé hydraulique. Suivant le sens de l'injection, on notera encore deux configurations possibles :

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

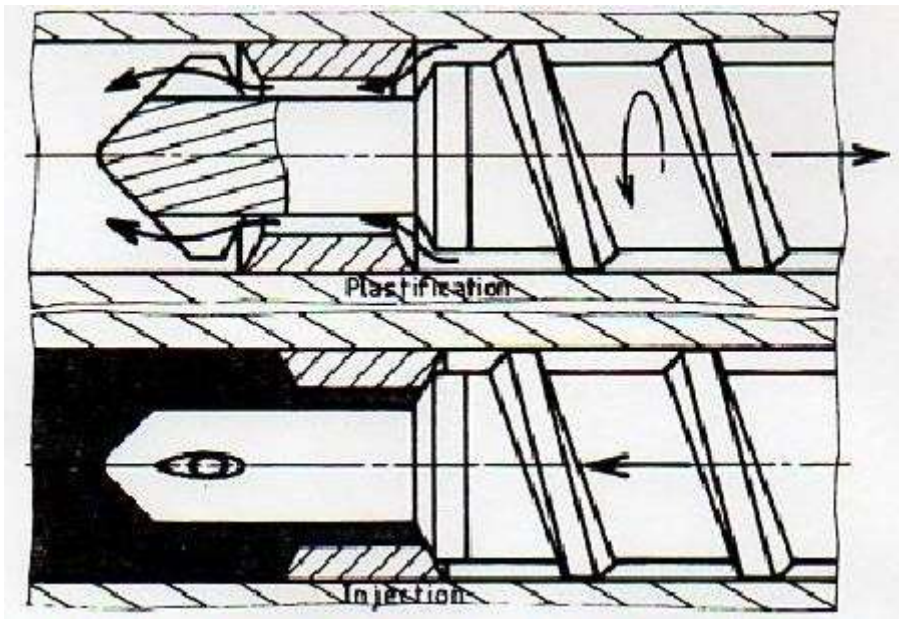


Figure III 7 Fonction du clapet

III-9- Cycle de moulage

Le cycle complet de fabrication qui démarre toujours avec le moule ouvert, se déroule de la façon suivante :

- fermeture du moule rapide en début de course, puis lente à la fin,
- verrouillage du moule ; une force importante en fonction des critères techniques (matériau à injecter, forme des pièces,...) est appliquée pour maintenir les deux surfaces des parties fixes et mobiles en contact,
- injection de la matière, de l'entrée du moule vers les empreintes destinées à modeler la pièce. Cette matière est diffusée de manière homogène dans les empreintes pour bien les remplir,
- refroidissement rapide des empreintes pour solidifier la matière,
- ouverture lente du moule en début de course, puis rapide en fin,
- éjection de pièce solidifiée.

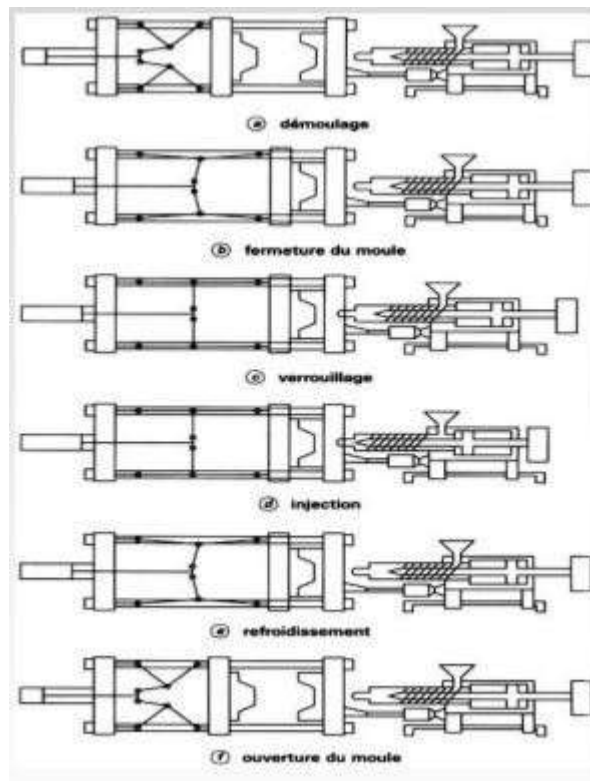


Figure III 8 Cycle de moulage

IV.I Généralité des traitement sur les surfaces polymères

L'étude des surfaces a fait l'objet de nombreux travaux depuis le début du vingtième siècle avec notamment les travaux de Langmuir et Blodgett qui ont révolutionné la science des surfaces.¹⁰ La méthode de Langmuir-Blodgett permet d'obtenir à la surface d'un liquide des couches mono moléculaires organisées avec de très faibles épaisseurs (de 1 à 4 nm), de les transférer et de les superposer sur une surface. Des études plus approfondies dans le domaine des surfaces et de la biologie ont permis de développer des domaines tels que « la science des bio interfaces », cette dernière étant définie comme l'étude et le contrôle des interactions biomoléculaires sur des surfaces. En effet, alors que les propriétés intrinsèques d'un matériau dictent ses propriétés mécaniques, les interactions entre ce matériau et l'environnement sont gouvernées par ses propriétés de surface. Modifier et contrôler les propriétés de surface d'un matériau sans changer ses propriétés intrinsèques est un enjeu majeur dans de nombreux secteurs d'activités comme les domaines de l'emballage alimentaire et médical. Le greffage covalent de polymères sur un substrat solide est une méthode efficace pour conférer au matériau les propriétés de surface désirées comme la biocompatibilité, l'hydrophilie, des propriétés anti-adhésives et de reconnaissance moléculaire.¹¹ La modification de surface d'un matériau se fait en général en deux étapes. En effet, la majorité des matériaux polymères sont inertes chimiquement et nécessitent un pré-traitement de surface avant de greffer un polymère ou une biomolécule. Le greffage covalent de molécules sur des surfaces a de nombreux avantages par rapport aux dépôts physiques. Cette méthode permet d'éviter le relargage de molécules et assure des propriétés chimiques et une stabilité de surface à plus long terme.

IV.II Fonctionnalisation de surface par des méthodes chimiques

Ce type de modification de surface implique la réaction entre un produit chimique en solution et une surface. Les réactions d'hydrolyses acide ou basique ainsi que les attaques oxydantes et l'aminolyse constituent les grandes méthodes de modification chimique de surfaces. En effet, pour le PET, l'incorporation par des méthodes chimiques de fonctions réactives tels que des groupes hydroxyle, carboxyle ou amine primaire se fait principalement par hydrolyse¹³⁻¹⁴, réduction¹⁵ ou aminolyse.¹⁶

IV.III.1 Hydrolyse acide ou basique

Dans le cas des polyesters, les groupements hydroxyle et acide carboxylique sont générés par hydrolyse de liaisons esters.¹⁷ Ce traitement chimique de matériaux polyester a été très utilisé par de nombreux groupes et conduit à une augmentation de l'hydrophilie et de la rugosité de surface.^{18- 22}

Demoustier & Co ont effectué une hydrolyse basique sur des films de PET afin d'incorporer des fonctions réactives sur les surfaces.¹⁴ L'hydrolyse des chaînes polyester a créé à la surface des fonctions alcool et acide carboxylique, les fonctions alcool étant ensuite oxydées en fonctions acide carboxylique (figure 2).

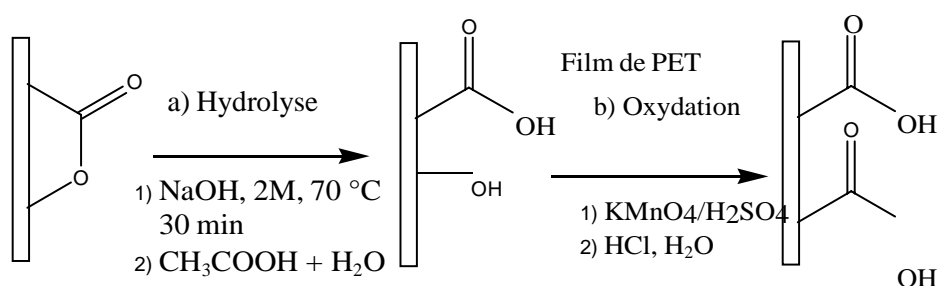


Figure III 1 Hydrolyse du PET, b) Oxydation du PET hydrolysé

Ces fonctions acide carboxylique permettent d'immobiliser de manière covalente ou par interaction électrostatique un amorceur de type azoïque permettant la polymérisation radicalaire classique du styrène sur la surface de PET. Chaque étape de la modification de surface a été suivie par spectroscopie de photoélectrons X (XPS) montrant ainsi son efficacité.

Le prétraitement par hydrolyse est donc efficace mais nécessite souvent un deuxième pré-Traitement comme vu dans l'exemple ci-dessus pour augmenter la sélectivité des Groupements fonctionnels créés à la surface

IV.II.2 Attaque oxydante

L'oxydation des polyoléfines par l'acide chromique ou le permanganate de potassium dans l'acidesulfurique est un pré-traitement permettant d'incorporer sur des polymères inertes chimiquement (polyéthylène (PE), polypropylène (PP), PET) des fonctions alcool, cétone, acide ou encore ester. ²³⁻²⁶ Indépendamment, Heath ²⁵ et Desai ²⁷ ont observé que des surfaces de PP et PE devenaient plus hydrophiles après un traitement oxydant à l'acide chromique du fait de l'apparition de fonctions acides carboxyliques et cétone. De plus, la rugosité croissait significativement conduisant ainsi à des surfaces hétérogènes.

IV.II.3 Aminolyse

Comme l'hydrolyse, l'aminolyse est une réaction de dégradation de surface par coupure des chaînes de polyester (figure 3). ^{19,28,16,29 30-32}

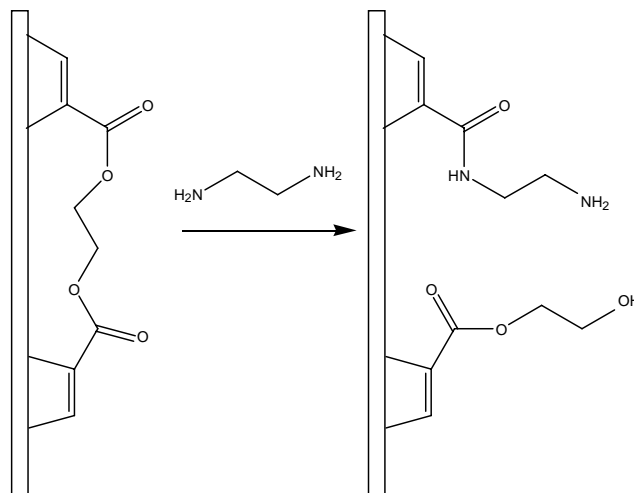


Figure III 2: Réaction d'aminolyse sur des fibres de PET avec le 1,2-diaminoéthane

Notre laboratoire ¹⁶ a récemment étudié l'aminolyse de fibres de PET par différentes fonctions diamine. Les fonctions amine permettent dans une deuxième étape d'incorporer des molécules glycosylées. Différents paramètres tels que la température, le solvant, la concentration en diamine et le temps de réaction ont des effets importants sur le rendement de greffage de fonctions amine et sur la rugosité de surface. Par exemple, il a été observé qu'augmenter le temps de traitement améliore l'incorporation de fonctions amine mais dégrade de plus en plus la surface. En effet, la surface devient hétérogène et le diamètre des fibres diminue.

Croll & Co ¹⁹ ont aussi observé une perte de poids des fibres de PET et de poly(acide lactique) (PLA) traitées par aminolyse impliquant une forte dégradation de surface et une modification des propriétés intrinsèques du matériau. ³³

Ces méthodes de modification de surface chimique sont commodes et faciles à mettre en œuvre mais ont des inconvénients. En effet, ces réactions introduisent le plus souvent plusieurs types de groupements. De plus, il y a un problème de reproductibilité sur des surfaces de polymères ayant des masses molaires et des cristallinités différentes. ¹¹ Des dégradations de la surface sont aussi observées avec ces traitements chimiques affectant ainsi les propriétés mécaniques des matériaux.

C'est pour pallier à ces inconvénients que les traitements physiques de surfaces ont été largement étudiés ces dernières années.

IV.II.4 Modification physique de surface

De nombreuses techniques de modification de surface physique telles que le traitement par ozonolyse, ³⁴⁻³⁵ l'irradiation UV, ³⁶ les faisceaux d'électrons ^{6,37} ont été développées au cours des trente dernières années. Ces techniques permettent d'incorporer des fonctions réactives à la surface d'un matériau polymère qui peuvent aussi, lors d'une deuxième étape, être utilisées pour greffer de manière covalente des molécules ou des chaînes polymères. L'intérêt de ces traitements physiques est multiple :

- Plus faciles à mettre en œuvre que les traitements chimiques, ces traitements sont largement utilisés pour des applications industrielles.
- Si les conditions opératoires sont adaptées (temps de traitement, intensité des faisceaux etc.), les modifications n'engendrent généralement pas de changements sur les propriétés intrinsèques du substrat (propriétés mécaniques, transparence, etc).

Le greffage covalent de polymères peut aussi être effectué *via* la combinaison de procédés physiques et chimiques³⁹ ou de deux procédés physiques.⁴⁰

IV.II.5 Modification de surface par ozonolyse

Le traitement de surface par ozonolyse permet d'oxyder une surface en utilisant uniquement l'ozone comme réactif chimique. Hoffman & Co³⁵ ont introduit des fonctions peroxyde et hydroperoxyde par ozonolyse sur des surfaces de PP. Ils ont observé une diminution importante de la masse molaire du PP après cinq minutes de traitement. Le 2-hydroxyéthyl méthacrylate a ensuite été polymérisé en solution sur les films traités par ozonolyse. Il en a ainsi résulté une augmentation de l'hydrophilie de surface.

Les réactions d'ozonolyses peuvent être utilisées seules mais il a été montré que combiner ozonolyse et traitement UV augmente la cinétique de réaction. En effet, Walzak & Co⁴¹ ont comparé les effets de l'ozonolyse seule et de la combinaison UV/ozonolyse sur le PET. Ils ont montré qu'avec une réaction d'ozonolyse seule il fallait un temps de traitement plus long pour augmenter l'hydrophilie de la surface de PET. En effet, le traitement par ozonolyse est un traitement lent avec moins de coupure de chaînes par rapport à un traitement UV/ozonolyse.

Liu & Co⁴² ont décrit le greffage du poly (oxyde d'éthylène), du chitosane et du poly(alcool vinylique) sur des membranes d'ultrafiltration en polyéthersulfone (PES) pour augmenter l'hydrophilie du matériau. La première étape est un pré-traitement UV/ozonolyse permettant d'incorporer des fonctions peroxyde sur la membrane. Les films greffés avec ces polymères hydrophiles ont un angle de contact qui diminue par rapport à un PES vierge, l'adsorption de protéines diminue mais la rugosité de surface augmente. En effet, un des inconvénients de l'ozonolyse est la dégradation des surfaces polymère.⁴³

IV.II.6 Modification de surface par irradiation UV

L'irradiation UV peut être utilisée comme pré-traitement sur des surfaces de polymères afin d'incorporer des fonctions réactives. L'irradiation crée des radicaux en surface qui, en contact avec des gaz, engendrent de nouvelles fonctions.⁴⁴

Le traitement UV a également été souvent utilisé pour greffer des polymères sur des surfaces en présence de photoamorceurs comme la benzophénone. ³⁶ Par exemple, Xing & Co ⁴⁵ ont greffé photo chimiquement la polyvinylpyrrolidone (PVP) sur des films de PP pour leur conférer des propriétés antibactériennes (schéma 4).

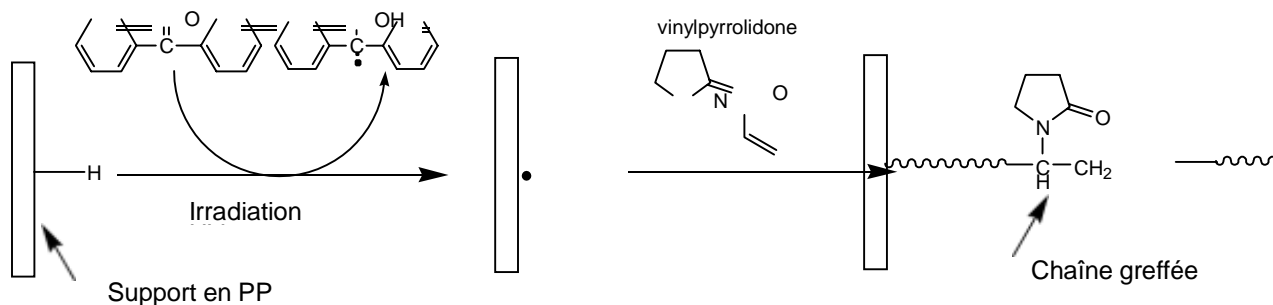


Figure III 3 Immobilisation du PVP sur des films de PP par irradiation UV puis polymérisation du N- vinylpyrrolidone

Le rendement de greffage dépend de la concentration en monomère et du temps d'irradiation. Les surfaces obtenues ont d'excellentes propriétés antibactériennes.

V.I Introduction

Dans le monde industrie high-tech les polymères c'est la matière plus demande car son coup de fabrication est bas avec une qualité supérieur est caractère physique et mécanique sont les même avec les métaux qui demande plus de temps pour les fabrique et plus d'argent.

La demande plus en plus ce multiplie ces dernier années on trouve que des pièces métallique sont remplacé par des pièces plastique moins chère, plus lège, et plus beau côte esthétique.

V.2. Domaine d'utilisation plastique

On ce jour la matière plastique a presque touche tous les domaines par exemple :

Domaine médical

Domaine automobile

Domaine alimentaire

Domaine industriel

Domaine agriculture...



Figure V 1 exemple de domaine d'utilisation l'injection plastique

Alors pour fabrique une pièce en plastique il ya déferont type de fabrication

Par exemple :

Soufflage

Moulage

Injection...

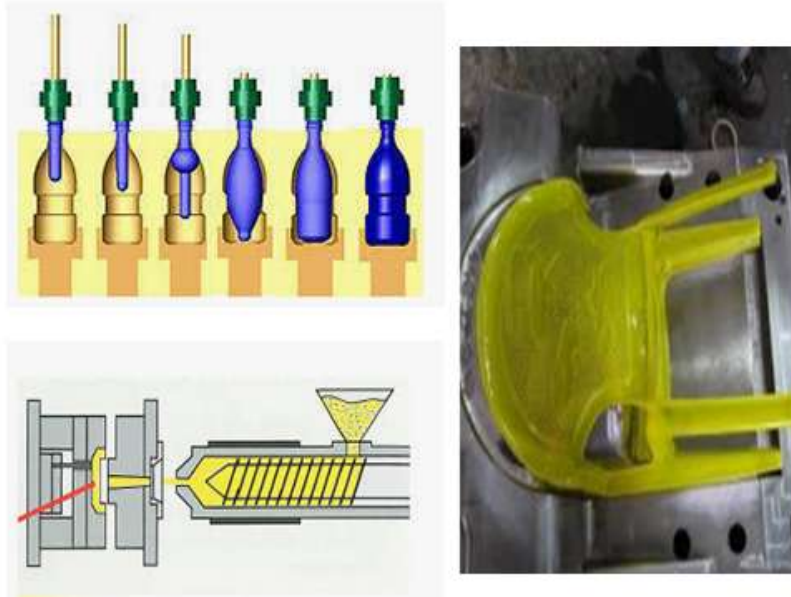


Figure V 2 exemple de type de fabrication plastique

Dans notre travaille on a utilisé la technique presse injection pour fabriquer siphon d'évacuation qui est composé des quatre pièces à assembler



Figure V 3 les quatre composent de siphon

Pour avoir la pièce final siphon d'évacuation figure suivant :



Figure V 4 V.4. siphon a l'état final

Pour avoir cette pièce on utilise une presse injection plastique (SANDRETTO SERIE CETTE)

Dans un atelier de fabrication qui situe à TIZI OUZOU.

V.3. Présentation de la machine

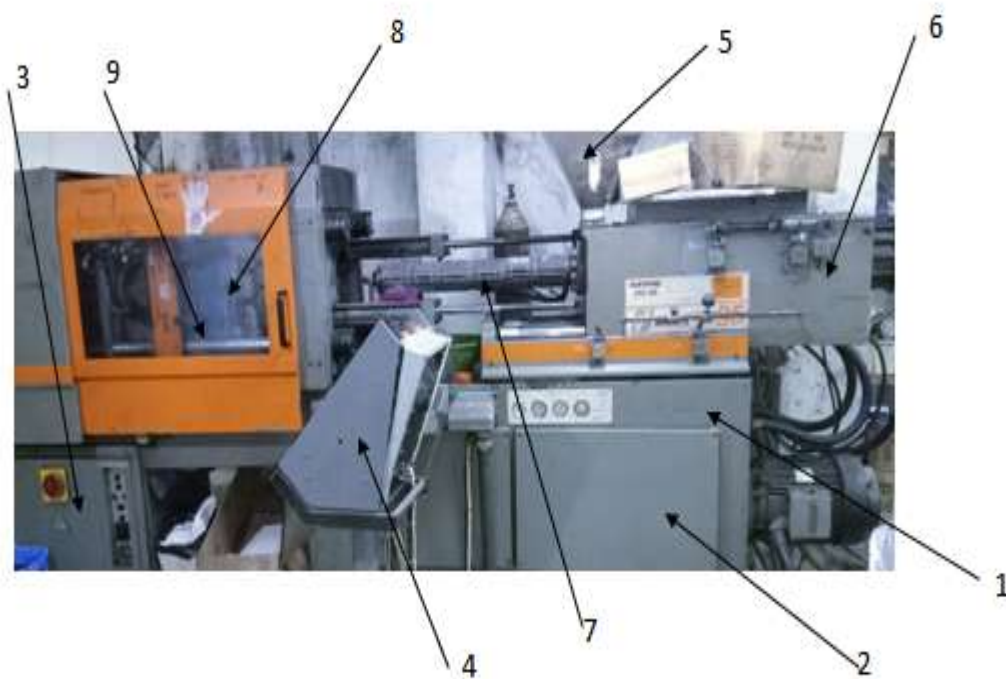


Figure V 5 présentation de machine d'injection

-
1. chassis
 2. armoires hydrauliques
 - 3 armoires électriques
 4. IHM (tableur de commande)
 5. trime de la matière première
 6. charrieur 1
 7. stations chauffage
 8. moule
 9. charrieur 2

V.4. Présentation déferant partie de machine

V.4.1. chassis

Est un cadre fait d'une matière solide et lord pour être un support pour l'autre partie machine (en assembler tous les partir sur la chassis)

V.4.2. armoires hydrauliques

C'est la partie ou est installer système hydraulique en trouve déferant composent (Pompe, réservoir huile, distributeur)

Cette partie assure tout la pression hydraulique pour assure le fonctionnement de la machine

V.4.3. armoires électriques

C'est la partie ou est installer système électrique en trouve déferant composent (Disjoncteur, les filles électrique....)

Cette partie assure tous les fonctionnements électriques de la machine

V.4.4. IHM (tableur de commande)

Influence humain sur la machine, c'est la partie la plus essentielle pour fonctionnement de la machine

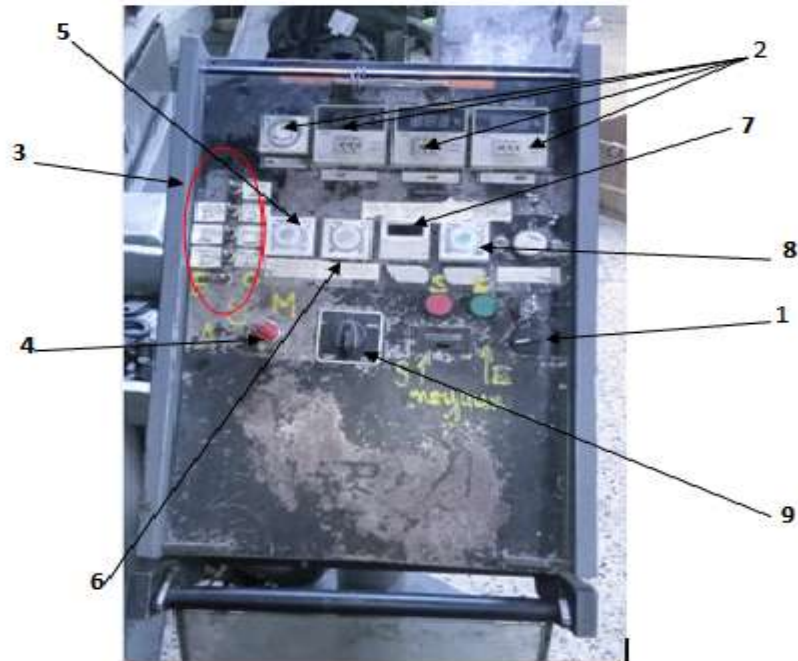


Figure V 6 présentation IHM

1. on / off
Allumage de la machine
2. commandes de température
Réglage température station de chauffage d'injection
3. guides manuels
Assure le fonctionnement suivant :
Avancement & recule de charrieur
Dosage & injection de la vise
Sortie & entre de l'éjecteur
Décompression de l'injecteur
4. Mode de la machine
Manuel : assure le fonctionnement individuel de chaque partie de machine
Semi-automatique : assure fonctionnement d'un seul cycle complet
Automatique : assure fonctionnement automatique de la machine
5. Régulateur temps déjection
6. régulateur temps de refroidissement (temps d'ouverture de moule)
7. régulateur vitesse de sortie d'éjecteur
8. régulateur temps de sortie de noyon (.....)
9. allumage des station chauffage

V.5. Trime de la matière première

C'est la partie où on met la matière première (ABS) il se trouve au haut de la machine pour assurer l'alimentation automatique de la machine grâce à la gravité



Figure V 7 présentation de trime

V.6. charrieur 1

Assure l'avancement et le recul de l'injecteur équipé avec des capteurs fins de cures

V.7. stations chauffage

C'est une partie qui est équipée avec quatre résistances chauffent avec les consignes suivantes

Première == 180°C

Deuxième == 212°C

Troisième == 241°C

Quatrième == maintien



Figure V 8 station chauffage et la vis

A l'intérieure de la station chauffage on trouve la vise qui basse sur deux mouvement rotation et avancement c'est dernière ne permet de homogène le granula ABS dans la chambre de chauffage station après station jusque qui sorte de bec de la station quatre avec en forme vis-cou voir

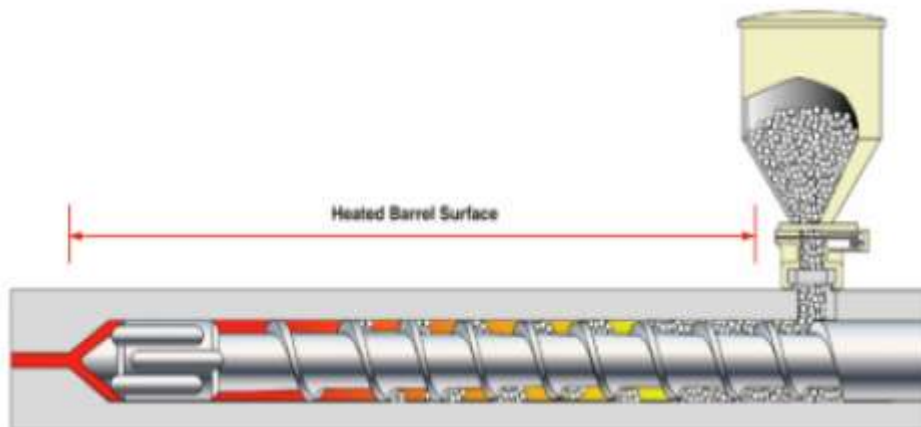


Figure V 9 présentation de rôle de la vis

V.8. Moule

C'est la partie qui suit l'injection ou la matière prend la forme finale après le refroidissement. Ce moule a un surcuit d'eau qui passe à l'intérieure pour refroidie et passe de l'état vis cou à l'état solide (état final) et dois d'un éjecteur pour faire sortir la pièce final de moule
Ce moule est compose en deux partie fixe et mobile



Figure V 10 présentation de moule sur machine

V.9. charrieur 2

Port la deuxième parti de moule son roue permet fermeture et ouverture de moule

Par cour de fabrication de siphon

Matière première (ABS)



Figure V 11 matière première ABS

Pour fabriquer notre pièce on doit choisir la matière qui convient à notre pièce

Pour bien et bon caractéristique de produit on choisit granule ABS qui a une grande résistance à la chaleur et mécanique et il accepte le revêtement de surface

Pour des raisons esthétiques.

On allume la trémie par matière première et on choisit la couleur si on veut avoir une couleur spécifique on doit mélanger avec un colorant avant de la mettre dans la trémie.

- on allume la station chauffage on introduit les valeurs de température
- on met la machine en mode manuel
- on fait passer la matière manuellement jusqu'à la sortie en état vis cou
- on essaie tout l'étape manuellement
- on met le bouton au mode semi auto
- On lance la première opération au mode semi auto

Si il ya aucun problème on met la machine en mode auto en démarre la production
 Notre siphon est fabrique a l'aide de 3 moule voir les figure suivent :

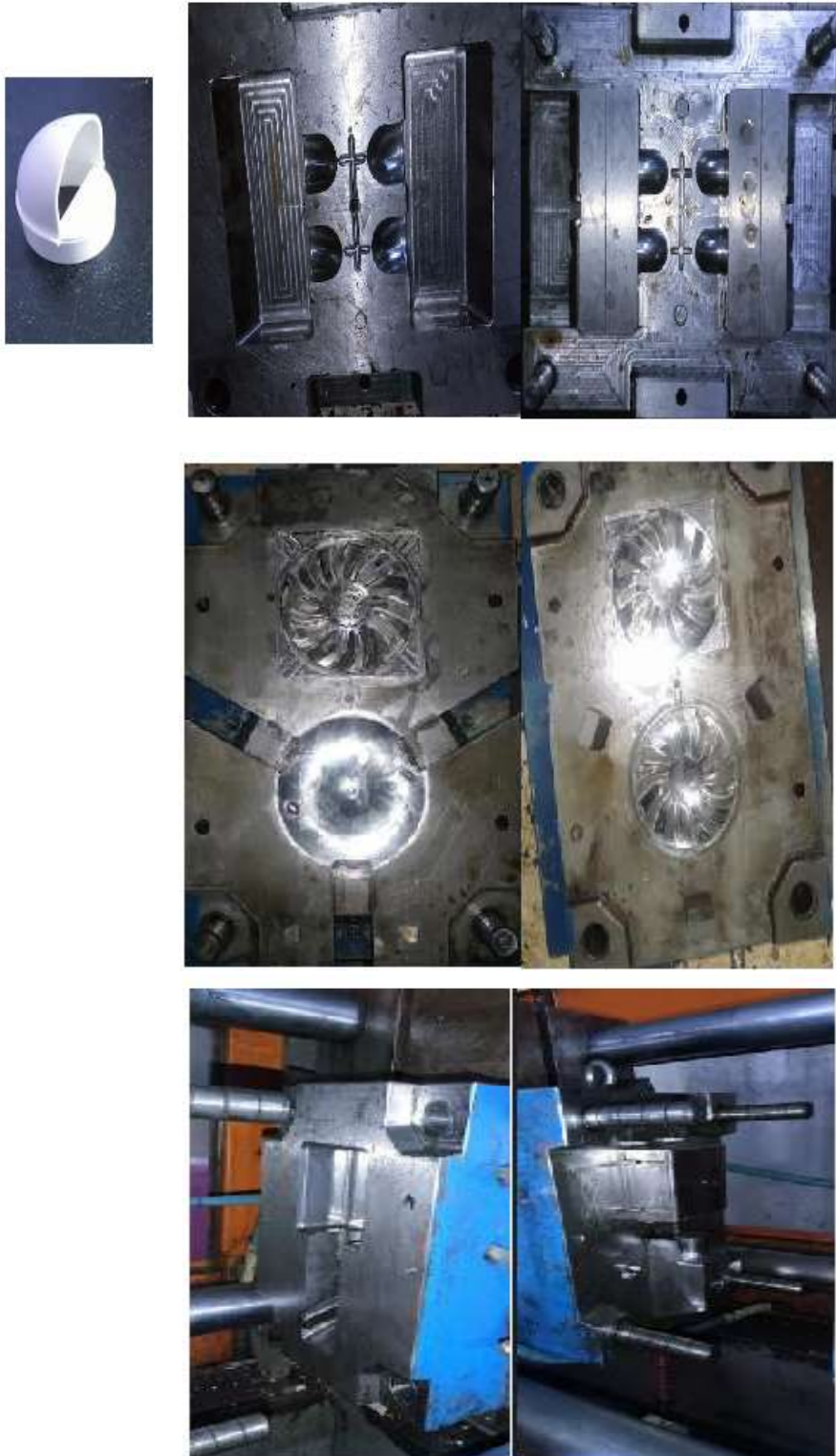


Figure V 12 les déferant type de moule nécessaire pour fabrique le siphon

V.10 Fonctionnement d'un cycle de fabrication

Au début le granula décent de trime à l'aide de la gravite la vis tourne en mouvement de rotation pur faire avance l'ABS dans les déférant station de chauffage jusqu'à qui il arrive a extrémité de charrieur avance pour faire colle le beq avec de noyon de moule , une pression qui va être dégagé pour faire pousse ABS a intérieure de moule qui ferme grâce à avancement de deuxième charrieur qui porte de moule faire passe tout la matière a intérieur .tout si mouvement sont gère avec des fin raccusé et des retardateur programmable le temps ou le moule et rempli. La vis fait un mouvement de recul pour la recharge et le premier charrieur fait à temps d'attente pour recule en même temps l'eau froide surcuit a intérieur de moule pour le refroidir la pièce.

Le deuxième charrieur fait recul la deuxième partie de moule avec lui.

grâce ou dois d'un éjecteur la pièce tombera ou bac en de dessue de la machine et la boucle se répète.

V.11 Le système de refroidissement

Le refroidissement de la pièce a l'intérieur de moule est assure par un système refroidissement (grand réservoir, pompe,)



Figure V 13 réservoir de l'eau

V.12. Le défaut rencontraï ou cour de production

V.12.1.Défaut de la matière :

Encoure de la production en trouve des défauts par exemple manque de la matière sur la pièce

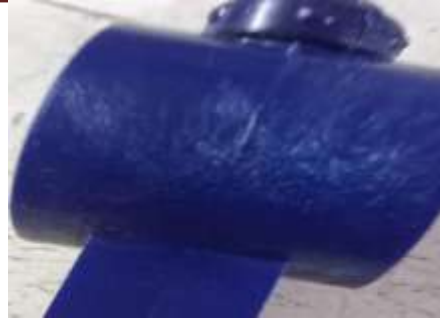


Figure V 14 une pièce avec une couche gonfle blanc

Et d'autre défaut en se trouve comme déformation sur la pièce



Figure V 15 défaut sur la finition de la pièce

Pour traiter ces défaut là on utilise certaine méthode par exemple Fig V.13 on utilise le séchage de la matière premier à l'aide d'un sécheur Voir figure suivant



Figure V 16 sécheur matière premier

En résumé quelque défaut et leur solution dans un tableau suivant :

DÉFAUTS RENCONTRES	SOLUTIONS															
	BRULURES	BAVURES	RETASSURES	LIGNE DE SOUDURE	PIECE PAS COMPLETE	INFONDUS	PEAU D'ORANGE	BULLES	MARQUES D'EJECTEURS	GIVRAGES	JET LIBRE	POINTS NOIRS	PIECE JAUNE	PIECE DEFORMEE		
MONTER PRESSION D'INJECTION			X	X	X											
RÉDUIRE PRESSION D'INJECTION		X							X					X		
MONTER VITESSE D'INJECTION				X			X									
RÉDUIRE VITESSE D'INJECTION	X	X	X				X		X	X						
MONTER TEMPÉRATURE MATIÈRE				X	X	X	X				X					
DESCENDRE TEMPÉRATURE MATIÈRE	X	X	X				X		X		X	X	X			
MONTER CONTRE-PRESSION						X										
RÉDUIRE CONTRE-PRESSION																
MONTER COURSE DE DOSAGE			X		X											
RÉDUIRE COURSE DE DOSAGE		X												X		
PURGER OU NETTOYER LA VIS												X				
MONTER LE TEMPS REFROIDISSEMENT									X					X		
RÉDUIRE LE TEMPS REFROIDISSEMENT																
MONTER LA FORCE DE FERMETURE		X														
RÉDUIRE LA FORCE DE FERMETURE	X															
ÉTUVER LA MATIÈRE										X						
ÉTUVAGE MATIÈRE TROP ÉLEVÉE													X			
MONTER VITESSE D'ÉJECTION																
RÉDUIRE VITESSE D'ÉJECTION									X							
POINT D'INJECTION MAL SITUE	X			X			X	X			X					
REVOIR LE PLAN DE JOINT		X														
RÉDUIRE LA TEMPÉRATURE MOULE	X		X						X							
MONTER LA TEMPÉRATURE MOULE				X		X	X	X		X						
REVOIR L'EXCENTRATION DE LA PIÈCE	X	X			X											
POINT D'INJECTION TROP PETIT				X			X			X	X					
MONTER LA PRESSION DE MAINTIEN			X				X									
RÉDUIRE LA PRESSION DE MAINTIEN														X		
MONTER LE TEMPS DE MAINTIEN			X													
RÉDUIRE LE TEMPS DE MAINTIEN														X		
REVOIR LES EVENTS	X			X			X									
REVOIR LE CIRCUIT REFROIDISSEMENT									X					X		

Tableau V 1 défaut & solution propose

V.113.Revalorisation des déchets

les déche génère par la fabrication des pièce quel que soit sont revalorisation est réinjecte dans la presse injection 25/75, les déche sont broyer à l'aide d'un broyeur voir fig. V.16



Figure V 17 Broyeur électrique

V.II. revêtement de siphon d'évacuation

Pour des raisons esthétique la demande de marche sur la couleur métallise il est très favorable pour cela on utilise la technique de revêtement par peinture par ce que la ABS peu recevoir une peinture mais il ya plusieurs technique par exemple Y a une technique qui fait la métallisation par jet des petits granulats métallisés sur la pièce après on fait un traitement de surface par polissage pour avoir une pièce finale avec une surface métalliser.

Mais malheureusement cette technique est très chère alors on a utilisé une technique la moins chère sur le marché et il est disponible. Voir Fig V.17



Figure V 18 métallisation de siphon d'évacuation

En présent la pièce a l'état final :



Figure V 19 .Siphon a l'état final

Conclusion General

Les plastiques sont des matériaux qui sont difficilement décomposés par les micro-organismes : ils ne sont pas biodégradables. Les matières plastiques sont aussi incassables qu'imputrescibles et ne craignent ni le gel ni l'assèchement.

Les matières plastiques ont envahi notre quotidien, difficile de leur échapper. Elles sont le symbole de la société de consommation, car considérées comme un matériau non noble : les consommateurs l'assimilent à un produit "jetable" après usage. Les matières plastiques sont des matériaux organiques de synthèse fondés sur l'emploi des macromolécules (polymères). La matière première généralement utilisée est le pétrole duquel sont extraites des molécules d'hydrocarbure. Elles sont ensuite unies entre elles pour former des molécules de masse plus importante: les polymères. 4% du pétrole est utilisé pour fabriquer des matières plastiques. En sus de la résine, les additifs et adjuvants sont là pour améliorer les propriétés chimiques et physiques du matériau, notamment la résistance aux chocs, la couleur, la plasticité

ependant le taux de recyclage des matières plastiques a considérablement été amélioré depuis 1993 ; passant de 4000 à 225 000 tonnes d'emballages plastiques recyclés par ans. Les milliers de formules chimiques utilisées pour les différents produits gênent considérablement la récupération et le tri des déchets plastiques.

Les plastiques recyclables sont le PP, le PET, le PEHD ABS. Les fabricants devraient reconcevoir leurs produits, y compris le conditionnement afin de les rendre recyclables. Attention : les produits en plastique deviennent tôt ou tard des déchets. Le recyclage ne fait que retarder l'inévitable incinération ou mise en décharge.

Plusieurs idées nouvelles sont apparues afin de permettre au plastique d'être recyclable et recyclé plus facilement, notamment en concevant des objets en plastique à partir de la pomme de terre mais aussi de créer une bouteille d'eau en papier

Dans notre travail on constate que la réalisation des matières plastiques est indispensable pour l'environnement il faut encourager le recyclage pour avoir minimisé les dégâts sur la nature et réduire le coût de la fabrication dans lequel que secteur par ce que on ne peut pas recycler pour les domaines alimentaires