



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة والأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Maintenance en Instrumentation

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Génie Industriel

Spécialité : Maintenance des Automatismes et de l'Instrumentation Industriels

Thème

La réalisation d'une machine d'extrusion de plastique automatisé à l'aide d'un automate Siemens S7-1200

Présenté et soutenu publiquement par :

- ZAHOUANI Abdelmalek

- KETMIR Abderrahim

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
ZEBIRET Souria	PR	IMSI-Univ. D'Oran2	Présidente
AISSANI Nassima	MCA	IMSI-Univ. D'Oran2	Encadrante
BELKHODJA Lilla	MCB	IMSI-Univ. D'Oran2	Examineur

Année 2021/2022

Dédicaces

Je Dédié ce travail

A ceux qui me sont chers

A ceux qui ont toujours cru en moi

A ceux qui m'ont toujours encouragé

A ma très chère mère

Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente

Pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices

Qu'elle m'a cessé de me donner depuis ma naissance

Durant mon enfance et même à l'âge d'adulte

A mon très cher père

*Vous avez toujours été pour moi un exemple du père respectueux, honnête, de la
personne méticuleuse, je tiens à honorer l'homme que tu es.*

*Grâce à toi papa j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je voudrais
te remercier pour ton amour, ta générosité*

A mes très chers frères Sid Ali Hicham et Yazid

A toute la famille ZAHOUANI et BOUAMER,

A mes très chers amis : Younes, Abdallah, Anis, Mohamed, Issam, et Abderrahim

A mes collègues de la promotion MAII.

Abdelmalek

Dédicaces

Je dédie ce mémoire

À ma chère mère

Qui m'a encouragé à aller de l'avant

Et qui m'a donné tout son amour reprendre mes études.

A mon cher père

A mon cher ami « Abdelmalek »

A mon frère « Abdelhak » et à mes sœurs « Wassila » et « Saadia »

Une spéciale dédicace à une personne qui a toujours été avec moi

Trouvez dans ce modeste travail mes sincères gratitude et

reconnaissance.

A ma famille et toutes les personnes que j'aime.

Abderrahim

Remerciement

Nous remercions avant tout ALLAH le tout puissant de nous avoir donnés la foi, la Volonté et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Nous remercions nos encadrante Mme N. AISSANI.

Nos grands remerciements également aux membres du jury d'avoir accepté de juger nos Travail.

Nous adressons aussi des remerciements aux Mr. Toufik MOKHTARI et les enseignants TP d'IGCMO, Les travailleurs de la résidence universitaire volontaire.

Enfin, nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Merci à vous tous...

Sommaire

Introduction générale	2
Chapitre 1 : Généralité sur les matières plastiques et le recyclage	
Introduction	5
1 Généralité sur les matières plastiques	5
1.1 Définition de plastique.....	5
1.2 Les polymères.....	5
1.3 Fabrication et transformation.....	6
1.4 Le raffinage et le vapocraquage.....	6
1.5 Les réactions de polymérisation	6
1.6 Les adjuvants	7
1.7 Différents types des matières plastiques.....	7
1.7.1 Les thermoplastiques.....	7
1.7.2 Les thermodurcissables	8
1.7.3 Les élastomères	8
1.8 Caractéristique de plastique.....	9
1.8.1 Propriétés visuelles.....	9
1.8.2 Propriétés de flottabilité	10
1.9 Les transformations ou mises en forme.....	10
1.9.1 Extrusion	10
1.9.2 Moulage par soufflage.....	11
1.9.3 Le moulage par thermoformage	11
1.9.4 Rotomoulage	12
1.9.5 Fabrication additive (ou impression 3D).....	13
2 Généralités sur le recyclage des matières plastiques.....	13
2.1 Définition de recyclage.....	13
2.2 Différents types de plastiques.....	14

2.2.1	Le symbole du recyclage 1	14
2.2.2	Le symbole du recyclage 2	15
2.2.3	Le symbole du recyclage 3	15
2.2.4	Le symbole du recyclage 4	16
2.2.5	Le symbole du recyclage 5	16
2.2.6	Le symbole du recyclage 6	16
2.2.7	Le symbole du recyclage 7	17
2.3	Températures de fusion	17
2.4	La valorisation déchets d’emballages ménagers (DEM) plastiques	19
2.5	Etapas de recyclage DEM de plastiques	20
2.5.1	Généralité sur le tri	21
3	L’impact des déchets	25
3.1	Sur l’environnement	25
3.2	Sur l’économie	26
	Conclusion	26
	Chapitre 2: Etude théorique de broyeur, d’extrudeuse et de la presse d’injection plastiques	
	Introduction	28
1	Généralités sur les broyeurs	28
1.1	Définition De Broyage (8)	28
1.2	Les différents types du broyeur	29
1.2.1	Broyeur à un arbre	29
1.2.2	Broyeur à deux arbres	29
1.2.3	Broyeur à trois arbres et à quatre arbres	30
1.3	Broyeurs des DEM plastiques (7)	31
1.3.1	Différents éléments d’un broyeur	32
2	Généralités sur le moulage par extrusion	33
2.1	Introduction	33

2.2	Le principe de moulage par extrusion	33
2.3	Description de l'extrudeuse monovis	33
2.4	Les parties principales d'extrudeuse	34
2.4.2	Fourreau thermorégulé	34
2.4.3	Colliers chauffants.....	34
2.4.4	Moteur d'entraînement	35
2.4.5	La Vis de plastification	35
2.5	La tête d'extrusion	36
2.6	La grille.....	37
2.7	La Filière.....	37
3	Généralités sur le moulage par injection	38
3.1	Introduction	38
3.2	La structure de presse d'injection	38
3.3	Principe de fonctionnement d'une presse d'injection.....	39
3.4	Les parties principales d'une presse à injection	41
3.4.1	Unité Plastification /Injection.....	41
	Conclusion	48
	Chapitre 3 : conception, construction et automatisation d'une machine d'extrusion	
	Introduction	50
1	La conception	50
1.1	La présentation de la machine de l'extrusion	50
1.2	Les étapes de construction de la machine.....	54
1.2.1	La Construction	55
2	L'automatisation de la machine	67
2.1	Cahier de charge	67
2.2	Schéma électrique de la machine.....	68
2.3	Les entrées et les sorties	69

2.4	La programmation	70
2.4.1	Le démarrage de moteur	72
2.4.2	L'échauffement de fourreau et de tête.....	72
2.4.3	La régulation de la température de fourreau et de la tête	73
2.4.4	La simulation de programme à l'aide de PLCSIM	75
2.5	La supervision.....	76
2.5.1	Création de vue IHM.....	76
3	Les résultats obtenus	77
	Conclusion	79
	Conclusion générale.....	81
	BIBLIOGRAPHIE ET WEBOGRAPHIE.....	82

Liste des figures

Figure 1. La fabrication de granulés de plastiques.....	7
Figure 2. Les thermoplastiques vs les thermodurcissables.	7
Figure 3. Le moulage par extrusion.	11
Figure 4. Le processus de moulage par soufflage.	11
Figure 5. Le moulage plastique par thermoformage.	12
Figure 6. Etapes de Rotomoulage	12
Figure 7. Impression 3D.....	13
Figure 8. Symbole de recyclage.	13
Figure 9. Températures de fusion.....	18
Figure 10. Unité de régénération des déchets d’emballages ménagers plastiques.....	20
Figure 11. Schéma descriptif de fonctionnement du système de traitement optique et tri.....	23
Figure 12. Mode de sollicitation lors du broyage.....	28
Figure 13. Broyeur à un arbre.	29
Figure 14. Broyeur à deux arbres.	30
Figure 15. Broyeur à trois arbres.....	30
Figure 16. Broyeur à quatre arbres.....	30
Figure 17. Broyeurs des DEM plastiques.....	31
Figure 18. Les différents éléments d’un broyeur plastique.	32
Figure 19. Figure les zones de la vis.	36
Figure 20. La tête d’extrusion.	37
Figure 21. La structure de presse d’injection.	38
Figure 22. Le fonctionnement de la presse d’injection.	40
Figure 23. Les parties principales d’une presse à injection.....	41
Figure 24. La buse.	43
Figure 25. La structure de Moule d’injection.....	44
Figure 26. Fermeture mécanique : Simple genouillère et Double genouillère.....	46
Figure 27. Fermeture hydraulique.	47
Figure 28. Fermeture mixte.....	47
Figure 29. Vue 3D perspective de la machine.	51
Figure 30. Vue 3D de la machine.....	52
Figure 31. Vue de face de la machine.	53

Figure 32. Vue de coté de la machine.	53
Figure 33. Vue de dessus de la machine.	54
Figure 34. Les pièces de trémie.....	56
Figure 35. La soudure de trémie.....	56
Figure 36. La trémie après la soudure.	57
Figure 37. Le tube 22*2*300.	57
Figure 38. Le tube après avoir retiré une partie pour l'alimentation.....	58
Figure 39. Vis sans fin.....	59
Figure 40. Le support.	59
Figure 41. Le mandrin.....	60
Figure 42. Moteur AC 230V.	60
Figure 43. La tête d'extrusion.	61
Figure 44. Tableau électrique de la machine.....	61
Figure 45. Relais SSR-25DA.	62
Figure 46. Thermocouple type K.	63
Figure 47. Colliers chauffants.	63
Figure 48. Automate Siemens S7-1200.....	64
Figure 49. Écran IHM TP900 confort.	65
Figure 50. Switch Siemens.....	65
Figure 51. Alimentation SITOP PSU100S.....	66
Figure 52. Disjoncteur différentiel DPE 2P.	67
Figure 53. Schéma électrique de la machine d'extrusion.....	68
Figure 54. TIAPORTAL V16	71
Figure 55. Table des variables.....	71
Figure 56. Le démarrage direct de moteur.	72
Figure 57. Le démarrage et l'arrêt d'échauffement de fourreau.	72
Figure 58. Le démarrage et l'arrêt d'échauffement de tête.	73
Figure 59. La fonction de régulation PID Temp.	73
Figure 60. La régulation de température de fourreau à l'aide de bascule SR.	74
Figure 61. La régulation de température de tête à l'aide de bascule SR.	74
Figure 62. Création de Table de simulation.	75
Figure 63. La simulation et visualisation de programme.	75
Figure 64. La vue IHM de la machine.....	76
Figure 65. Une autre forme de vue IHM.....	76

Figure 66. La mise à 1 de bascule RS pour régler la température de fourreau.	77
Figure 67. La mise à 0 de bascule RS.	77
Figure 68. La matière extrudée lors de la sortie.	78
Figure 69. La forme finale de la matière extrudée.	78

Liste des tableaux

Tableau 1. Propriétés visuelles.	9
Tableau 2. Propriété de flottabilité.	10
Tableau 3. Types de plastiques.	14
Tableau 4. Les différents éléments d'un broyeur plastique.	32
Tableau 5. Le matériel.	54
Tableau 6. Les entrées et leurs adresses.	69
Tableau 7. Les sorties et leurs adresses.	69
Tableau 8. Les paramètres à régler.	70

INTRODUCTION

GÉNÉRALE

Introduction générale

À notre époque l'industrie des plastiques occupe une position prestigieuse et leader parmi les industries pétrochimiques modernes, en raison de la large gamme d'utilisation dans notre vie quotidienne, en raison de ses propriétés et de ses caractéristiques qui l'ont qualifié pour être une alternative efficace à de nombreux matériaux traditionnels tels que le fer et le bois.

Ce qui distingue ces matériaux et augmente leur diffusion, c'est qu'ils sont bon marché, légers, résistants à la corrosion, faciles à former, isolants de la chaleur et de l'électricité, d'une dureté élevée, d'une bonne résistance aux produits chimiques et aux solvants et d'une grande flexibilité, de sorte que la fabrication de ces matériaux est devenu un concurrent sérieux pour de nombreuses autres industries, mais ils sont devenus une alternative préférée dans de nombreuses utilisations, telles que la fabrication de l'avant des vaisseaux spatiaux au lieu des métaux, pour réduire la chaleur résultant du frottement, en plus de la possibilité de l'utiliser dans la fabrication de certains organes humains endommagés.

Ce qui a valu aux matières plastiques une place de choix dans divers domaines de la vie, mais ces matériaux ont un impact clair sur la pollution de l'environnement en raison de plusieurs facteurs, dont les suivants :

- Selon les estimations il y aurait 300 millions de tonnes de plastique dans les océans et chaque année 10 millions de tonnes de plastique sont déversées dans les océans, si on ne fait rien en 2050 il y aura plus de plastique que des poisons.
- La remontée des fumées, des gaz et du plancton solide, suffocant et toxique lors de la fabrication des plastiques et de la combustion de ses déchets.
- La difficulté de décomposer les polymères, ce qui les fait détruire l'environnement et affecter négativement les organismes vivants.
- L'augmentation continue de la fabrication de matières plastiques de toutes sortes, formes et tailles, et les déchets nombreux et variés qui en résultent

Les déchets plastiques peuvent être valorisé de trois manières :

- La mise en décharge
- Brûler dans des incinérateurs spéciaux pour profiter de l'énergie résultante
- Recyclez et moulé à nouveau

La méthode de recyclage et de mise en forme des déchets est l'une des plus réussies des trois méthodes : cette méthode basée sur la collection, le tri et le moulage de déchets afin de reformer en nouveaux produits plastiques.

Le recyclage nécessite une unité complète qui contient plusieurs machines du broyage au moulage, l'une de ces machines est la machine d'extrusion qui fait la fabrication des profilés. Dans ce projet nous proposons un processus de recyclage, c'est une machine d'extrusion qui transforme les déchets de matières plastiques en nouveaux produits pour la valorisé. Cette machine permet de fabriquer des produits tels que les filaments d'imprimante 3d, les corbeilles, les joncs, les plaques, et les tubes.

Cette mémoire est organisée en trois chapitres :

Le premier chapitre représente des généralités sur les plastiques et leurs recyclages, où en mit le point sur le procédé de recyclage des bouteilles en plastique.

Le deuxième chapitre est réservé aux machines de recyclage, c'est une étude théorique de broyeur, d'extrudeuse et de la presse d'injection plastiques.

Le troisième chapitre est consacré à la machine d'extrusion, où on donne une description de ce dernier, suivi du cahier de charge, de la conception, de la construction, et de la programmation.

Chapitre 1 :

Généralité sur

les matières plastiques

et le recyclage

Introduction

Ce chapitre apporte les connaissances fondamentales sur la matière plastique, la récupération et la valorisation (recyclage) de cette dernière.

1 Généralités sur les matières plastiques

1.1 Définition du plastique

« Matière plastique, le plastique : n.m. Matière synthétique constituée de macromolécules et qui peut être moulée ou modelée. » (Définition du Petit Robert)

La matière plastique est un polymère principalement composé d'atomes de carbone, d'oxygène, d'hydrogène et d'azote. Il est fabriqué majoritairement par la polymérisation de l'éthylène, du propylène et de l'acétylène qui sont des produits intermédiaires issus du vapocraquage du pétrole, gaz naturel ou encore charbon. (1)

Sous la désignation « plastique » figurent aujourd'hui de nombreux objets aussi différents qu'une bouteille d'eau, une gouttière, un sac poubelle ou des fleurs artificielles. Cette énumération d'objets pourrait être encore élargie puisque les matières plastiques ne représentent qu'une partie des matériaux macromoléculaires encore appelés polymères. Ainsi, les tissus synthétiques (Nylon, polyesters, acryliques, ...), le revêtement en Téflon® des ustensiles de cuisine ou les colles et peintures font également partie des matériaux rassemblés sous la dénomination « polymères ». (2)

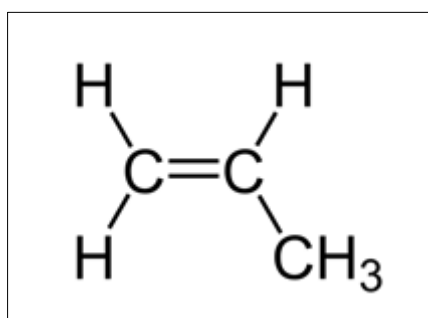


Figure 1. La formule chimique du polypropylène.

1.2 Les polymères

Les polymères sont des matériaux composés de très longues chaînes (macromolécules), elles-mêmes formées de molécules élémentaires (monomères) assemblées entre elles. Ces chaînes sont principalement constituées d'atomes de carbone sur lesquels sont fixés des

éléments comme l'hydrogène ou l'oxygène. D'autres éléments, notamment le chlore, l'azote ou le fluor, peuvent encore intervenir dans la composition de la chaîne. (1)

1.3 Fabrication et transformation

La grande majorité des polymères est actuellement élaborée à partir du pétrole selon la **Figure 2**.

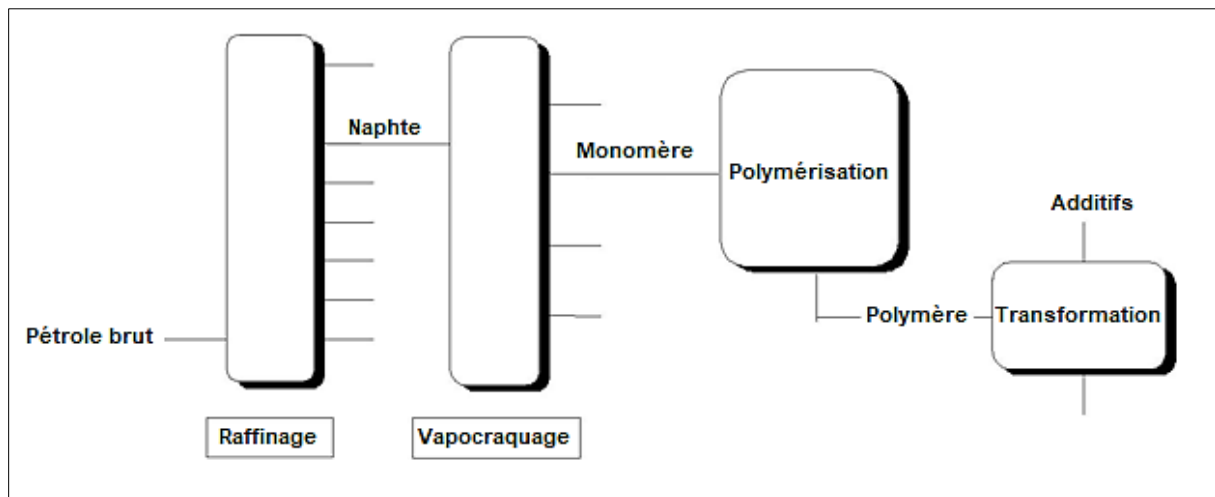


Figure 2. Fabrication et transformation des polymères.

1.4 Le raffinage et le vapocraquage

Le pétrole brut est raffiné et donne différentes fractions après distillation. La fraction d'essences légères, appelée naphte ou naphtha, est isolée pour être ensuite « craquée » (distillée) à la vapeur. Cette opération permet d'obtenir les molécules chimiques indispensables à la fabrication des polymères, les monomères : éthylène, propylène, butadiène, ...etc.

1.5 Les réactions de polymérisation

Chaque monomère est isolé. Il est ensuite combiné avec d'autres monomères de même nature ou de nature différente lors d'une réaction chimique appelée réaction de polymérisation. Il existe plusieurs types de réaction de polymérisation.

- La polyaddition : (polymérisation en chaîne) les monomères se soudent les uns aux autres de façon consécutive (un à un) sans élimination de résidus ;
- La polycondensation : les fonctions chimiques des monomères interagissent entre elles, toutes en même temps et s'assemblent en dégageant de petites molécules. Le polymère obtenu est aussi appelé polycondensat.

1.6 Les adjuvants

De nombreux additifs entrent dans la composition finale des matières plastiques pour améliorer ou adapter plus finement leurs propriétés à leur utilisation. Ces adjuvants sont de plusieurs types avec des rôles spécifiques, fonctions de la quantité incorporée. (1)

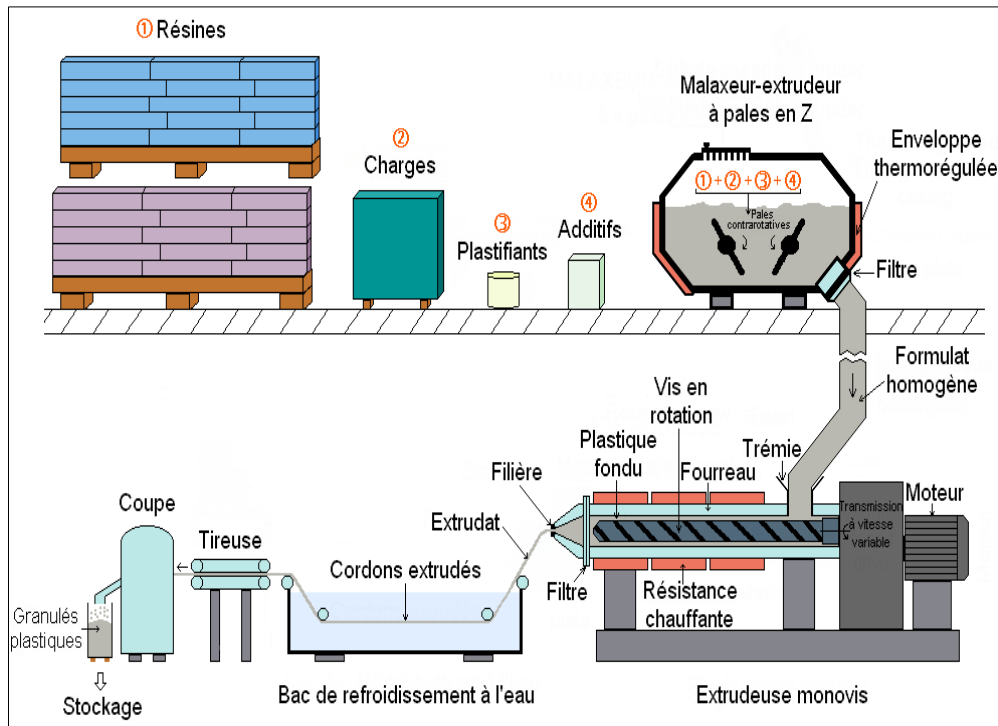


Figure 1. La fabrication de granulés de plastiques.

1.7 Différents types des matières plastiques

Trois grandes familles de polymères peuvent être distinguées : les thermoplastiques, les thermodurcissables et les élastomères.



Figure 2. Les thermoplastiques vs les thermodurcissables.

1.7.1 Les thermoplastiques

Les polymères composés de chaînes macromoléculaires linéaires ou avec ramifications sont désignés sous le terme thermoplastiques. Sous l'effet de la chaleur, les chaînes de ces polymères glissent les unes par rapport aux autres. Le polymère se ramollit, peut se déformer

et être mis en forme. Après refroidissement, la forme donnée est figée. Cette opération peut être répétée : à nouveau chauffé, le polymère redevient malléable et peut être remis en forme. Exclusivement possédée par les polymères thermoplastiques, cette caractéristique permet la recyclabilité de ces matières. Dans cette catégorie se trouvent les polymères suivants :

- Le polycarbonate : PC (verre organique)
- Les polyamides: PA (Nylon)
- Les styréniques: PS, PSE
- Les polyoléfinés: PE, PP
- Les vinyliques : PVC

1.7.2 Les thermodurcissables

Les polymères réticulés (contenant des nœuds entre les chaînes macromoléculaires) ou en réseau constituent les thermodurcissables. A l'inverse des thermoplastiques, la mobilité thermique est réduite. Plus la température est élevée, plus les chaînes tridimensionnelles se figent ; les liaisons ou nœuds se renforcent. L'opération est irréversible. Le polymère se rigidifie dès la première transformation jusqu'à se dégrader si la température continue d'augmenter. Dans cette catégorie se trouvent les polymères suivants :

- Les phénoplastes (Bakélite)
- Les polyépoxydes (Araldite®)
- Les polyuréthanes : PU

1.7.3 Les élastomères

Les élastomères sont caractérisés par leur grande déformabilité (6 à 8 fois leur longueur initiale). Ils sont obtenus à partir de polymères linéaires caractérisés par des liaisons extrêmement faibles. Ces polymères sont donc des liquides très visqueux. Pour être utilisés comme caoutchouc, des liaisons pontales (nœuds de réticulation) doivent être introduites entre les chaînes, conférant ainsi aux matériaux une structure tridimensionnelle qui assure la réversibilité de la déformation mécanique. Les nœuds de réticulation sont introduits par une réaction chimique appelée vulcanisation après la mise en forme du matériau. Dans cette catégorie se trouvent les polymères suivants :

- Le polyisoprène: NR (caoutchouc naturel)
- Le polyisoprène de synthèse: IR

- Le polychloroprène (Néoprène)
- Silicones

1.8 Caractéristiques du plastique

1.8.1 Propriétés visuelles

Le tableau 1 présente les propriétés visuelles de chaque type de plastique à l'état normale et quand on les brule (par la couleur de la flamme).

Tableau 1. Propriétés visuelles.

Type	Propriété	Couleur de flamme
Polyéthylène téréphtalate PET	Clair, résistant, résistant aux solvants, barrière aux Gaz et à l'humidité, adoucit à 80 °	Flamme jaune peu de Fumée
Polyéthylène haute densité HDPE	Dur à semi-flexible, résistant aux produits Chimiques et à l'humidité, surface cireuse, ramollit à 75 °	Difficile à enflammer, sent la bougie
Polyvinyle de Chlorure PVC	Solide, résistant, peut-être transparent et solvant, s'adoucit à 60°	Flamme jaune avec des pointes vertes
Polyéthylène basse densité LDPE	Surface douce, flexible et cireuse, se raye facilement, s'adoucit à 70 °	Difficile à enflammer, sent la bougie
Polypropylène PP	Surface dure mais toujours flexible, cireuse, translucide, résiste aux solvants, s'adoucit à 140 °	on les brule (par la couleur de la flamme). Flamme à pointe bleu et jaune
Polystyrène PS	Transparent, vitreux, opaque, mi-dur, adoucit à 95 ° à 140 °	Fumée dense

1.8.2 Propriétés de flottabilité

Chaque type de plastique à son niveau de flottabilité dans différents fluides liquides, le tableau 2 indique le niveau de flottabilité de chacun de ces types.

Tableau 2. Propriété de flottabilité.

Type	Alcool	Huile végétale	Eau	Glycérine
PET	Non	Non	Non	Non
HDPE	Non	Non	Oui	Oui
LDPE	Non	Non	Non	Non
PVC	Oui	Non	Oui	Oui
PP	Oui	Oui	Oui	Oui
PS	Non	Non	Non	Oui

1.9 Les transformations ou mises en forme

Une fois synthétisés, les polymères se présentent sous forme de poudres ou granulés, prêts à être transformés en demi-produits ou en produits finis. Il existe également de nombreux procédés de transformation adaptés à la nature du polymère à mettre en œuvre et à la forme finale souhaitée.

1.9.1 Extrusion

La méthode de production la plus simple est l'extrusion. Le plastique entre dans la partie d'alimentation où le plastique est poussé à travers une vis spéciale jusqu'à la matrice. La forme de la vis change de diamètre du début à la fin, l'exposant à beaucoup de chaleur et de pression, ce qui donne un plastique entièrement fondu lorsqu'il atteint l'extrémité de la vis. De là, il entre dans le moule, vous pouvez utiliser différentes formes de matrices pour différents produits.

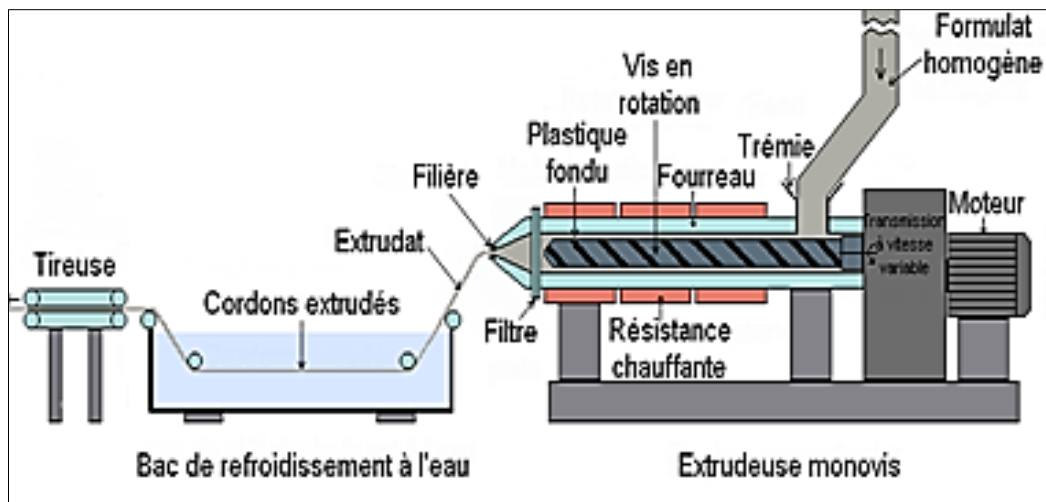


Figure 3. Le moulage par extrusion.

1.9.2 Moulage par soufflage

Le processus de moulage par soufflage commence par la fusion du plastique et sa formation en une paraison. La paraison est un morceau de plastique en forme de tube avec un trou à une extrémité à travers lequel l'air comprimé peut passer.

La paraison est ensuite serrée dans un moule et de l'air y est insufflé. La pression de l'air pousse ensuite le plastique pour qu'il corresponde au moule.

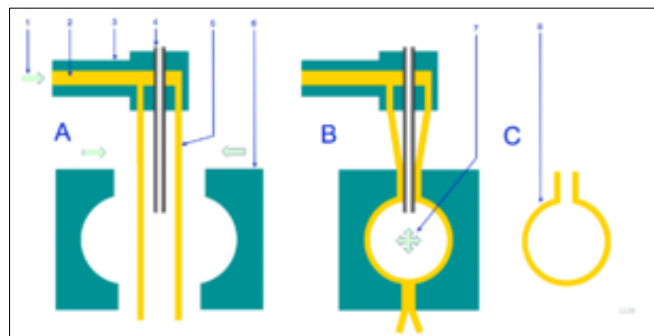


Figure 4. Le processus de moulage par soufflage. (3)

1.9.3 Le moulage par thermoformage

Le moulage plastique par thermoformage se caractérise par le chauffage et la compression d'une plaque de matière thermoplastique dans un moule de thermoformage. D'abord à l'état solide, le matériau de la pièce devient ductile et malléable sous l'effet de la chaleur, pour mieux subir un fluage progressif jusqu'à épouser la forme de l'empreinte. (3)

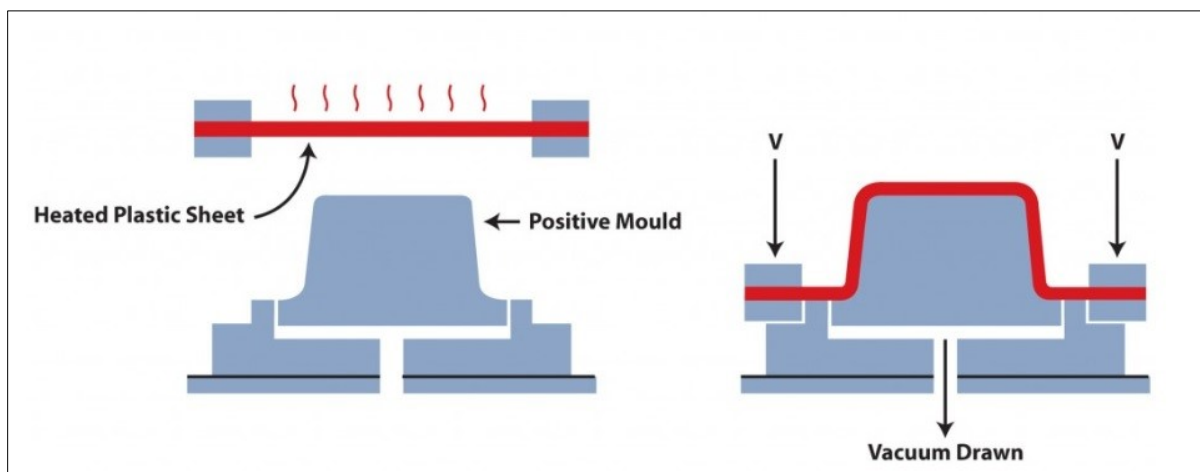


Figure 5. Le moulage plastique par thermoformage.

1.9.4 Rotomoulage

Ce processus est utilisé pour créer de gros articles en plastique en faible quantité. Les granules de plastique sont placés dans un moule et sont fondus avec de la chaleur tout en étant chauffés uniformément. Le processus est assez flexible car le moule n'a pas à résister à une pression élevée. Cependant, cela demande beaucoup de travail et prend beaucoup de temps.

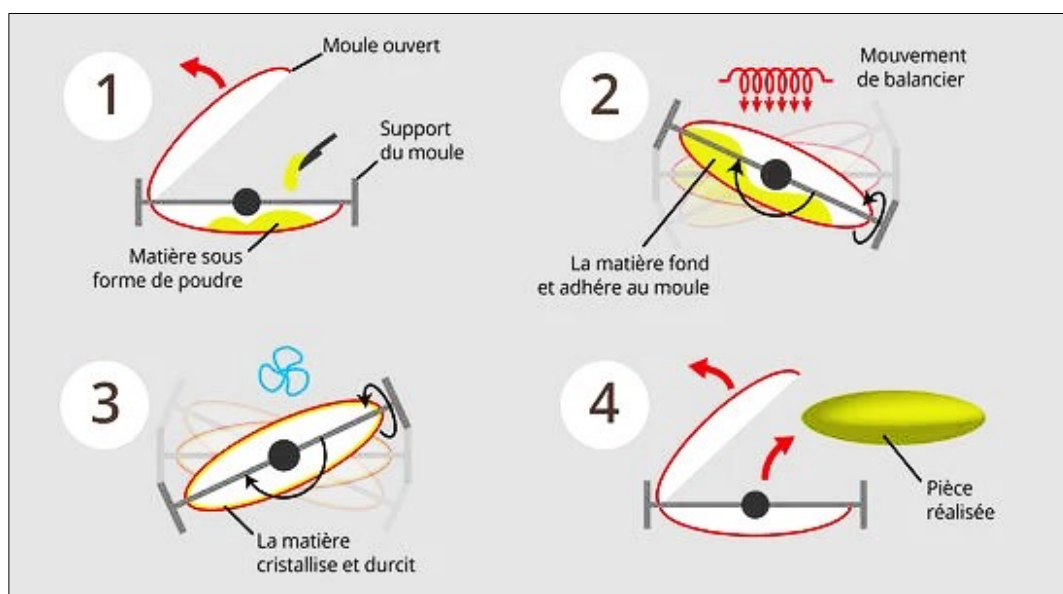


Figure 6. Etapes de Rotomoulage. (5)

1.9.5 Fabrication additive (ou impression 3D)

Il s'agit d'un processus de production relativement nouveau. Dans la figure plusieurs couches 2D constituent une forme 3D et l'avantage est que vous n'avez pas besoin d'un moule, vous pouvez donc modifier la conception autant que vous le souhaitez. Cependant ce processus est lent et actuellement il est plutôt difficile de fabriquer du filament d'impression 3D à partir de déchets ménagers.



Figure 7. Impression 3D.

2 Généralités sur le recyclage des matières plastiques

2.1 Définition de recyclage

Ensemble des techniques ayant pour objectif de récupérer des déchets et de les réintroduire dans le cycle de production dont ils sont issus, son symbole est présenté dans la figure. (2)










Figure 8. Symbole de recyclage.

2.2 Différents types de plastiques

Dans la catégorie recyclable des plastiques il se trouve 7 (sept) types, classé comme suit dans le tableau1:

Tableau 3. Types de plastiques.

Symbole	Désignation	Nom
	PET	Polytéréphtalate d'éthylène
	HDPE	Polyéthylène haut densité
	PVC	Polychlorure de vinyle
	LDPE	Polyéthylène basse densité
	PP	Polypropylène
	PS	Polystyrène
	AUTRE	/

2.2.1 Le symbole du recyclage 1

PET ou PETE –Polytéréphtalate d'éthylène

Le plastique PET se recycle à 100% et ne perd pas en principe ses caractéristiques fondamentales et peut donc être réutilisé à plusieurs reprises. Le PET est souvent utilisé pour la production de bouteilles à boissons. Il est à noter que son recyclage exige une extrême pureté de la matière collectée.

Exemples d'utilisation courante :

Bouteilles d'eau et de boissons gazeuses, bouteilles d'huile et de vinaigre, sacs de cuisson, barquettes alimentaires, tasses, flacons, bouteilles de shampoing.

Exemples de recyclage :

Vêtements, tapis.

2.2.2 Le symbole du recyclage 2

HDPE ou PEHD –Polyéthylène Haute Densité

Le plastique HDPE est opaque, résistant aux chocs, imperméable à l'eau, à certains produits chimiques, au gaz et aux arômes. Il est principalement utilisé dans les secteurs de l'alimentation, du médical et de la chimie. Il entre dans la fabrication de réservoirs, d'équipements sportifs, de prothèses, de produits d'emballage et de plusieurs autres éléments.

Exemples d'utilisation courante :

Bouteilles de lait, bouteilles de shampoing, produits cosmétiques, poubelles, tubes et tuyaux, emballages semi-rigides.

Exemples de recyclage :

Flacons ménagers, bouteilles de détergent, caisses, sacs-poubelles, poubelles.

2.2.3 Le symbole du recyclage 3

PVC –Polychlorure de Vinyle

Le plastique PVC est utilisé dans de nombreux produits de consommation courante, pour fabriquer les tuyaux de canalisations, les revêtements de sol, les encadrements de fenêtre.

Exemples d'utilisation courante :

Revêtements de piscine, fils, feuilles, boîtes alimentaires.

Exemples de recyclage :

Tuyaux, classeurs, tapis, revêtement de sol, toiles cirées, meubles de jardin.

2.2.4 Le symbole du recyclage 4

LDPE ou PEBD –Polyéthylène Basse Densité

Le plastique LDPE est souple, résistant aux chocs, imperméable à l'eau. Il n'est pas recyclable dans nos poubelles de tri. Il doit être jeté dans la poubelle des déchets ménagers.

Exemples d'utilisation courante :

Sacs-poubelles, sacs réutilisables de supermarché, sacs de congélation, bâches.

Exemples de recyclage :

Sacs-poubelles, enveloppes d'expédition, bacs à compost.

2.2.5 Le symbole du recyclage 5

PP –Polypropylène

Le plastique PP est utilisé essentiellement dans l'industrie automobile et dans l'industrie alimentaire.

Exemples d'utilisation courante :

Vaisselle en plastique, récipients alimentaires réutilisables, gourdes, emballages de beurre ou de margarine, pots de yaourts, pailles, pare-chocs, jouets.

Exemples de recyclage :

Pots de peinture, poignées de rasoir, accessoires dans l'automobile.

2.2.6 Le symbole du recyclage 6

PS –Polystyrène Expansé

Le plastique PS est dur et cassant. C'est l'un des plastiques les plus répandus dans nos maisons. Il n'est pas recyclable dans les poubelles de tri.

Exemples d'utilisation courante :

Barquettes alimentaires, isolant thermique, boîtes de congélation, couvercle et gobelets jetables, ustensiles de cuisine, stylos, étuis CD.

Exemples de recyclage :

Cadres photo, règles, pots de fleurs, cintres, jouets.

2.2.7 Le symbole du recyclage 7

OTHER ou O –Autres plastiques

Ce sont tous les autres plastiques. Notamment les plastiques à base de polycarbonates.

Exemples d'utilisation courante :

Cd, nylon, acrylique, lunettes de protection.

Exemples de recyclage :

Équipements électroniques, accessoires automobiles.

2.3 Températures de fusion

Il existe donc différents types de plastique et l'une des raisons pour lesquelles il est important de les séparer est leur température de fusion. Ils atteignent tous un état liquide à une température différente, donc pour fabriquer de nouveaux articles de haute qualité, il est important de savoir à quelle température chaque plastique fond, ainsi qu'à quelles températures différentes types peuvent être moulés. (2)



Figure 9. Températures de fusion (2)

2.4 La valorisation déchets d'emballages ménagers (DEM) plastiques (1)

Dans le cadre de la législation algérienne, le décret exécutif n° 02-372 relatif aux déchets d'emballages précise les conditions d'élimination des déchets d'emballages ménagers. Ce décret confie aux producteurs, importateurs ou toute autre personne responsable de la mise sur le marché d'un produit l'obligation de contribuer ou de pourvoir à l'élimination des déchets générés par ce produit. Plusieurs possibilités s'offrent aux personnes concernées par ce décret pour s'acquitter de cette obligation :

- Établir un système de consignation de leur emballages, signalé de manière apparente sur ceux-ci ;
- Organiser, pour le dépôt de ces emballages, des emplacements spécifiquement destinés à cet effet ;
- Recourir aux services d'un organisme ou d'une société agréée pour prendre en charge leur responsabilité d'élimination de ces emballages usagés.

2.5 Etapes de recyclage DEM de plastiques

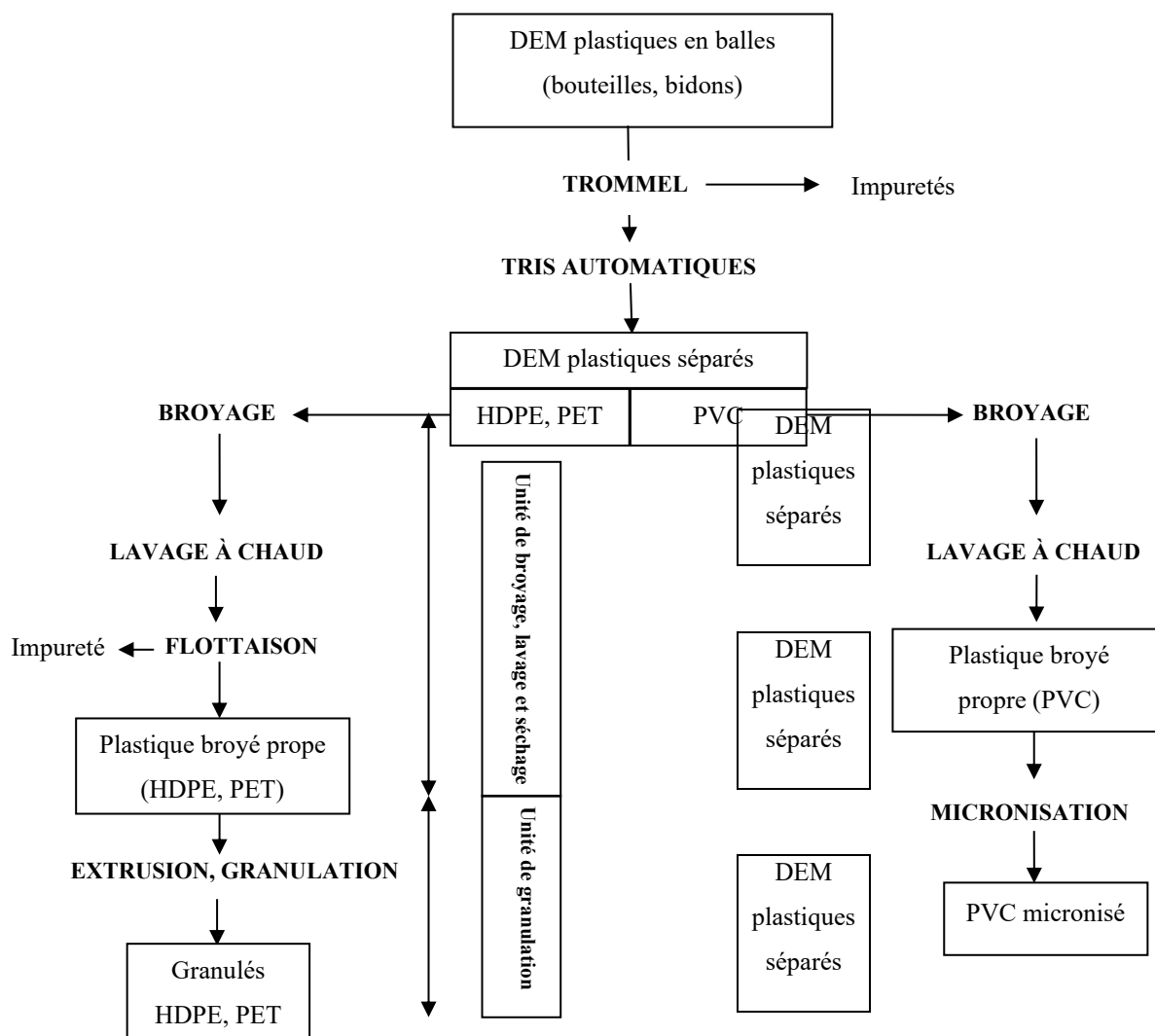


Figure 10. Unité de régénération des déchets d’emballages ménagers plastiques. (1)

Généralement il y a deux unités, une consiste à rendre les bouteilles plastiques en paillettes et l’autre à produire de la matière de plastique granulé réutilisable dont les propriétés sont comparables à de la matière vierge. Le processus de recyclage des plastiques le plus simple implique la collecte, le tri, le broyage, le lavage, la fusion et la granulation. La plupart des installations de recyclage de plastique utilisent le processus en deux étapes suivantes :

- Première étape : trier les plastiques automatiquement ou avec un tri manuel pour s'assurer que tous les contaminants sont éliminés du flux de déchets plastiques.

- Deuxième étape : faire fondre le plastique directement sous une nouvelle forme ou le déchiqueter en flocons puis le faire fondre avant de le transformer enfin en granulés.

2.5.1 Généralité sur le tri (6)

2.5.1.1 Définition

Le tri est une étape clé de la valorisation des déchets. De ses performances dépendent la quantité et la qualité des matières qui seront préparées, commercialisées puis réutilisées dans les chaînes de fabrication.

2.5.1.2 Les types de tri

2.5.1.2.1 Le tri manuel

2.5.1.2.1.1 *Tri positif et tri négatif*

Le tri s'effectue en fonction du matériau le plus présent dans le flux qui n'est pas saisi et qui est donc trié négativement. Le nombre de gestes des trieurs est limité puisque les trieurs laissent sur le tapis le matériau majoritaire, ce qui est une bonne chose, la répétitivité élevée étant un facteur aggravant le risque de troubles musculo-squelettiques (TMS).

2.5.1.2.1.2 *Tri frontal (jeté latéral)*

Le trieur est installé face au tapis de tri, avec des goulottes latérales. Position favorable au niveau de l'ergonomie car l'amplitude des mouvements est moindre mais couvre une zone plus réduite de tapis, la productivité est donc plus faible. Ce type de tri est souvent limité au tri (ferreux ou autre) avec un seul opérateur.

2.5.1.2.1.3 *Tri latéral*

C'est la disposition la plus courante, les produits arrivent latéralement sur un tapis de tri. Respecter les préconisations en termes de dimensionnement en privilégiant le jeté latéral par rapport au jeté frontal.

2.5.1.2.1.4 *Tri séquentiel*

Le tri s'effectue sur un tapis à l'arrêt, la séquence d'arrêt étant programmée selon le type de fractions. Les trieurs jettent les produits dans des bacs frontaux ou latéraux. Bonne ergonomie du poste car il n'y a aucune torsion et moins de fatigue. Il est visuellement plus facile de repérer un produit immobile et l'efficacité est accrue. Le nombre de gestes de jet de produits

par heure est à peu près équivalent au tri latéral mais avec une alternance de temps de repos (pendant le défilement du tapis) et temps de travail (lorsque la bande est arrêtée).

En revanche, présence de stress important car l'opérateur est le dernier à pouvoir agir sur la qualité du produit valorisable et doit faire vite et bien.

2.5.1.2.1.5 Tri mono produit

Chaque opérateur ne trie qu'un seul produit (les refus, les tétras, les différents plastiques...). Risque de stress lorsque le flux n'est pas homogène en quantité ou composition, avec sous-charge du poste et perte de rendement, ou évacion de produits valorisables dans les refus. (6)

2.5.1.2.2 Le tri automatique

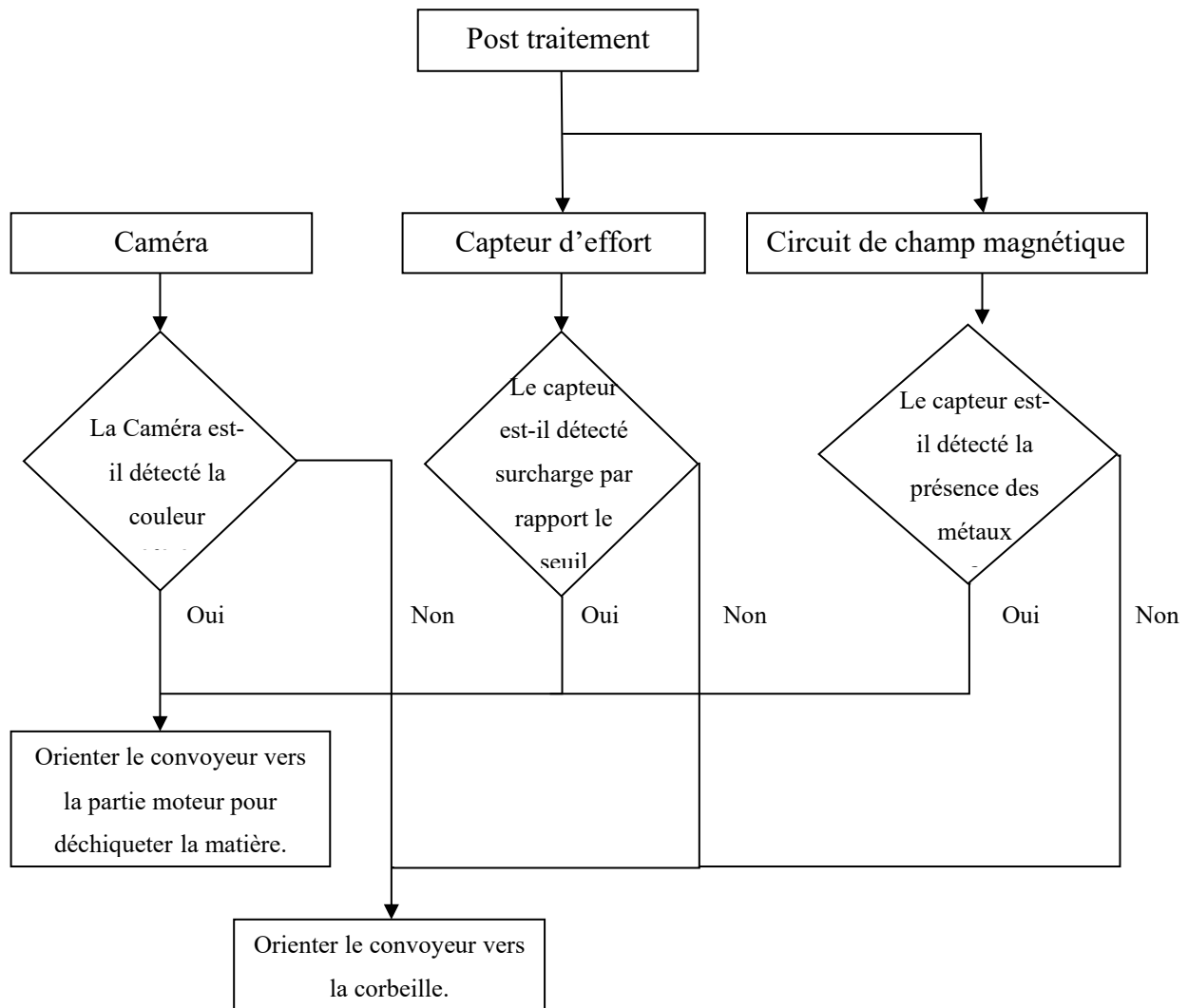


Figure 11. Schéma descriptif de fonctionnement du système de traitement optique et tri.

2.5.1.3 Unité de broyage, lavage et séchage :

2.5.1.3.1 Décompactage

En premier lieu, les DEM arrivent à l’usine compactée sous forme de grand cube en plastique, il sera décompacté.

2.5.1.3.2 Nettoyage à sec

Le plastique décompacté passe par suite sur un convoyeur équipé par un détecteur de métaux.

2.5.1.3.3 Broyage

C'est la partie la plus importante de toute l'usine car elle permet de réduire les DEM en plastique à des paillettes.

2.5.1.3.4 Nettoyage à chaud

Il est effectué dans des grands baquets d'eau chaude, permet ainsi d'éliminer toutes les matières grasses sous d'autres substances indésirables qui restent attachés aux paillettes.

2.5.1.3.5 Nettoyage à froid

Contrairement au 2eme nettoyage il s'effectue avec l'eau froide comme il est indiqué dans son nom, et c'est là où la séparation des différents types de plastiques aura lieu grâce aux caractéristiques de flottabilité.

2.5.1.3.6 Rinçage

Après avoir été nettoyé de toute impureté avec des produits nettoyants, les paillettes vont par la suite au rinçage d'où ils servent à débarrasser de toutes substances.

2.5.1.3.7 Séchage

À l'aide d'une grande centrifugeuse les paillettes sèchent par la force centrifuge qui expulse les gouttelettes d'eau.

2.5.1.3.8 Emballage

En fin de cette unité les paillettes seront emballées dans des grands sacs près aux ventes ou à la deuxième unité.

2.5.1.4 Unité de granulation :

2.5.1.4.1 Broyage Des Paillettes De Plastique Propres

Pour entrer à la procédure d'extrusion les paillettes de plastique doivent mesurer au maximum 1mm de diamètre, or le premier broyage ne réduit pas la taille de paillettes jusqu'à la dimension souhaitée pour la prochaine étape, Donc un deuxième broyage est nécessaire.

2.5.1.5 Extrusion

C'est là où les paillettes sont fondues, puis ressorti de l'extrudeuse sous la forme des files de plastique fondue.

2.5.1.5.1 Refroidissement Par Eau

Les files de plastique fondu passent dans un petit baquet d'eau pour les refroidirent.

2.5.1.5.2 Séchage

Avec une série des ventilateurs le séchage et effectuer.

2.5.1.5.3 Granulation

C'est la dernière étape dans une usine de recyclage de plastique, là où il est obtenu plastique granulé réutilisable dont les propriétés sont comparables à de la matière vierge.

3 L'impact des déchets

3.1 Sur l'environnement (5)

La pollution d'origine humaine peut avoir un impact très important sur la santé et dans la biosphère comme en témoigne l'exposition aux polluants et le réchauffement climatique qui transforme le climat de la Terre et son écosystème.

Les préoccupations environnementales conduisent les gouvernements à prendre des mesures pour limiter l'empreinte écologique des populations humaines et pour contrer des activités humaines contaminants.

Les types et les conséquences de pollution sont comme suit :

- Les types de pollution :

1) La pollution de l'air : provoquée des polluants dits atmosphériques : rejet de pots d'échappement des usines ;

2) La pollution de sol souvent d'origine industrielle ou agricole : utilisations d'énergie, de pesticides ...etc.

3) La pollution de l'eau qui peut résulter de la contamination des eaux usées.

- Les conséquences de la pollution :

1) Détérioration du paysage et du patrimoine.

2) Détérioration de la couche d'ozone.

3) Effet de serre.

4) Maladies humaines dues à l'environnement.

3.2 Sur l'économie (6)

L'impact économique total de la pollution plastique n'est pas encore connu, et la plupart des recherches se sont jusqu'à présent concentrées sur l'impact sur les océans. Le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) estime l'impact économique de la pollution plastique sur les océans à 8 milliards de dollars par an. On estime également que la pollution plastique est quatre fois plus présente sur terre que dans les océans, ce qui suggère que l'impact économique total de la pollution plastique est en réalité bien plus important.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié les plastiques, concluant que le seul type de recyclage approprié est celui des thermoplastiques. Ou chaque type de plastique a une température de fusion et on a appris les étapes du recyclage de la collection au moulage.

Chapitre 2 :

Etude théorique de
broyeur, d'extrudeuse
et de
la presse d'injection
plastiques

Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter les machines de recyclage de matières plastiques, à partir de broyeur qui est une partie essentielle de l'unité de recyclage aux machines de moulage où on va expliquer deux méthodes qui sont l'extrusion et l'injection.

1 Généralités sur les broyeurs

1.1 Définition De Broyage (8)

Le broyage est une opération consistant à diviser un solide à une dimension donnée, correspondant à son emploi, c'est-à-dire réduire la matière en petits fragments ou en poudre. Pour cela il faut la soumettre à des forces de contraintes supérieures à sa résistivité et on appelle ces actions dans la RDM dépassé le domaine d'élasticité et critique de matière. Naturellement, il existe principal type d'action qui permet de solliciter un objet à savoir : compression/traction, cisaillement, flexion et la torsion.

En broyage souvent les sollicitations appliquées sur la matière broyée font l'objet à une combinaison entre au moins deux des quatre principales sollicitations.

Comme le montra la figure, ces combinaisons fait l'apparition des six modes de broyage, et dans cette étude pour le broyage des DEM plastiques le mode de broyage appliqué est le cisaillement.

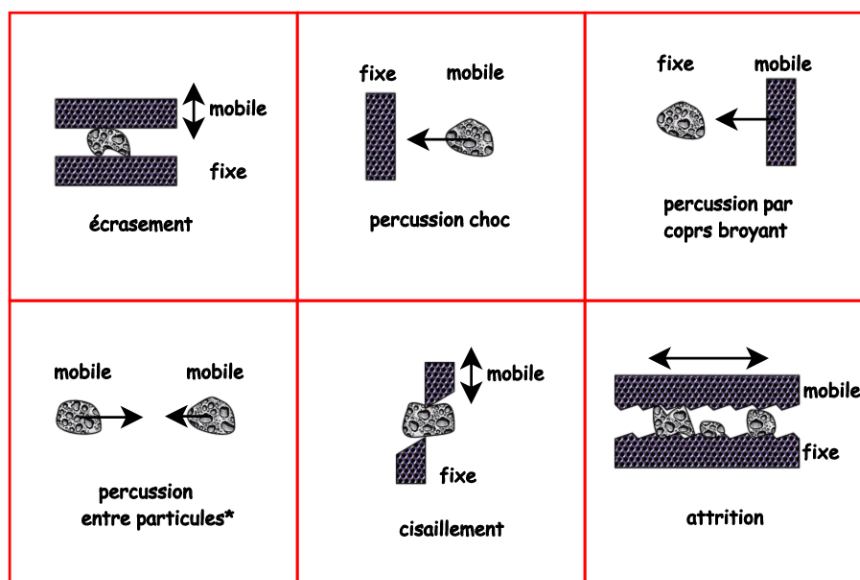


Figure 12. Mode de sollicitation lors du broyage. (9)

1.2 Les différents types du broyeur

Il existe plusieurs critères pour cataloguer les broyeurs, soit selon le mode de broyage où on trouve des broyeurs rotorique ou statorique, ou selon les utiles de broyage que ce soit des marteaux, des billes, ou des couteaux, ou selon le type de systèmes de coupe tels que la conception d'arbres verticaux, la conception d'arbres horizontaux, les systèmes de coupe à arbre unique(notre cas), à deux arbres, à trois arbres et à quatre arbres. (9) Dans notre recherche on va considérons selon le type de système de coupe.

1.2.1 Broyeur à un arbre

Le matériau est repris par le rotor de coupe et déchiqueté. Cela continue jusqu'à ce que la taille souhaitée soit atteinte et que le matériau puisse passer à travers le tamis perforé en dessous.

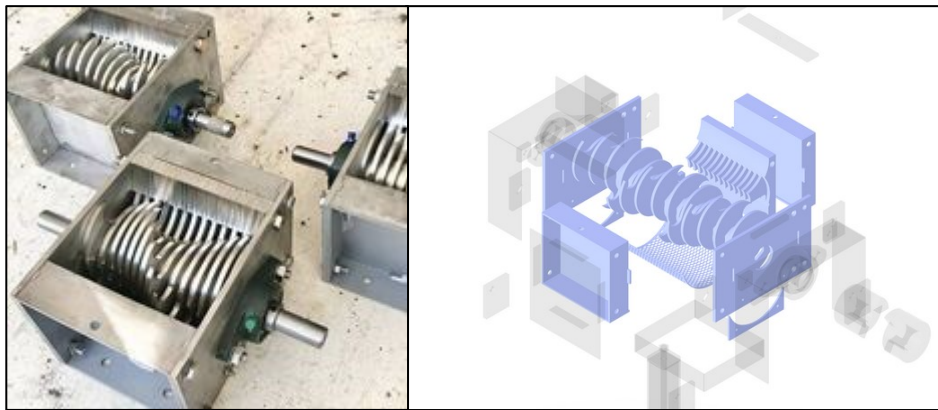


Figure 13. Broyeur à un arbre.

1.2.2 Broyeur à deux arbres

La plupart des systèmes de broyage industriels nécessitent une phase de broyage et une phase de granulation. Grâce aux mailles réglables, cette machine est capable d'effectuer les deux tâches.

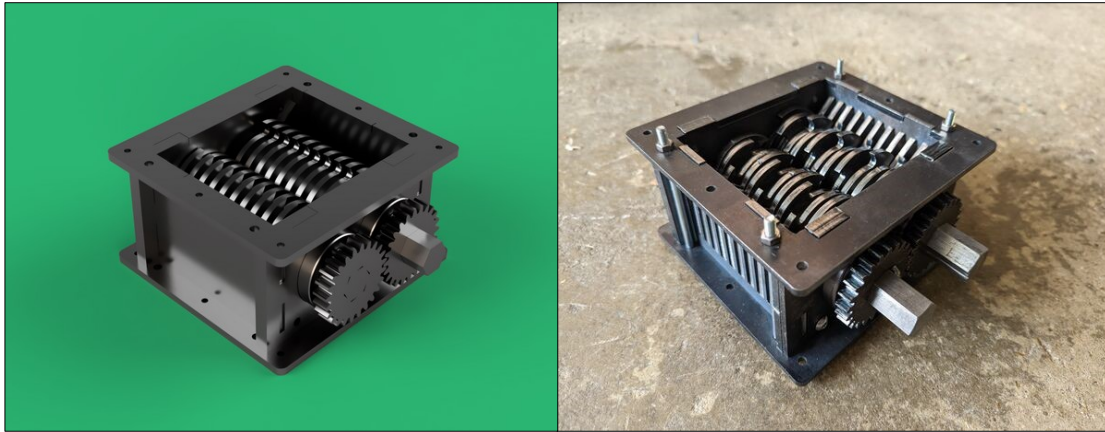


Figure 14. Broyeur à deux arbres.

1.2.3 Broyeur à trois arbres et à quatre arbres

Contrairement aux deux autres précédents ils ne sont pas trop utilisés vu leur cots très élevé, par contre ils sont bien plus précis en termes de finition du broyage, souvent pas besoin de repassé en un deuxième broyeur dès le premier broyage.



Figure 15. Broyeur à trois arbres.

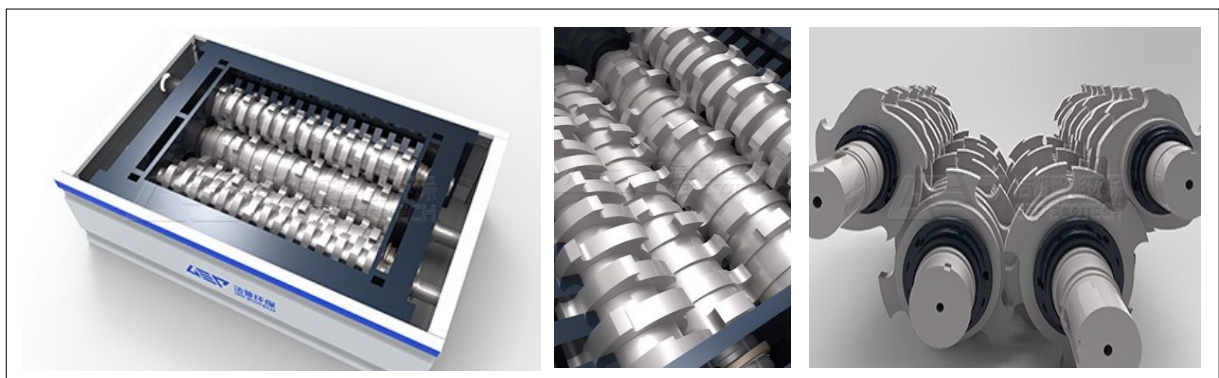


Figure 16. Broyeur à quatre arbres.

1.3 Broyeurs des DEM plastiques (7)

C'est une machine mécanique qui a pour objectif de réduire le volume (décheté) un flux de DEM de plastique (bouteilles, bouchons...) par effet de cisaillement applique avec des lames placées sur un ou deux arbres (rotor) parallèles, entraînés par un moteur électrique.



Figure 17. Broyeurs des DEM plastiques. (4)

1.3.1 Différents éléments d'un broyeur

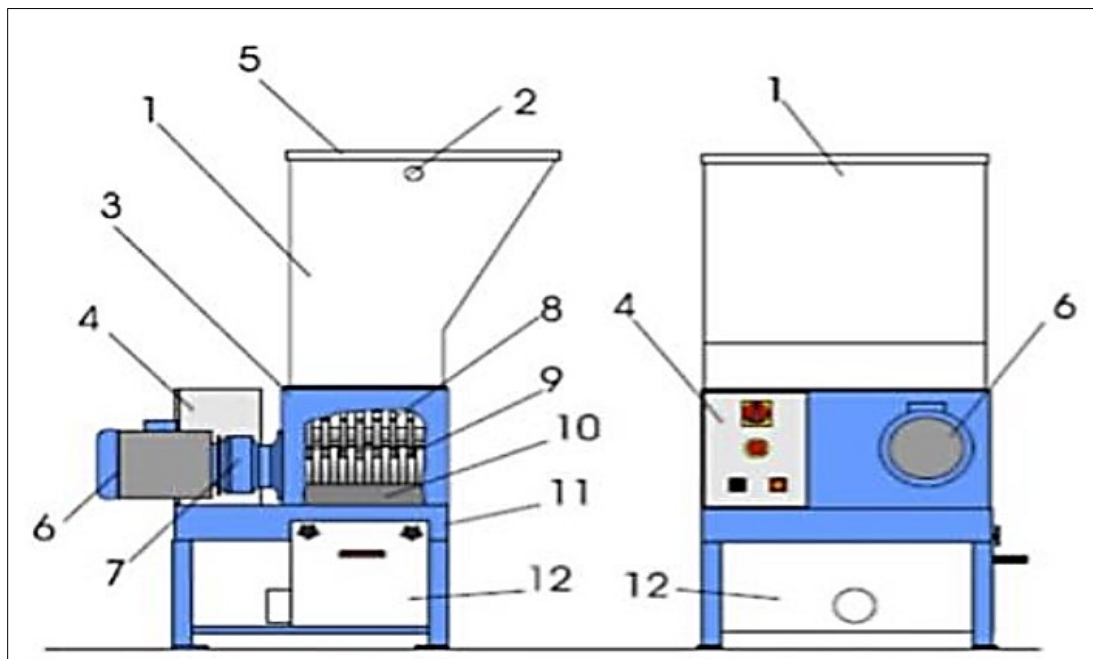


Figure 18. Les différents éléments d'un broyeur plastique.

Tableau 4. Les différents éléments d'un broyeur plastique.

Numéro	Description
1	Trémie de chargement
2	Orifice de levage et de transport
3	Corps de la machine
4	Tableau électrique
5	Couvercle de la trémie
6	Moteur
7	Réducteur
8	Disque d'introduction
9	Groupe fraises
10	Grille
11	Base de la machine
12	Récipient avec goulot d'évacuation

2 Généralités sur le moulage par extrusion

2.1 Introduction

L'extrusion est un procédé utilisé pour la fabrication des profilés : joncs, plaques, films, gaines, sacs, fils, fibres à tisser, tubes ; et pour le revêtement de supports variés et de câbles. Les profilés peuvent être composés de plusieurs couches de matières ou de couleurs différentes. La production de produits semi-finis extrudés représente 29% en poids de la transformation globale de matières plastiques en France et 19.5% de la facturation. La presque totalité des granulés thermoplastiques vendus sont extrudés sous forme de jonc puis découpés en granulés.

2.2 Le principe de moulage par extrusion

L'extrusion est une technique de fabrication en continu. Elle consiste à transporter, fondre, malaxer, plastifier, comprimer la matière thermoplastique dans une extrudeuse à l'aide d'une vis de plastification. Ensuite la matière plastifiée passe sous pression au travers de la filière pour donner la forme du profilé. La matière chaude subit alors des opérations diverses visant à lui donner son aspect et sa forme définitive : soufflage (films, corps creux) ou conformation (tubes profilés), ou encore calandrage (feuilles plastiques, enduction). La matière est ensuite refroidie et figée dans sa forme définitive, soit dans l'air (gaine) soit dans l'eau (joncs, tubes, plaques, profilés, câbles), soit encore sur des cylindres refroidis (cas du film à plat et de l'enduction).

Toutes les matières thermoplastiques peuvent être extrudées. (10)

2.3 Description de l'extrudeuse monovis

Une extrudeuse est essentiellement constituée d'un fourreau cylindrique en acier de haute résistance dans lequel vient tourner une vis entraînée en rotation par un moto-variateur. Cet ensemble vis fourreau est thermorégulé par un ensemble de résistances électriques ou par circulation de fluide. La matière est introduite dans la trémie qui s'ouvre sur le fourreau à l'entrée de la vis et celle-ci la pousse de façon continue jusqu'à la filière.

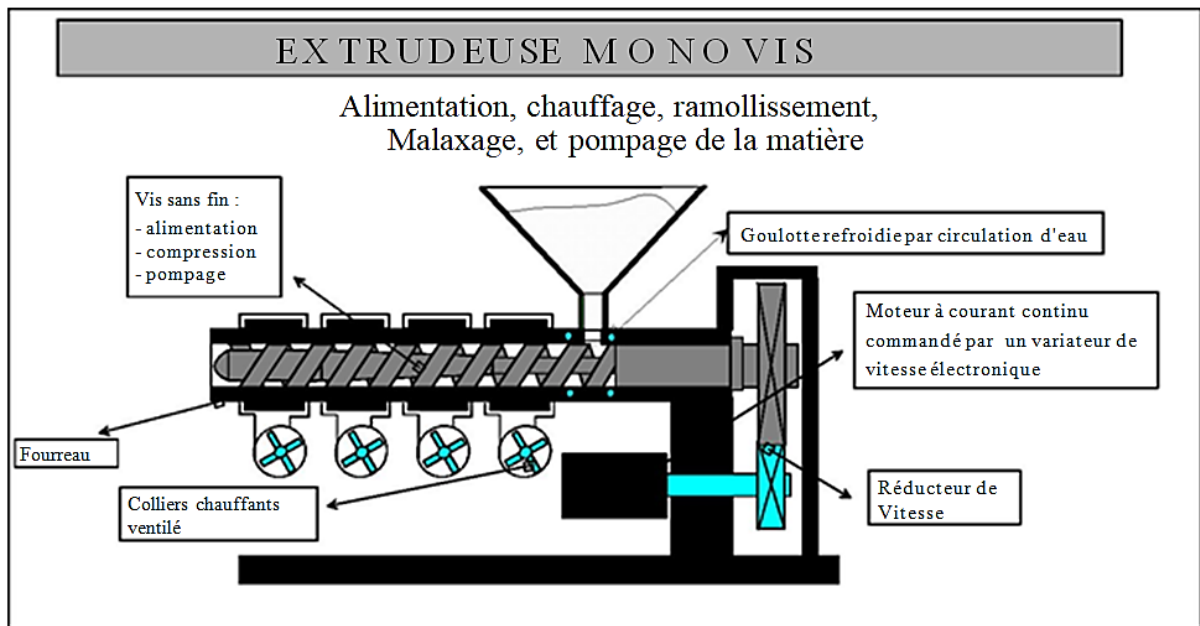


Figure 21. Extrudeuse monovis.

2.4 Les parties principales d'extrudeuse

2.4.1.1 La trémie d'alimentation

Située à l'arrière du groupe, elle approvisionne l'unité de plastification en matière première (sous forme de poudre ou de granulés), en général par simple gravité.

2.4.2 Fourreau thermorégulé

Le cylindre ou fourreau est exécuté en acier nitruré ou revêtu d'une couche bimétallique pour résister à l'abrasion et à la corrosion. (La dureté dépasse souvent 60HRC).

2.4.3 Colliers chauffants

La thermorégulation du cylindre s'effectue le plus souvent à l'aide de résistances réparties en 3 à 6 zones bien distinctes selon la longueur du fourreau et dont le fonctionnement est contrôlé et régulé par des instruments de contrôle, sur lesquels s'effectue le réglage des températures imposées. A ces zones sont souvent associés des dispositifs de refroidissement (ventilateurs ou circulation d'huile) de façon à évacuer des calories en cas de surchauffe.

La température du fourreau est mesurée par des thermocouples. Ceux-ci sont situés dans des trous, percés dans le fourreau. La régulation de la chauffe tient compte des températures mesurées par les thermocouples au sein de chaque zone.

2.4.4 Moteur d'entraînement

La puissance du moteur dépend des dimensions de la vis et surtout de la production horaire souhaitée.

2.4.5 La Vis de plastification

La vis de plastification est une Partie essentielle de l'extrudeuse, cette vis est de type sans fin et elle est située dans le fourreau, Le jeu entre le sommet des filets de la vis et l'alésage du fourreau est relativement petit de 0.08 à 0.18 mm, la vis comprend trois zones :

2.4.5.1 La zone d'alimentation ou d'entrée

Alimenter et convoyer les granulés de plastique vers la zone de compression. C'est dans cette zone que se développe la force de poussée de la matière le long de la vis par le phénomène vis écrou (la matière correspond à l'écrou). Pour que cette force soit suffisante la matière ne doit pas tourner avec la vis (effet de "patinage"). Pour y parvenir, il est nécessaire que :

- La vis soit polie
- La température de la vis soit inférieure à celle du cylindre
- La matière ne commence pas à fondre dans cette zone

2.4.5.2 La zone de compression

Plastifier la matière et la mettre sous pression de façon progressive. C'est dans cette zone que la matière va passer progressivement de l'état solide à l'état fondu. Ce phénomène de plastification est dû à une augmentation de T° de la matière par l'apport de chaleur du fourreau et par le travail des forces de cisaillement au sein du matériau. Le mouvement de Circulation de la matière dans le canal de la vis contribue à la répartition uniforme des températures dans la matière. La diminution du volume spécifique entre la matière à l'état solide (en granulé) et la matière à l'état fondu est compensée par le rétrécissement de la section du canal de la vis (taux de compression T_c).

2.4.5.3 La zone de pompage ou d'homogénéisation

Mélanger, homogénéiser la matière et augmenter la pression sur le polymère. La rotation de la vis permet d'augmenter la pression sur le polymère afin d'assurer l'écoulement de la matière à travers la grille et la filière à l'avant de l'extrudeuse.

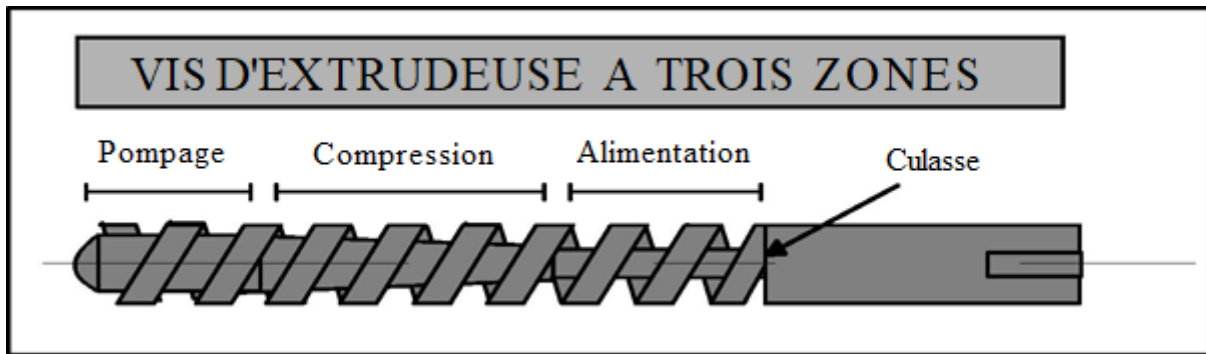


Figure 19. Figure les zones de la vis.

2.5 La tête d'extrusion

Le rôle de la tête d'extrusion est de transférer la matière de l'extrudeuse vers la filière en la maintenant à un même niveau de température. Maintenir en position la filière et le poinçon par rapport au fourreau de l'extrudeuse.

On distingue plusieurs types de tête d'extrusion :

- Les têtes d'extrusion droites.
- Les têtes d'extrusion d'équerres verticales pour l'extrusion soufflage.
- Les têtes d'équerres horizontales pour le revêtement de câble électrique.
- Les têtes plates pour la réalisation de plaques et films.
- Les têtes spéciales pour la coextrusion.

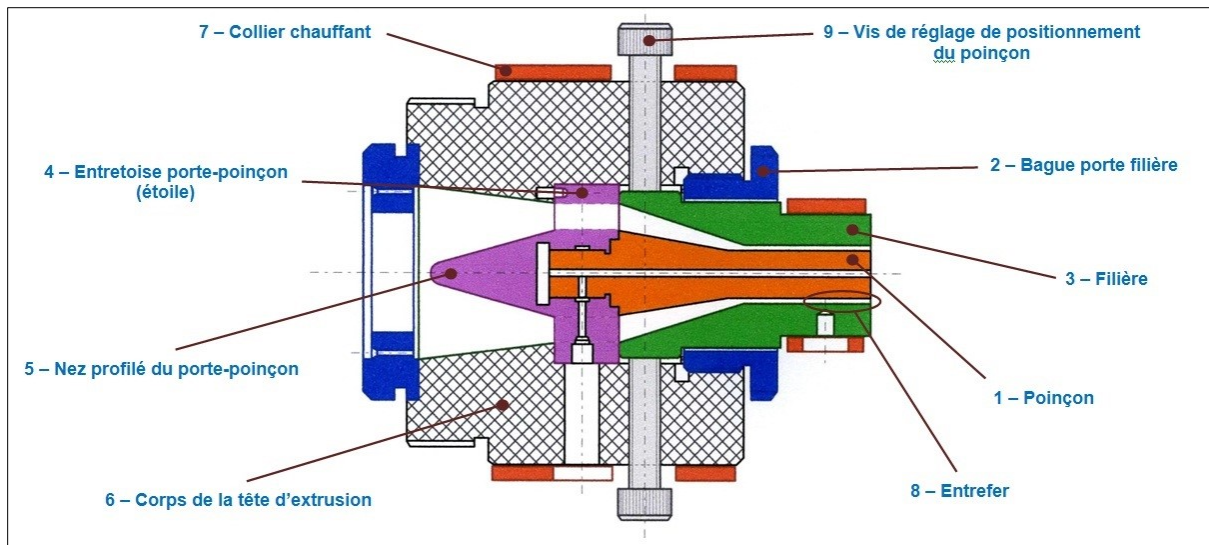


Figure 20. La tête d'extrusion.

2.6 La grille

Entre le cylindre et la tête est fixé le porte-tamis, appelé aussi la grille de répartition. Il se place à la jonction tête / fourreau. Les fonctions de la grille sont de maintenir en position les tamis, créer une contre pression en bout de vis et régulariser le flux de matière. Elle se compose généralement d'un ou deux disques d'acier au chrome percés de trous. Entre les deux disques (ou en amont dans le cas de disque unique) des tamis peuvent être empilés pour assurer la filtration de la matière. L'épaisseur de la grille varie de 6 à 50 mm, le diamètre des orifices dépend de la taille de l'extrudeuse (de 0.8 à 5mm et plus) les bords des orifices sont profilés pour éviter la stagnation de matière. Un colmatage éventuel du tamis peut être détecté en surveillant la pression de la matière en bout de vis.

2.7 La Filière

Sa fonction est de donner la forme au flux de matière, afin d'obtenir le profil demandé. On peut classer les filières de la façon suivante :

- Filière sans poinçon pour des profilés pleins.
- Filière avec poinçon pour des profilés creux.
- Filière plate pour l'extrusion de plaque, feuille...etc.
- Filière à entrées multiples de matière pour la coextrusion De l'air passe à l'intérieur de la torpille pour éviter que le tube ne s'écrase par aspiration en sortie filière. Un réglage du

centrage de la filière par rapport au poinçon est souvent réalisé par des vis réparties autour de la tête.

3 Généralités sur le moulage par injection

3.1 Introduction

Le moulage par injection est la méthode la plus courante pour la fabrication en masse de produits en plastique. Cette méthode comprend des chaises, des jouets, des étuis pour l'électronique grand public, des couverts jetables. Elle a été inventée pour résoudre un problème pour les billards au 19^{ème} siècle, boules de billard ont été composés d'ivoire récolté à partir des défenses d'éléphants africains ce qui a dévasté la population d'éléphants ainsi un fabricant de billard a offert un prix de 10 000 euros pour un remplacement de l'ivoire et ce stimulé John Wesley Hayat a développé l'un des premiers celluloïds en plastique pour créer des boules de billard. Cet appareil a été la naissance du moulage par injection de plastique. (6)

3.2 La structure de presse d'injection

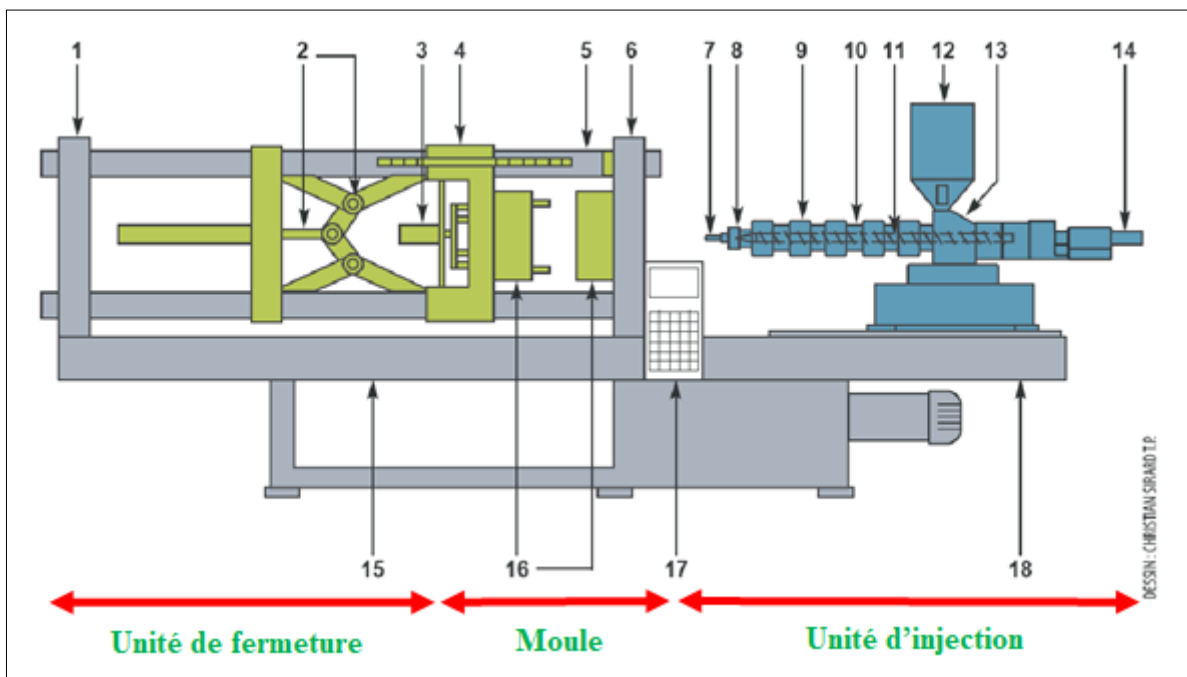


Figure 21. La structure de presse d'injection.

1. Plateau arrière fixe
2. Mécanique de fermeture genouillère et vérin
3. Éjecteur
4. Plateau mobile
5. Colonne de guidage
6. Plateau fixe d'injection
7. Buse d'injection
8. Tête du baril
9. Bande chauffante
10. Baril d'injection (fourreau)
11. Vis
12. Trémie d'alimentation
13. Goulotte d'alimentation
14. Motorisation de la vis
15. Décharge de pièce
16. Moule
17. Console de commande
18. Bâti.

3.3 Principe de fonctionnement d'une presse d'injection

En principe le moulage par injection est simple en plastique fondu, injecter dans un moule, laisser refroidir et puis sortir un produit plastique. En réalité le moulage par injection est un processus complexe. Une machine de moulage par injection a trois parties principales l'unité d'injection, le moule et l'unité de serrage.

Tous les objets moulés par injection commencent avec ces pastilles de plastique qui sont de quelques millimètres de diamètre, ils peuvent être mélangés avec de petites quantités de pigment appelé colorant ou avec jusqu'à 15 matériaux recyclés puis alimentés dans la machine de moulage par injection.

Le moulage par injection consiste à ramollir (état visqueux) la matière thermoplastique (TP), puis de la malaxer au niveau de la vis de plastification. Elle est ensuite injectée sous forte pression. L'injection sous forte pression du polymère fondu dans un moule froid à une ou plusieurs empreintes. Au contact des parois froides, la matière se solidifie en forme puis l'objet peut être démoulé. (8)

Le principe des étapes de presse d'injection est : (7)

1. Transporter et faire fondre la matière.
2. Appliquer une pression pour transférer la matière dans le moule.
3. Garder le moule ferme pendant l'injection et le refroidissement.
4. Ouvrir le moule et retirer la pièce moulée.

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

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

Seul un travail collaboratif entre les différents spécialistes de ces trois domaines permet d'optimiser la fonctionnalité de la pièce.

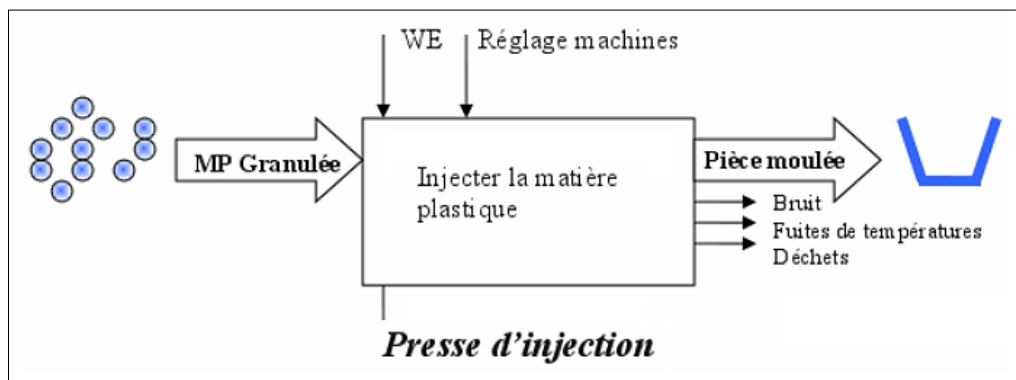


Figure 22. Le fonctionnement de la presse d'injection.

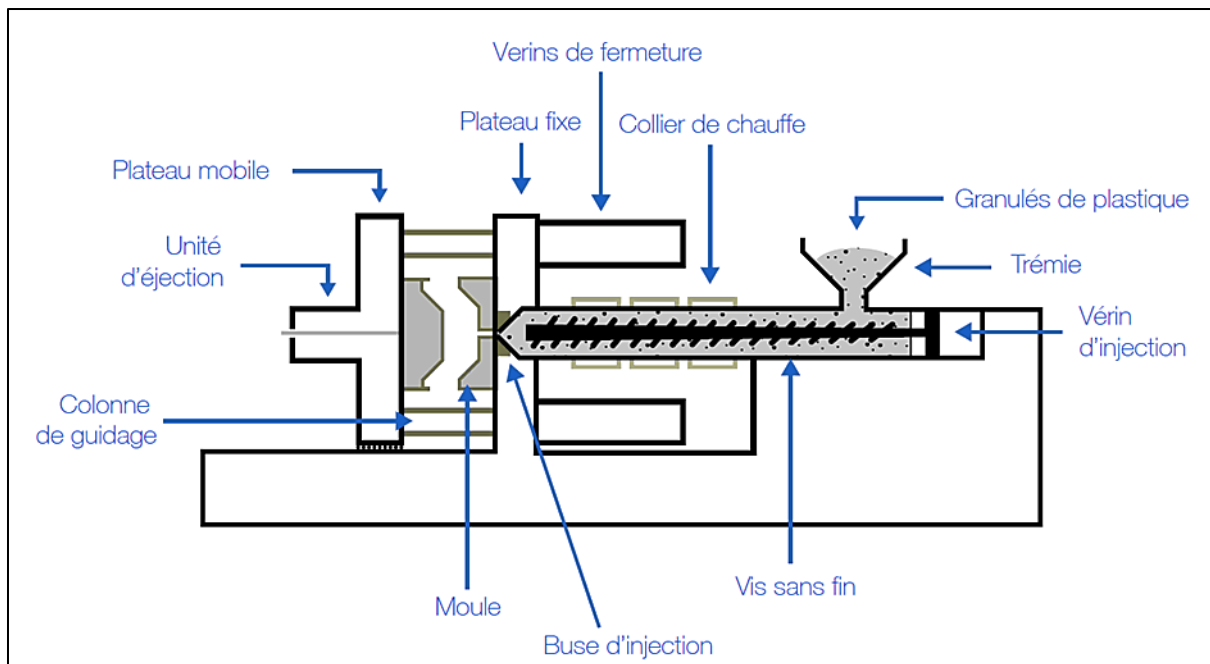


Figure 23. Les parties principales d'une presse à injection.

3.4 Les parties principales d'une presse à injection

3.4.1 Unité Plastification /Injection

3.4.1.1 La trémie d'alimentation

Située à l'arrière du groupe, elle approvisionne l'unité de plastification en matière première (sous forme de poudre ou de granulés), en général par simple gravité.

3.4.1.2 Fourreau

Les thermoplastiques peuvent être moulés parce qu'ils fondent lorsqu'ils sont chauffés. La première condition requise pour permettre le processus d'injection est d'avoir une source de chaleur. Ceci est réalisé à travers un long cylindre d'acier appelé le fourreau. La trémie est au-dessus du fourreau et alimente la matière première nécessaire au processus.

3.4.1.3 Colliers chauffants

Un certain nombre de colliers chauffants sont disposés le long du fourreau. Ceux-ci sont connectés à des instruments de contrôle, sur lesquels s'effectue le réglage des températures imposées. Une chauffe suffisante est appliquée pour atteindre et maintenir la température réglée.

La température du fourreau est mesurée par des thermocouples. Ceux-ci sont situés dans des trous, percés dans le fourreau. La régulation de la chauffe tient compte des températures mesurées par les thermocouples au sein de chaque zone.

3.4.1.4 Vis sans fin

La vis est l'élément le plus important de la presse à injecter, il est nécessaire de transporter la matière à travers les zones chauffées. De plus, cette vis située dans le fourreau remplit cette fonction. La vis doit être capable d'effectuer trois types de mouvements, tourné, reculé et avance. et par la variation de sa forme remplit trois fonctions importantes :

- Une zone d'alimentation.
- Une zone de travail généralement conique (compression).
- Une zone d'homogénéisation ou de pompage généralement cylindrique.

3.4.1.5 Le moteur

Il assure la mise en rotation de la vis par des systèmes électriques ou hydrauliques.

3.4.1.6 Vérin d'injection

L'entraînement à vis est généralement un entraînement par moteur hydraulique, bien que les unités d'entraînement électriques soient de plus en plus courantes. Cependant, il s'agit simplement de convertir l'énergie hydraulique (ou électrique) en énergie mécanique pour faire tourner la vis.

L'entraînement à vis effectue certaines fonctions supplémentaires qui ont une incidence sur l'efficacité du processus et la qualité de la fonte. L'entraînement par vis peut exercer une pression vers l'avant (ou une résistance à son mouvement vers l'arrière) pendant que la vis tourne, provoquant un mouvement de mélange et de cisaillement plus important à l'intérieur du canon. Cette pression vers l'avant est curieusement appelée contre-pression et est fréquemment utilisée pour aider à fondre le plastique et pour augmenter l'action de mélange de la vis.

3.4.1.7 Clapet anti-retour

Pendant la rotation, la matière plastique accumulée à l'avant de la vis va ouvrir le clapet anti-retour, autorisant le passage de la matière. La matière peut alors s'écouler devant la vis et forcer celle-ci à reculer sous la pression. Quand une quantité de matière suffisante pour remplir

le moule est accumulée en bout de vis, la position de la vis active un capteur de fin de course. La vis s'arrête alors de tourner et de reculer. La machine d'injection est alors prête à injecter la matière plastique fondue dans le moule.

3.4.1.8 Buse

Un élément appelé buse est vissé en bout de fourreau et permet de faire le lien entre le fourreau et le moule. La buse sera équipée de ses propres colliers chauffants et instruments de régulation. (13)

A. Buse ouverte

B. Résistance de buse

C. L'avant pot

D. Clapet

E. Siège du clapet

F. Passage de la matière

G. Vis

H. Pointe du clapet

I. Fourreau

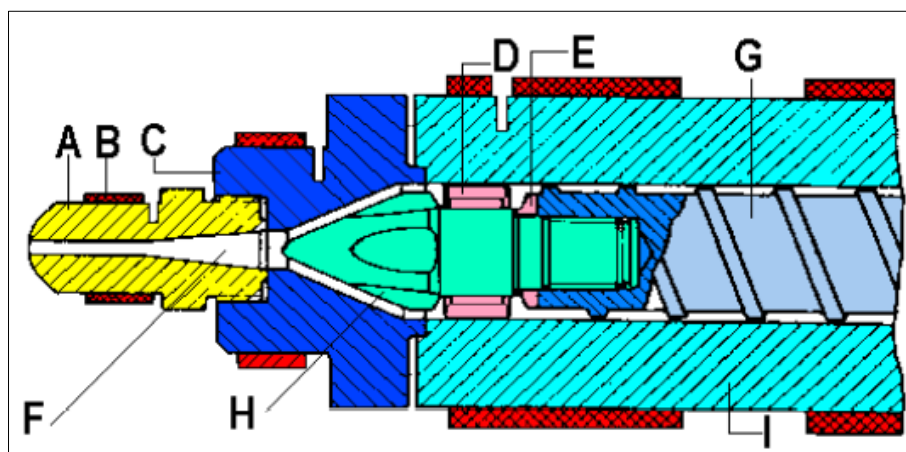


Figure 24. La buse.

3.4.1.9 Le Moule d'injection

Un moule est un bloc de métal creux dans lequel du plastique fondu est injecté à partir d'une certaine forme fixe. Bien qu'ils ne soient pas illustrés dans la figure ci-dessous, il y a en réalité de nombreux trous percés dans le bloc pour le contrôle de la température au moyen d'eau chaude, d'huile ou de radiateurs. Le plastique fondu s'écoule dans un moule à travers une carotte et remplit les cavités au moyen de canaux et de portes. Ensuite, le moule est ouvert après le processus de refroidissement et la tige d'éjection de la machine de moulage par injection pousse la plaque d'éjection du moule pour éjecter davantage les moulages. Par conséquent, le moule est composé de deux parties bien distinctes, une partie mobile et une partie fixe. La partie fixe, où se situe la buse moule, ne se déplace pas. Elle va être en contact avec le ponton lors de chaque cycle. La partie mobile, où se situe l'éjection, va subir un déplacement en translation, d'où leurs nominations.

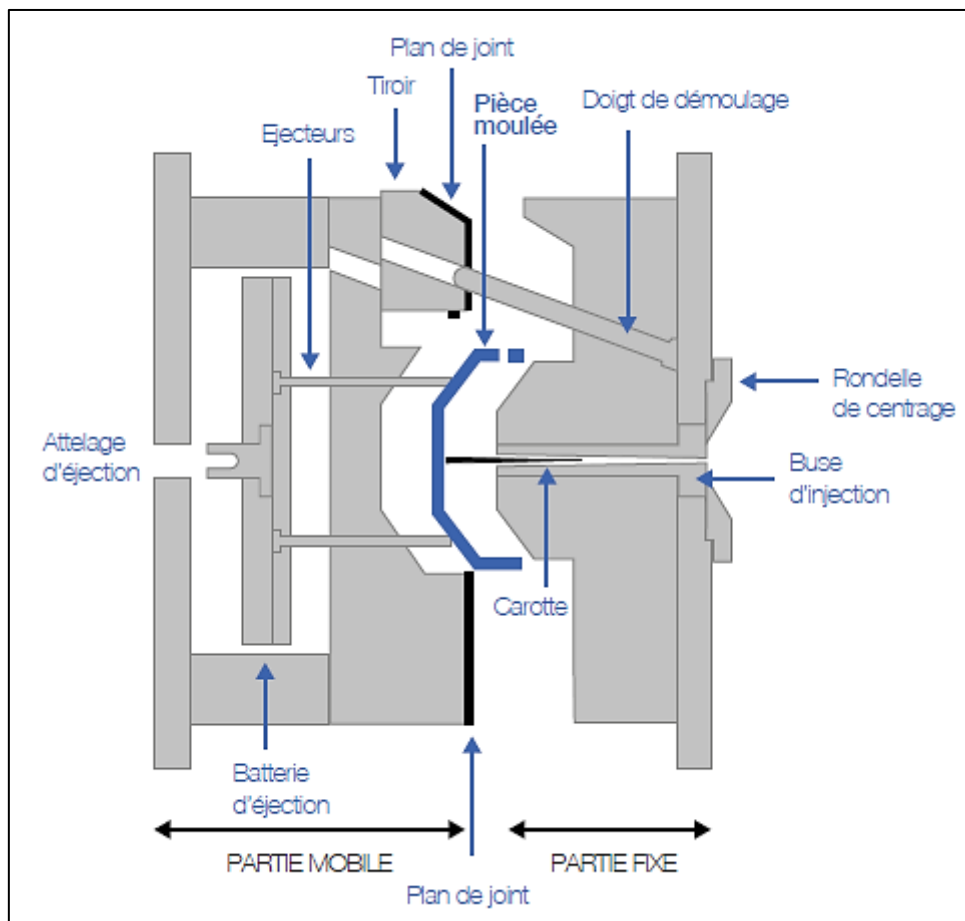


Figure 25. La structure de Moule d'injection.

3.4.1.10 Unité de fermeture

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

3.4.1.10.1 Les types de fermeture

3.4.1.10.1.1 Fermeture mécanique (Simple et Double genouillère)

Bien que les mouvements soient assurés par un vérin, elle est appelée mécanique, car l'effort de verrouillage est assuré par les genouillères. Sur certaine presse, lorsque le point d'alignement est dépassé, on peut couper la pression dans le vérin et l'ensemble reste stable. (11)

L'avance rapide de la partie mobile est assurée par la 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. (14)

Les avantages :

- Système simple
- Diamètre vérin faible
- Vitesse de fermeture diminue naturellement

Les inconvénients

- Force de fermeture non constante
- Réglage difficile
- Faible Course

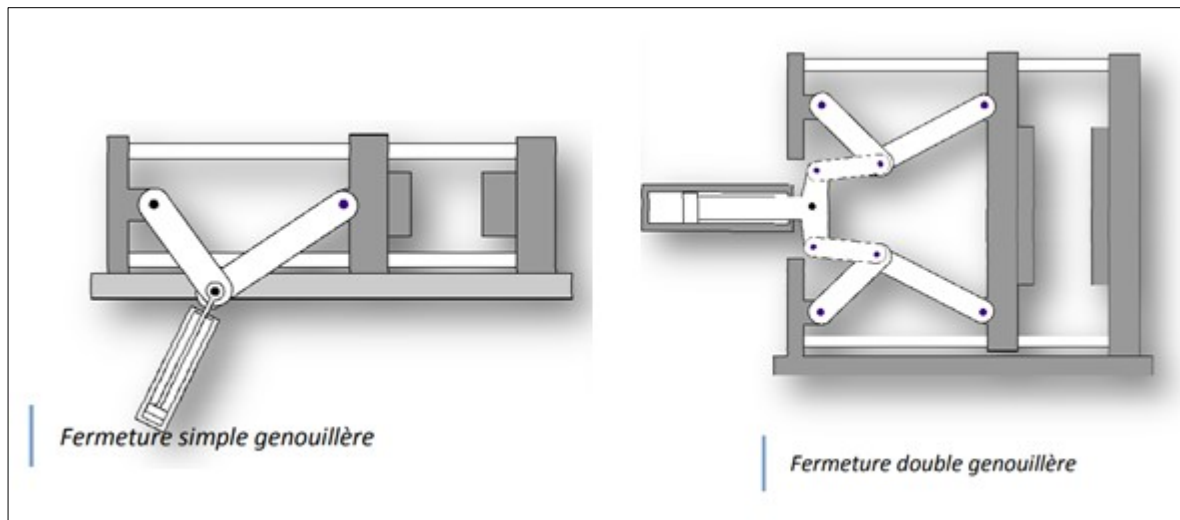


Figure 26. Fermeture mécanique : Simple genouillère et Double genouillère.

3.4.1.10.1.2 Fermeture hydraulique

Ce type de fermeture ne fait appel à aucun mouvement mécanique. Ceux-ci sont réalisés par des mouvements hydraulique à l'aide d'un gros vérin central qui a pour but de faire l'approche du plateau mobile jusqu'au plateau fixe, et d'un vérin plus petit qui assure le verrouillage dans la phase final de la fermeture.

Un seul vérin hydraulique (à plusieurs étages parfois) assure le déplacement de la partie mobile et le verrouillage du système. Ce dispositif offre une grande force de fermeture, mais reste un dispositif lent. (14)

Les avantages :

- Effort de fermeture
- Réglage simple
- Sécurité de fonctionnement

Les inconvénients :

- Déplacement lent
- Fabrication coûteuse
- Entretien coûteux

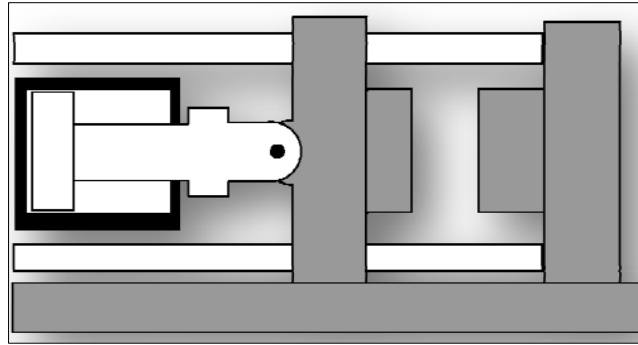


Figure 27. Fermeture hydraulique.

3.4.1.10.1.3 Fermeture mixte

Ce procédé est un compromis entre la fermeture hydraulique et la fermeture mécanique. En effet, les mouvements d'ouverture et de fermeture se font uniquement par des genouillères, tandis que le verrouillage est assuré par un ou des vérins hydrauliques.

Un seul vérin hydraulique (à plusieurs étages parfois) assure le déplacement de la partie mobile et le verrouillage du système. Ce dispositif offre une grande force de fermeture, mais reste un dispositif lent. (14)

Les avantages :

- Fabrication et entretien correct
- Réglage facile

Les inconvénients :

- Course limitée

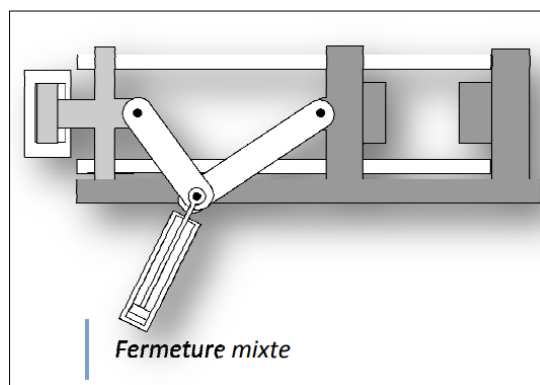


Figure 28. Fermeture mixte.

Conclusion

Le recyclage de matières plastiques nécessite plusieurs machines, l'une de ces machines est le broyeur où le rôle de ce dernier est de déchiqueter les déchets pour être prêt pour le moulage qui est fait par une machine différente. Dans cette étude nous avons étudié deux méthodes (l'injection et l'extrusion) qui ont le même mode de fonctionnement, sauf que la machine d'injection contient un moule et l'autre a une filière.

Chapitre 3 :
conception,
construction
et automatisaton
d'une machine
d'extrusion

Introduction

Après avoir une étude théorique détaillé concernant la structure des machines de recyclage de plastique dans le chapitre précédent, dans ce chapitre on va présenter les étapes de la réalisation de la machine d'extrusion en détail, on commence par la conception et on termine par la programmation.

1 La conception

La conception de la machine d'extrusion et ses composant a été faite par le logiciel SolidWorks.

1.1 La présentation de la machine de l'extrusion

Cette machine est une partie essentielle de l'unité de recyclage de plastique. Elle convertit la matière première (sous forme de poudre ou de granulés), qui a été coupée en très petits morceaux. La machine se compose de trois parties principales : unité d'alimentation, unité d'extrusion, et la tête d'extrusion.

Tout d'abord, la trémie est remplie de la matière première qui descend dans la première partie du vis (zone d'alimentation) par gravité. Ensuite, les granulés de plastique sont alimentés et transportés vers la zone de compression, dans cette zone la matière sera plastifiée et la mettre sous pression progressivement. Cette dernière va passer de l'état solide à l'état fondu sous l'effet de l'augmentation de la température due à la chaleur de fourreau et le travail des forces de cisaillement. La matière fondue passe à la zone de pompage par l'augmentation de pression afin d'assurer l'écoulement de la matière à travers la filière à l'avant de l'extrudeuse. Une fois que la matière passe dans la tête d'extrusion, elle sort de la filière se forme de fil. A partir de ce fil, nous pouvons obtenir des granulés ou des matières premières pour une imprimante 3D.



Figure 32. La machine d'extrusion de plastique.

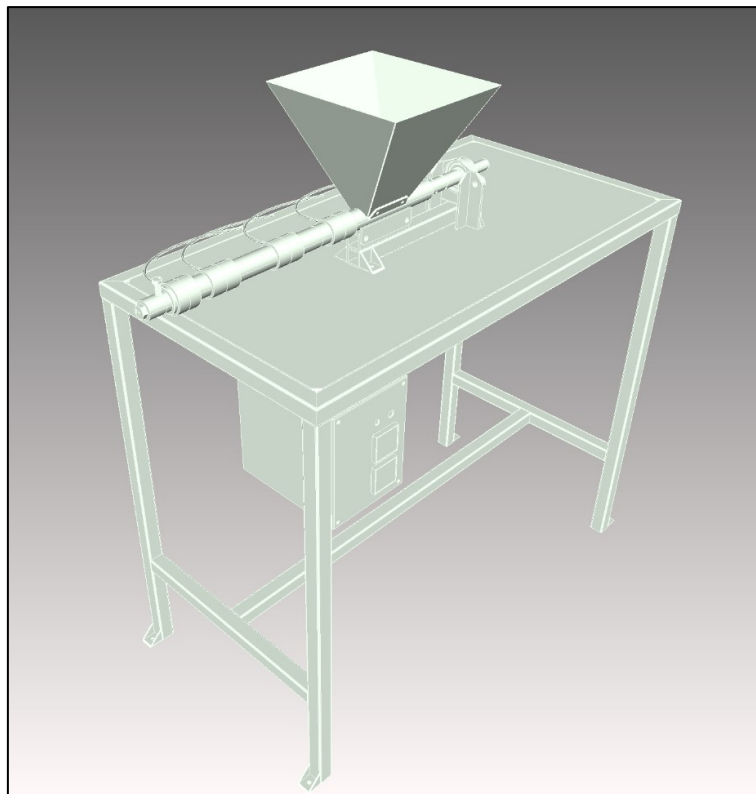


Figure 29. Vue 3D perspective de la machine.

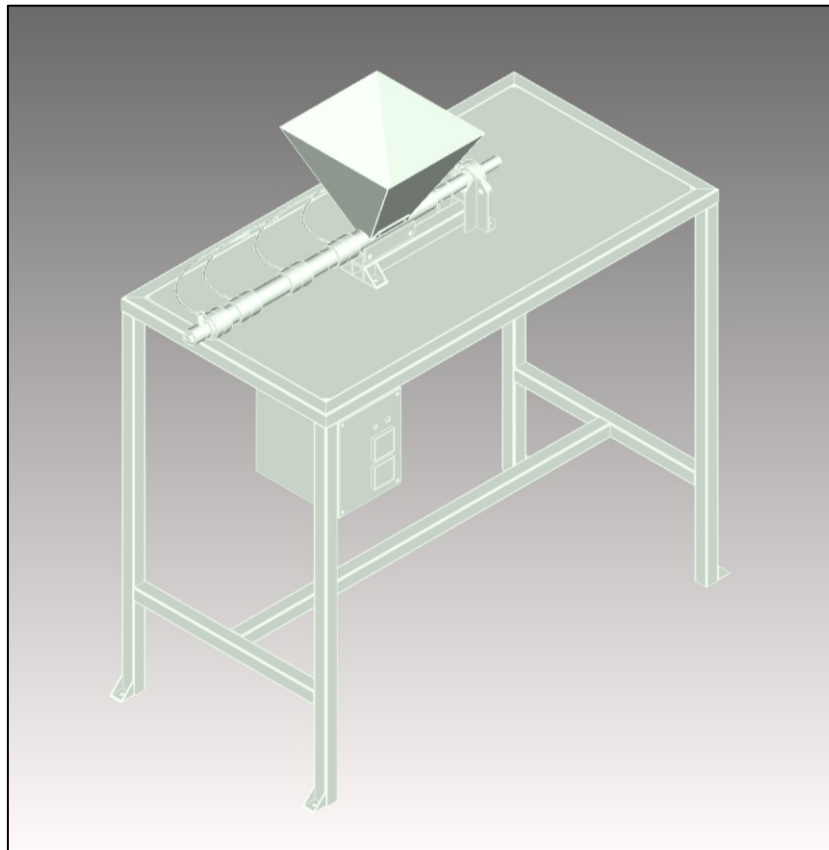


Figure 30. Vue 3D de la machine.

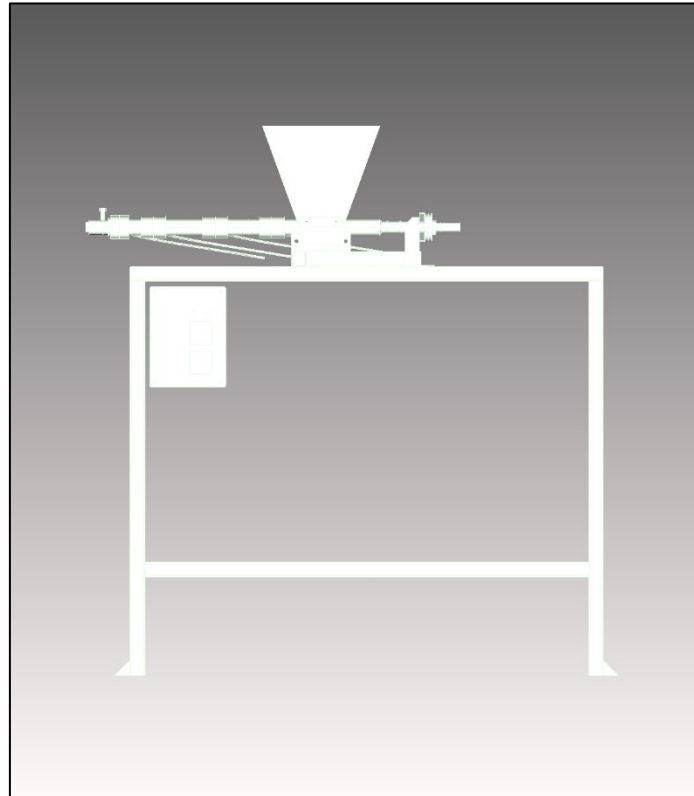


Figure 31. Vue de face de la machine.

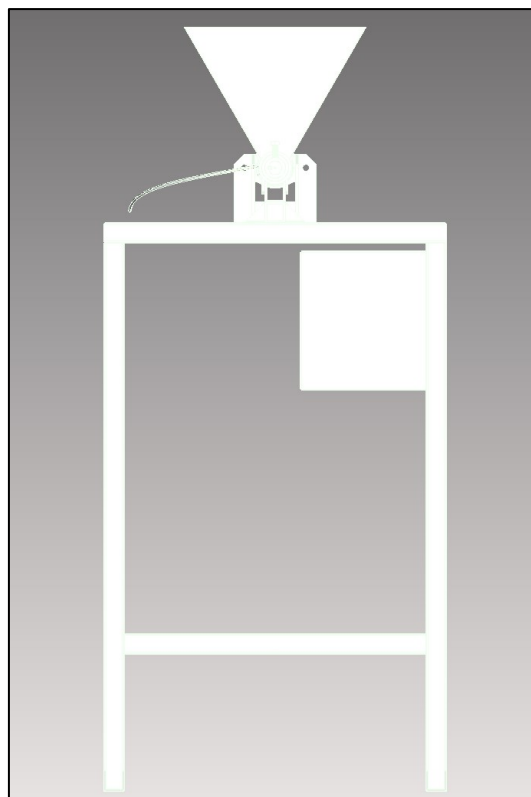


Figure 32. Vue de coté de la machine.

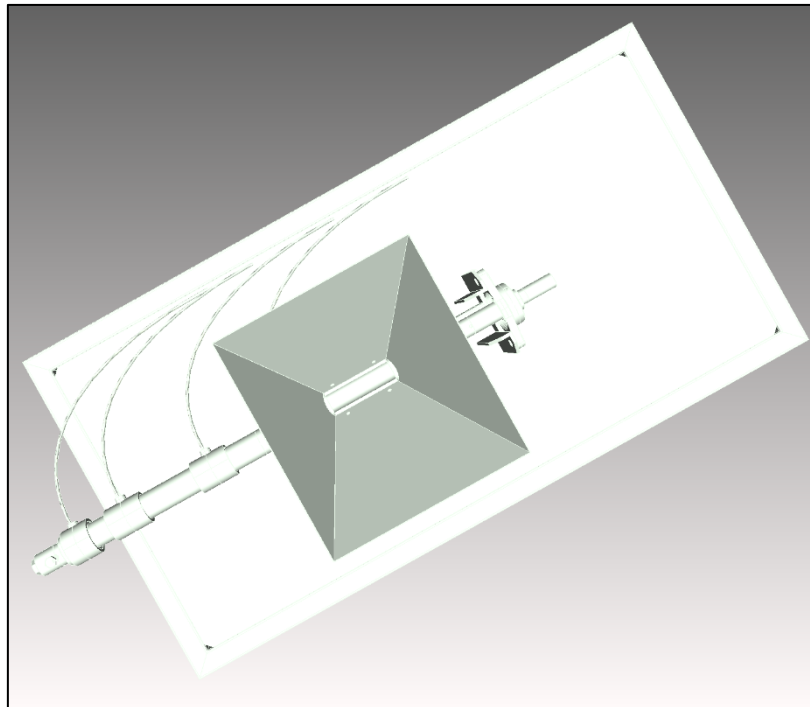


Figure 33. Vue de dessus de la machine.

1.2 Les étapes de construction de la machine

Ce tableau montre le matériel utilisé pour la réalisation de la machine d'extrusion.

Tableau 5. Le matériel.

Mécaniques		
Le matériels utilisées	Quantité	Description
La mèche (à la place de la vis sans fin)	1	Pour Transporter la matière
Un tube rond	1	Acier 22*2*300
Mandrin	1	Pour fixer la vis sans fin
La tête	1	Pour donner la forme au produit
Un tube carré	1	Pour construire le support
Chute de métal	1	Acier 2mm pour construire la trémie

Electriques		
Moteur électrique	1	2 RPM, 230V AC
Colliers chauffante	2	160 watt
Thermocouple	2	Type k
Automate programmable	1	Siemens Simatic S7-1200
Raccordement	5 m	La liaison électrique
Bouton poussoir	4	2 NO, 2 NC
SSR relais	2	Input : 3-32v, output : 24-380v
Disjoncteur	1	La coupure de courant
Alimentation	1	SITOP, Input: 220v, Output:24v
Le switch	1	Pour connecter les appareils
Relais statique	1	Pour le moteur
IHM	1	TP900 confort

1.2.1 La Construction

1.2.1.1 Les composants mécaniques

1.2.1.1.1 La trémie

Les étapes de construction :

- Nous avons pris les bonnes dimensions de la pièce en utilisant le dessin technique.
- On a coupé les pièces pour obtenir la structure de la trémie.
- La dernière étape est la collection des pièces à l'aide de soudage.

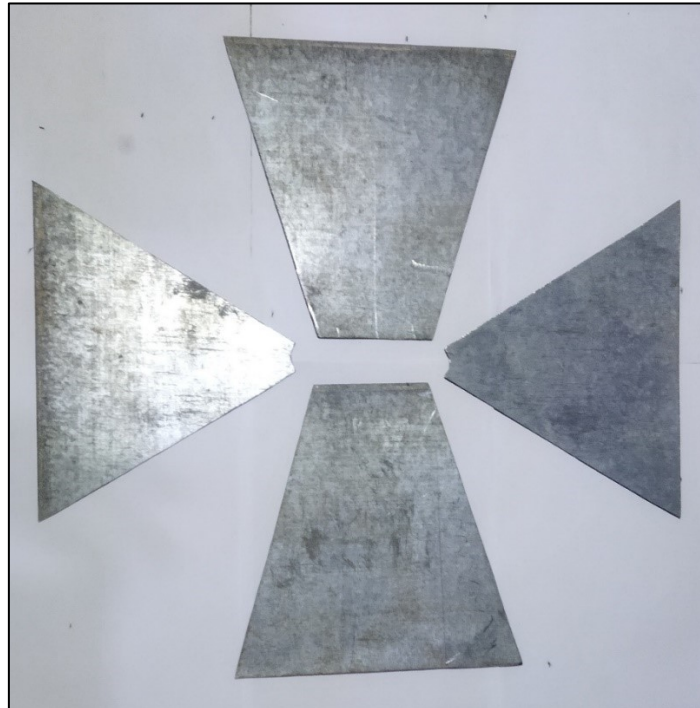


Figure 34. Les pièces de trémie.



Figure 35. La soudure de trémie.



Figure 36. La trémie après la soudure.

1.2.1.1.2 Le fourreau

Est un tube en acier de diamètre 22 mm et de longueur de 300 mm on a coupé une partie du tube pour l'alimentation de matière première comme il est montré dans la figure



Figure 37. Le tube 22*2*300.



Figure 38. Le tube après avoir retiré une partie pour l'alimentation.

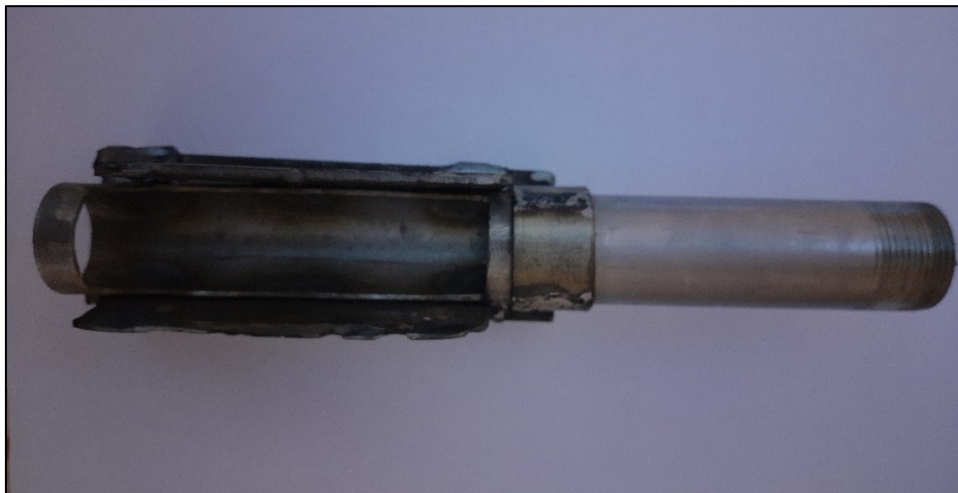


Figure 39. Le tube avec filetage et après la soudure avec des morceaux de fer.

1.2.1.1.3 La vis sans fin

Est l'élément essentielle de cette machine on a le remplacé par une mèche parce qu'il n'est pas disponible.

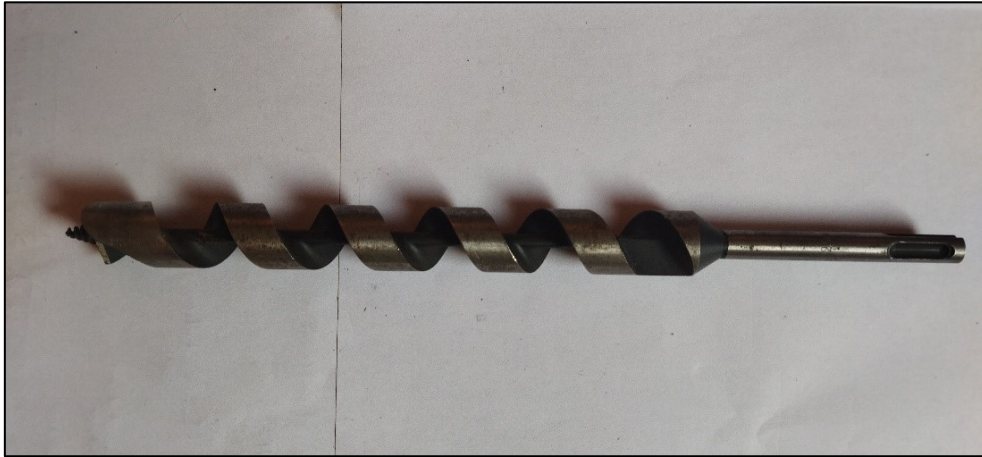


Figure 39. Vis sans fin.

1.2.1.1.4 Le support

C'est la base qui fixe la machine, il est formé de parties de tube carré.



Figure 40. Le support.

1.2.1.1.5 Le mandrin

Cette pièce relie la vis avec le moteur d'entraînement.

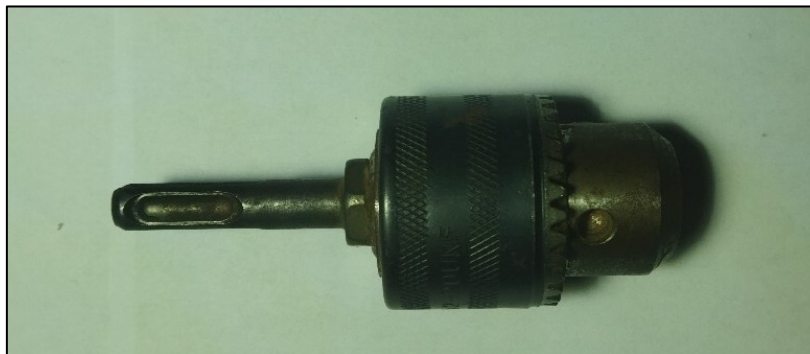


Figure 41. Le mandrin.

1.2.1.1.6 Le moteur d'entraînement

La vitesse de rotation de ce moteur est 2 RPM.

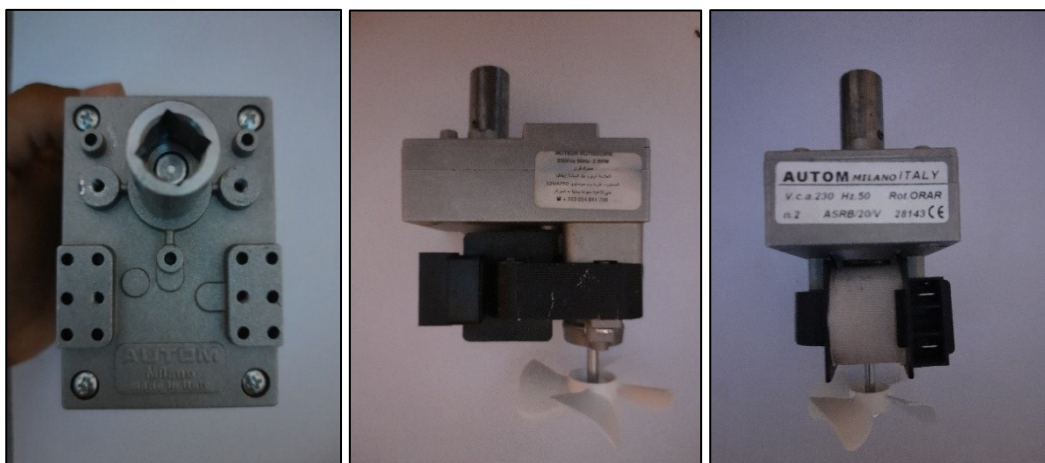


Figure 42. Moteur AC 230V.

1.2.1.2 La tête d'extrusion

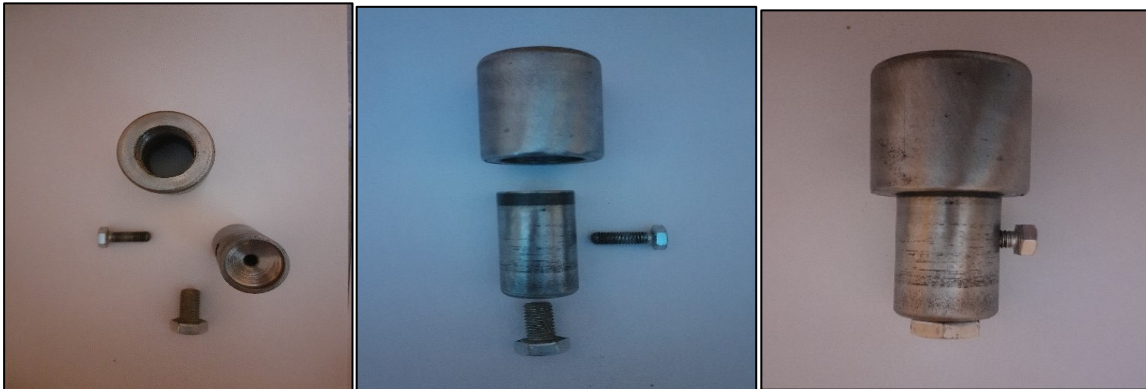


Figure 43. La tête d'extrusion.

1.2.1.3 Les composants du tableau électrique

Il collecte tous les composants électriques de la machine, il contient la partie commande (Les boutons poussoirs et l'écran de supervision).



Figure 44. Tableau électrique de la machine.

1.2.1.4 Relais SSR

La fonction première des relais est le plus souvent de séparer les circuits de commande des circuits de puissance à des fins d'isolement.

Dans notre cas on a utilisé un Solide State Relay pour commander la bande chauffante, c'est un nouveau type de dispositif de commutation électronique sans contact d'excellentes performances.

L'extrémité d'entrée ne nécessite qu'un petit courant de commande, et le circuit de sortie adopte un thyristor ou un transistor haute puissance pour connecter et déconnecter le courant de charge.



Figure 45. Relais SSR-25DA.

1.2.1.5 Thermocouple

Un thermocouple est un capteur utilisé pour mesurer la température dans une large gamme de procédés différents et se compose de deux pattes de fil en métaux différents reliés entre eux à leurs deux extrémités pour former deux jonctions. La jonction chaude ou de mesure est connectée au corps dont la température va être mesurée. La jonction froide ou de référence est connectée à un corps de température connue. Lorsque la jonction de mesure est placée sur quelque chose de chaud, une différence de tension se produit. Cette tension peut ensuite être convertie en une mesure de température.

Le thermocouple de type K, généralement appelé Chromel/Alumel.

Large plage de températures de -100 à +1 100 °C.



Figure 46. Thermocouple type K.

1.2.1.6 Colliers chauffants

Les colliers chauffants sont destinés au chauffage de pièces métalliques cylindriques ainsi qu'au chauffage indirect de fluide à travers une paroi (tuyauterie, cuves, réservoirs...)



Figure 47. Colliers chauffants.

1.2.1.7 Automate programmable industriel

La CPU Siemens S7-1200 combine un microprocesseur, une alimentation intégrée, des circuits d'entrée et de sortie, un PROFINET intégré, des E/S rapides de commande de mouvement, ainsi que des entrées analogiques intégrées dans un boîtier compact en vue de créer un contrôleur puissant.

La gamme S7-1200 offre divers modules et cartes enfichables pour accroître les capacités de la CPU avec des E/S supplémentaires ou d'autres protocoles de communication.

Présentation de la CPU:

SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, compact CPU, DC/DC/DC, onboard I/O: 14 DI 24 V DC; 10 DO 24 V DC; 2 AI 0-10 V DC, Power supply: DC 20.4-28.8V DC, Program/data memory 100 KB.

Référence : 6ES7214-1AG40-0xb0.



Figure 48. Automate Siemens S7-1200.

1.2.1.8 Interface Homme Machine

IHM signifie interface homme-machine et fait référence à un tableau de bord qui permet à un utilisateur de communiquer avec une machine, un programme informatique ou un système. Techniquement, vous pourriez appliquer le terme IHM à n'importe quel écran utilisé pour interagir avec un appareil, mais il est généralement employé pour décrire des écrans utilisés dans les environnements industriels. Les IHM affichent des données en temps réel et permettent à l'utilisateur de contrôler les machines grâce à une interface utilisateur graphique.

L'écran IHM utilisée : Siemens TP900 Comfort.

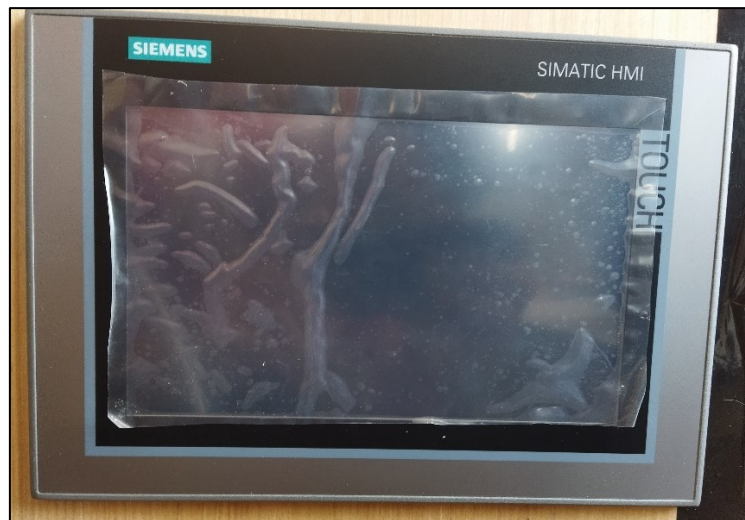


Figure 49. Écran IHM TP900 confort.

1.2.1.9 Le Switch

Un switch, commutateur ou commutateur réseau, est un équipement qui fonctionne comme un pont multiport et qui permet de relier plusieurs segments d'un réseau informatique entre eux.



Figure 50. Switch Siemens.

1.2.1.10 Alimentation

SITOP PSU100S 24 V/10 A Alimentation stabilisée Entrée : 120/230 V CA Sortie : 24 V CC/10 Ampère.



Figure 51. Alimentation SITOP PSU100S.

1.2.1.11 Disjoncteurs différentiels

Un disjoncteur différentiel a pour rôle principal d'assurer la sécurité des opérateurs vis-à-vis de l'électricité. Il agit aussi comme protecteur des machines électriques de l'industrie contre les surcharges électriques ou les courts-circuits.



Figure 52. Disjoncteur différentiel DPE 2P.

2 L'automatisation de la machine

2.1 Cahier de charge

Après la sélection de type de plastique, l'opérateur saisie la température souhaitée à l'IHM et appuie sur le bouton **Démarrer échauffement** et attend que la température de fourreau et de tête atteigne la température désirée sachant que les deux capteurs qui mesurent la température dans les deux zones sont **le thermocouple 1** et **le thermocouple 2** successivement.

Après l'arrivée aux températures de fusion de thermoplastique utilisé l'opérateur alimente la machine par la matière première et appuie sur le bouton **démarrer moteur**.

La matière première est transportée à l'aide de rotation de vis sans fin et sous l'effet de la chaleur elle est fondue jusqu'à l'arrivée à la tête ou elle traverse la filière qui lui donne la forme.

Pour l'arrêt de la machine l'opérateur doit appuyer sur **arrêt moteur** et **arrêt échauffement**.

L'opérateur peut démarrer ou arrêter la machine par l'écran de supervision.

2.2 Schéma électrique de la machine

À l'aide de WIN RELAIS nous avons créé le schéma électrique de la machine d'extrusion afin de simplifier le câblage électrique et assurer la maintenabilité.

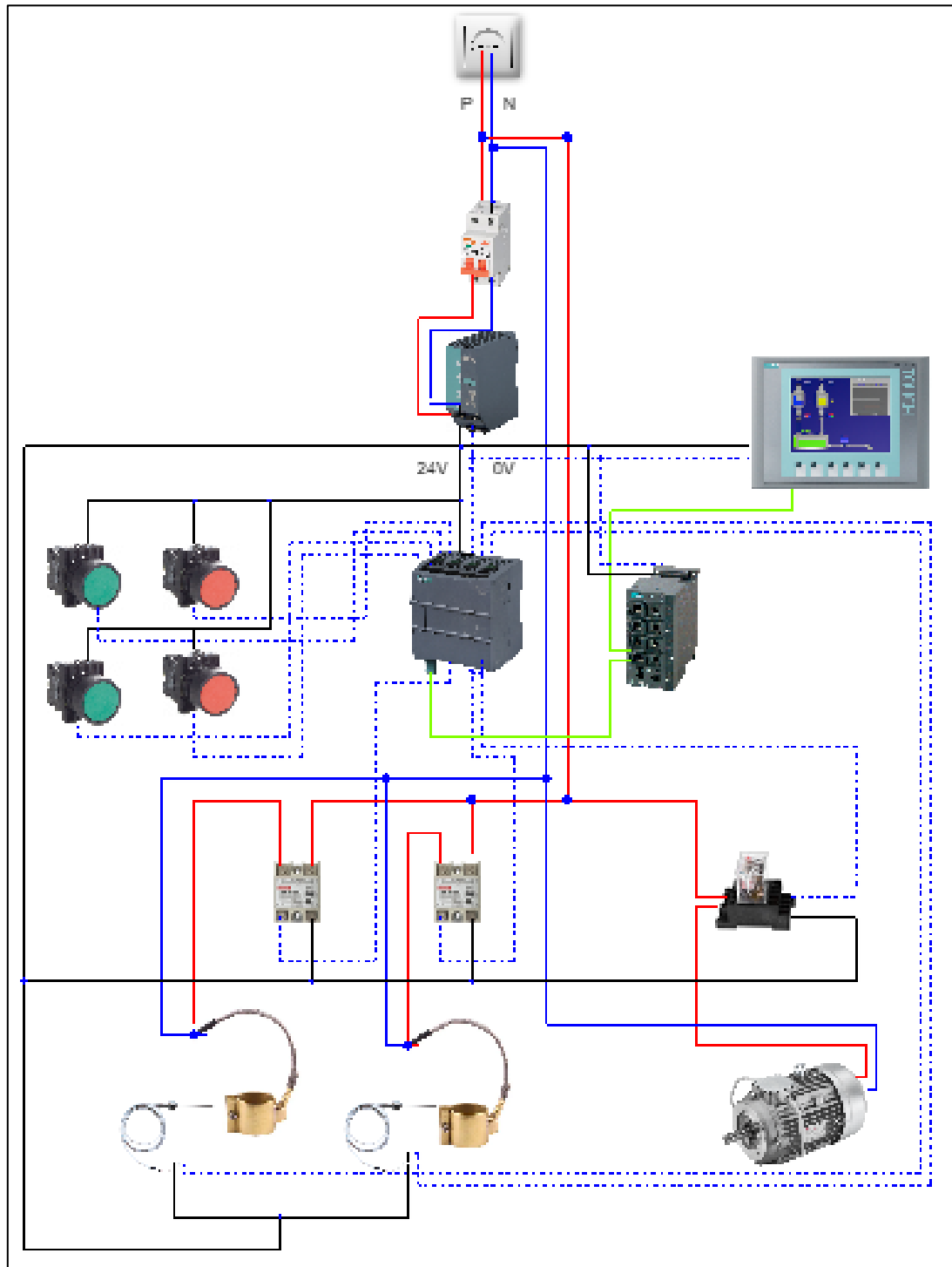


Figure 53. Schéma électrique de la machine d'extrusion.

2.3 Les entrées et les sorties

Tableau 6. Les entrées et leurs adresses.

L'entrée	L'adresse	Description
Démarrage moteur	I0.0	Bouton de démarrage de moteur d'entraînement
Arrêt moteur	I0.1	Bouton d'arrêt de moteur d'entraînement
Démarrage échauffement	I0.2	Bouton de démarrage d'échauffement de deux colliers
Arrêt échauffement	I0.3	Bouton d'arrêt d'échauffement de deux colliers
Thermocouple 1	IW98	La mesure de température de fourreau
Thermocouple 2	IW100	La mesure de température de tête

Tableau 7. Les sorties et leurs adresses.

La sortie	L'adresse	Description
Moteur	Q0.3	Sortie de moteur
Collier de fourreau	Q0.1	Sortie de collier de fourreau
Collier de tête	Q0.2	Sortie de collier de tête

Les paramètres qu'on va régler (la température et la vitesse) et ses moyens de mesure et de contrôle :

Tableau 8. Les paramètres à régler.

Matériel	Fonctions	Paramètres de réglage	Moyens de mesure	Moyens de Contrôle
VIS	Plastifier la matière + Transport matière + Mélange matière	- Vitesse de rotation (tr/min) - la rotation de moteur	- tachymètre - Contacteur auxiliaire	L'automate (Contrôle PID) Le variateur de vitesse
Zone de compression de la vis	Plastifier la matière (état solide à l'état fondu) + Mettre la matière sous pression de façon progressive	- Température de consigne de la zone du fourreau	Thermocouple type K	L'automate (Contrôle PID)
Tête d'extrusion	Transférer la matière vers la filière en la maintenant à un même niveau de température	- Température de consigne de zone d'extrusion	Thermocouple Type k	L'automate (Contrôle PID)

2.4 La programmation

On a utilisé le logiciel de programmation des automates TIA PORTAL. Il est l'environnement d'ingénierie SIEMENS pour toutes les tâches d'automatisation. Il intègre de manière transparente les contrôleurs, les E/S distribuées, l'IHM, les variateurs, la commande de mouvement et la gestion des moteurs dans un seul environnement d'ingénierie.

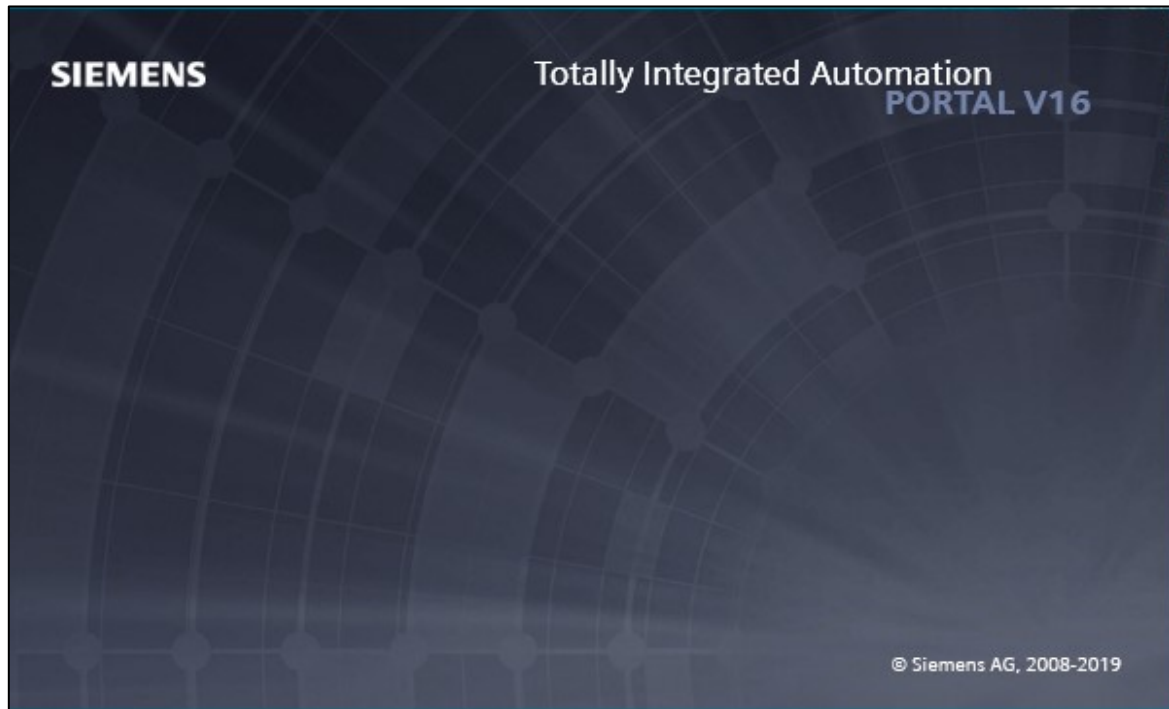


Figure 54. TIAPORTAL V16

Table de variables standard_1							
	Nom	Type de données	Adresse	Réma...	Acces...	Écritu...	Visibl...
1	←DI démarrage moteur	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	←DI arrêt moteur	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	←DI moteur	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	←DI début échauffement	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	←DI arrêt échauffement	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	←DI collier fourreau	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	←DI collier tete	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	←DI thermocouple 1	Word	%IW96	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	←DI thermocouple 2	Word	%IW100	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	←DI sortie PID 1	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	←DI sortie PID 2	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	←DI intermiere 1	Real	%MD50	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	←DI température réel 1	Real	%MD54	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	←DI température réel 2	Real	%MD58	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15	←DI intermiere 2	DWord	%MD62	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	←DI Régulation fourreau	Bool	%M0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17	←DI Régulation tete	Bool	%M0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	←DI condition de démarrage tete	Bool	%M0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	←DI condition de démarrage fourre...	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20	←DI ihm Démarrage	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
21	←DI ihm arrêt	Bool	%M1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
22	←DI ihm début échauffemnt	Bool	%M1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
23	←DI ihm arrêt échauffemnt	Bool	%M1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figure 55. Table des variables.

2.4.1 Le démarrage de moteur

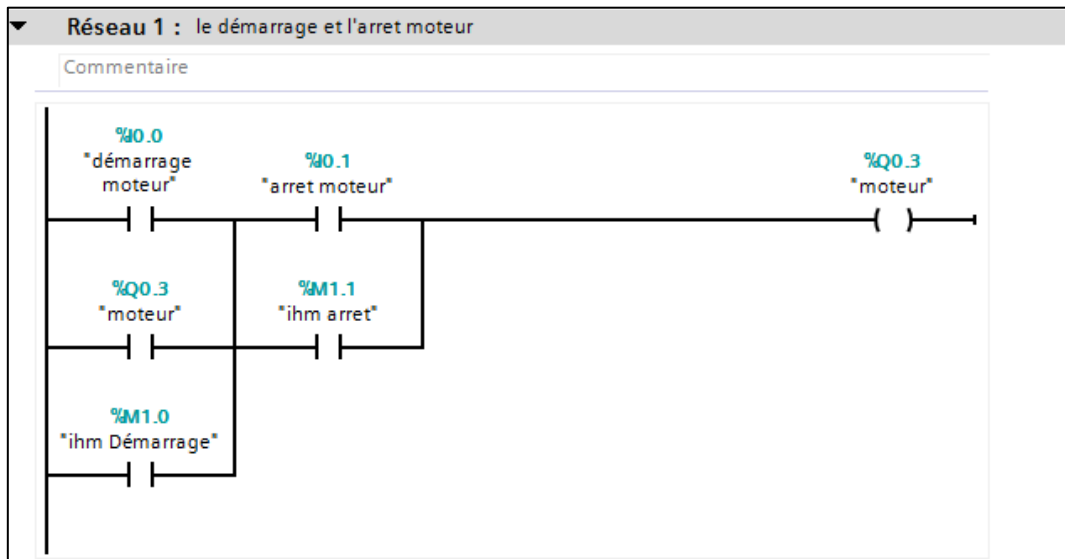


Figure 56. Le démarrage direct de moteur.

2.4.2 L'échauffement de fourreau et de tête

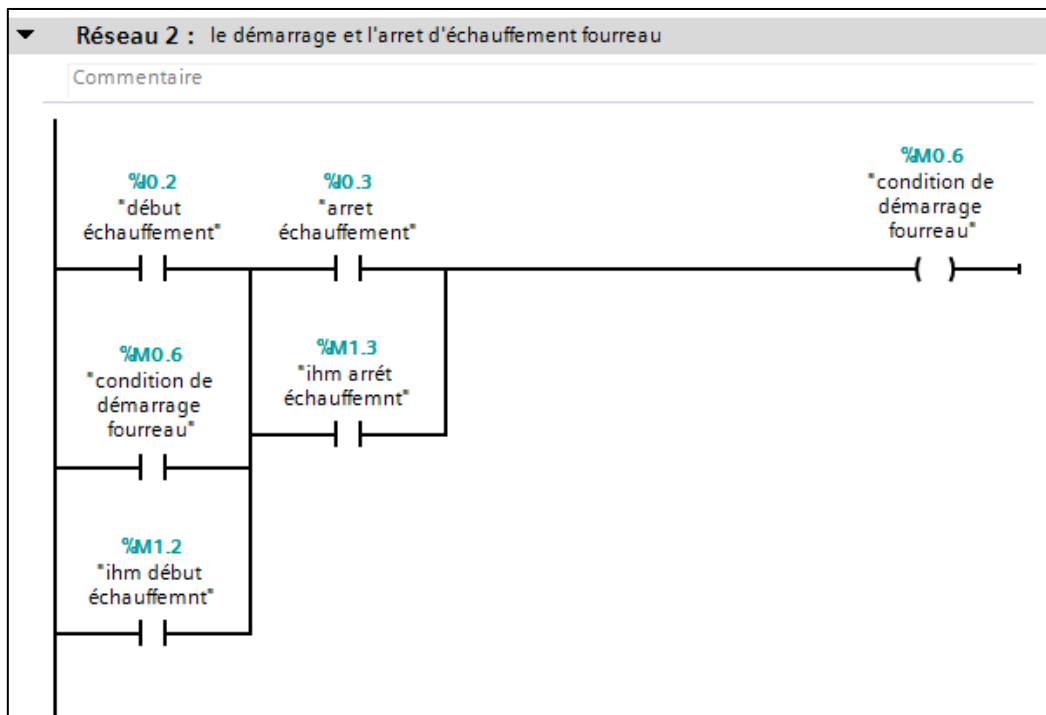


Figure 57. Le démarrage et l'arrêt d'échauffement de fourreau.

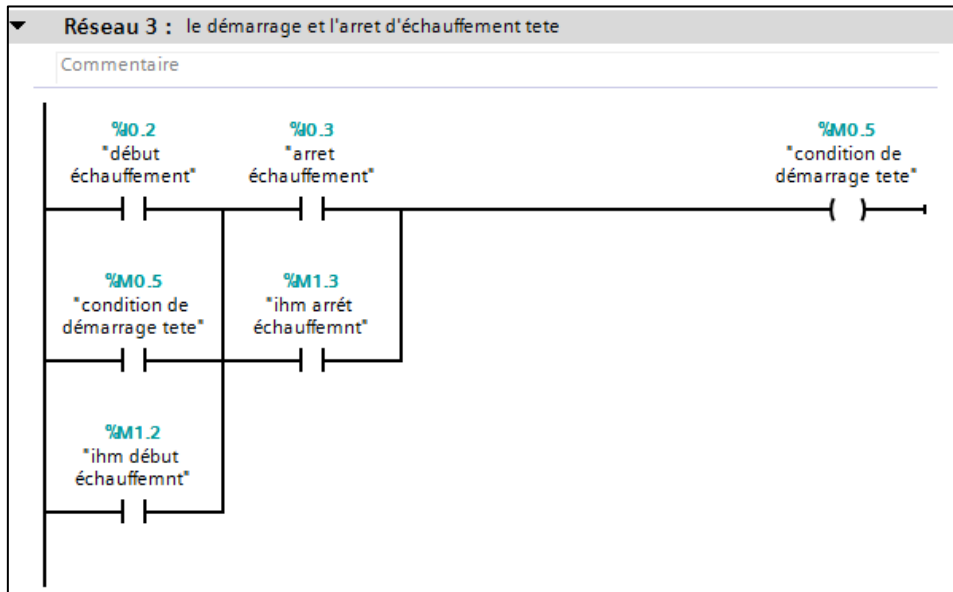


Figure 58. Le démarrage et l'arrêt d'échauffement de tête.

2.4.3 La régulation de la température de fourreau et de la tête

On trouve dans TIA PORTAL la fonction **PID Temp** pour régler la température.

Malheureusement, cette fonction ne fonctionne pas avec notre API S7-1200, donc on a trouvé une solution simple pour contrôler la température des deux colliers.

On a utilisé un bascule **SR** dont la mise à 1 est lorsque la température actuelle de collier est inférieure à la température de fusion de thermoplastique utilisé, et dans l'autre cas la mise à 0 de la sortie est lorsque la température de collier dépasse la consigne.

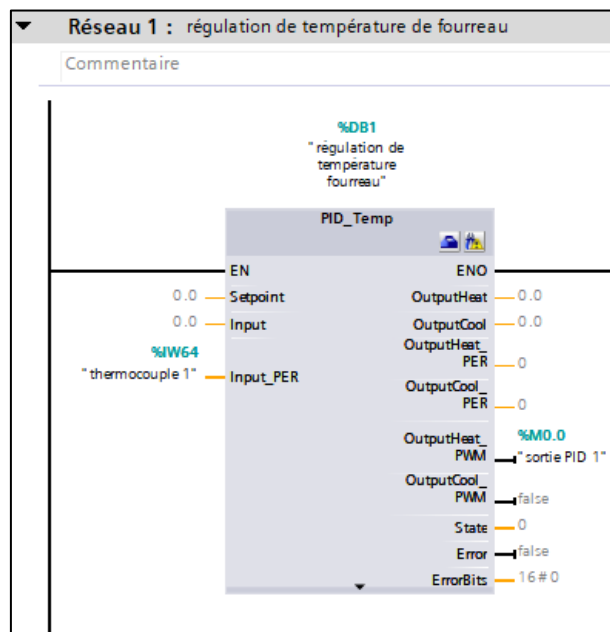


Figure 59. La fonction de régulation PID Temp.

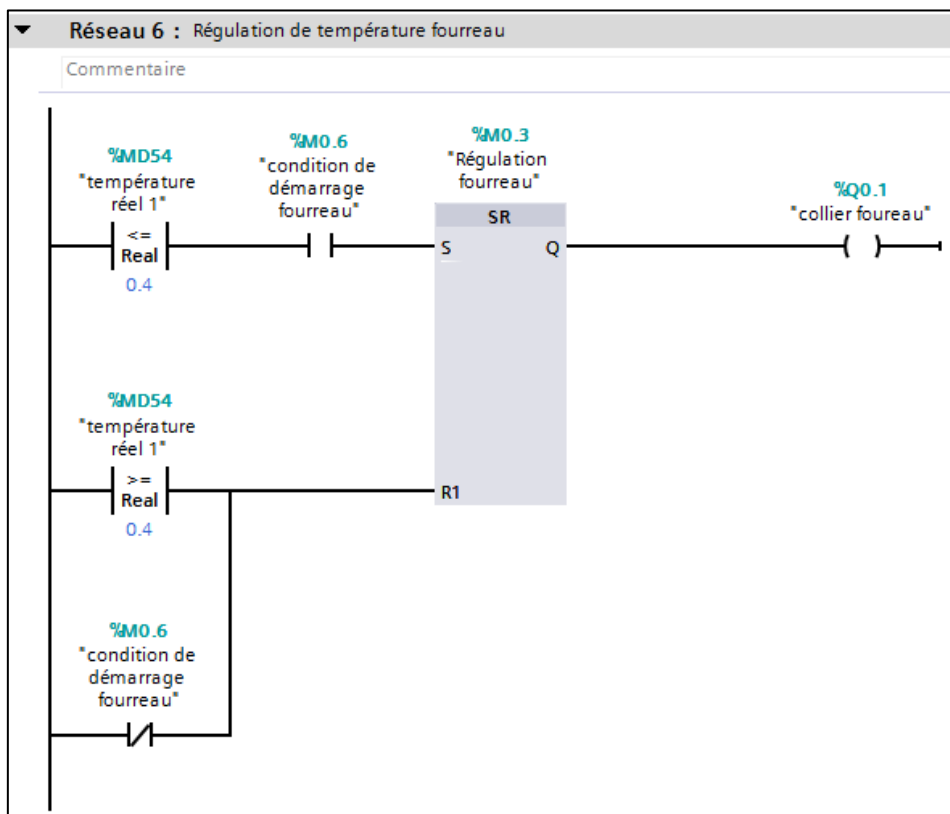


Figure 60. La régulation de température de fourreau à l'aide de bascule SR.

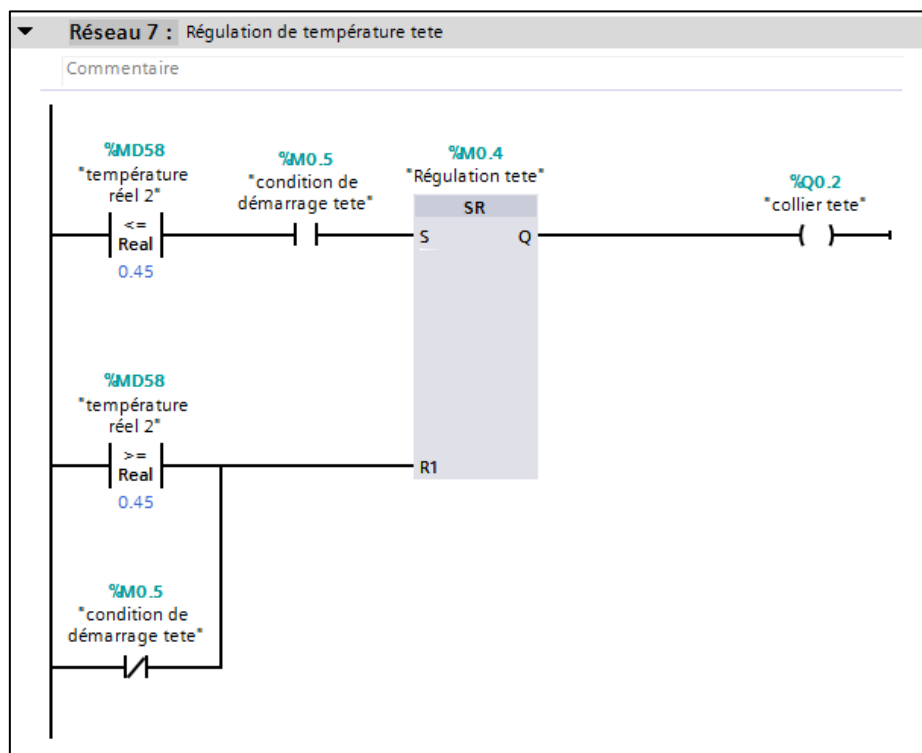


Figure 61. La régulation de température de tête à l'aide de bascule SR.

2.4.4 La simulation du programme à l'aide de PLCSIM

La simulation du programme aide le programmeur à vérifier le bon fonctionnement du programme avant le chargement dans l'automate.

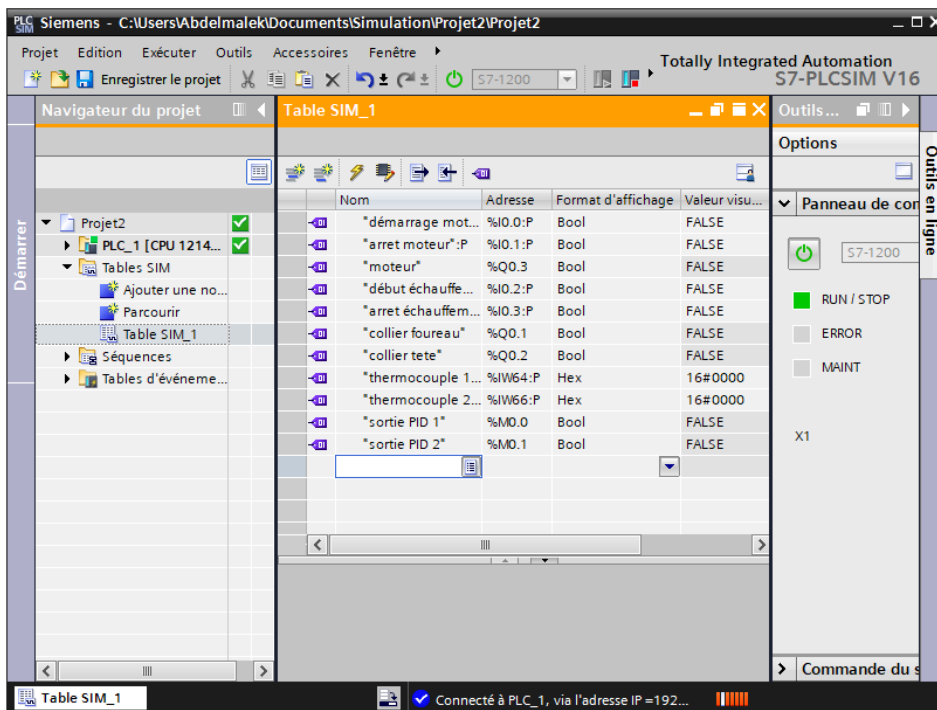


Figure 62. Création de Table de simulation.

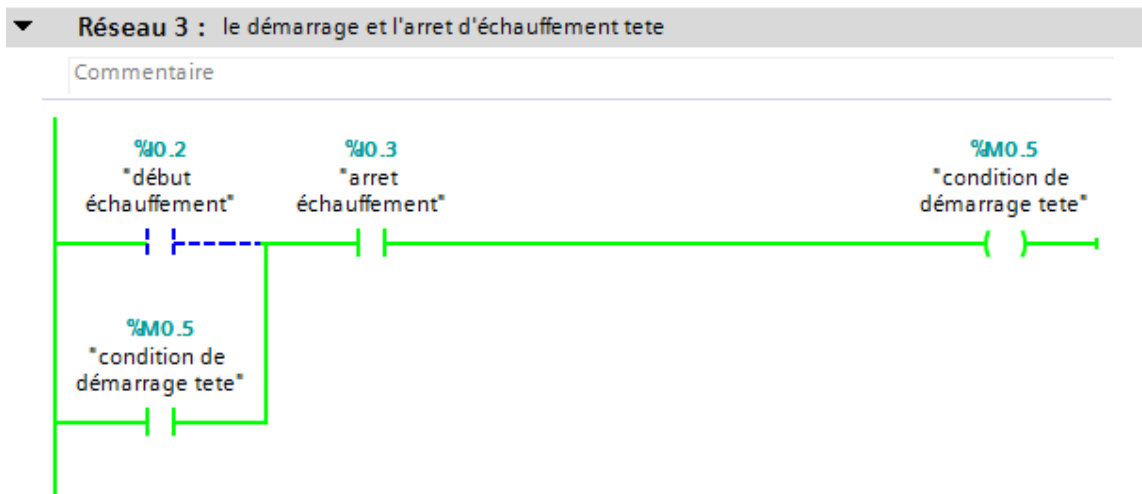


Figure 63. La simulation et visualisation de programme.

2.5 La supervision

2.5.1 Création de vue IHM

Pour contrôler la température de colliers chauffantes et le démarrage de moteur on a crée une vue de supervision.

Cette vue de supervision permet de saisir la température de fourreau et de tête selon le type de plastique utilisé, et visualiser la température actuelle des deux colliers.

On peut aussi vérifier le fonctionnement du moteur et des colliers.

La création de la vue IHM a été faite par **Win CC Runtime Advanced**.

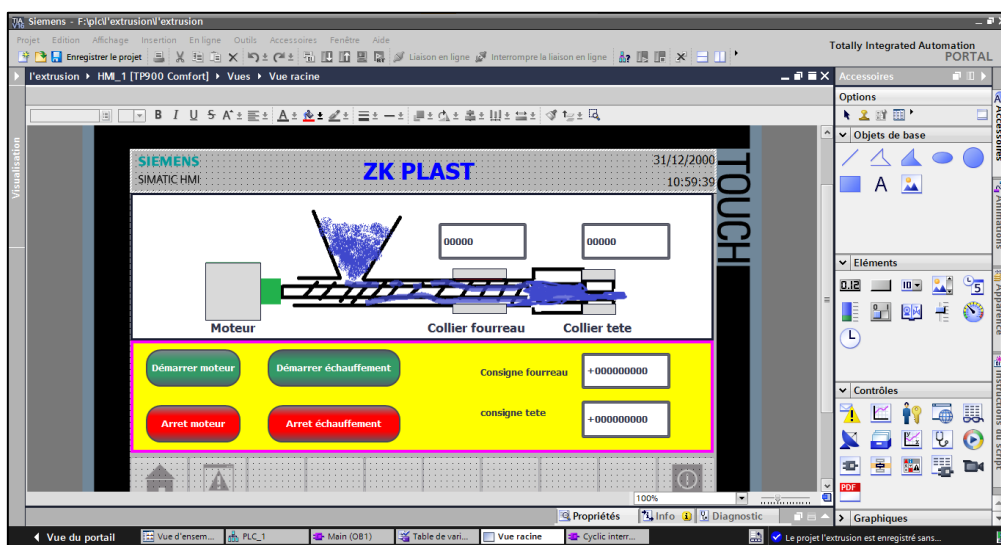


Figure 64. La vue IHM de la machine.

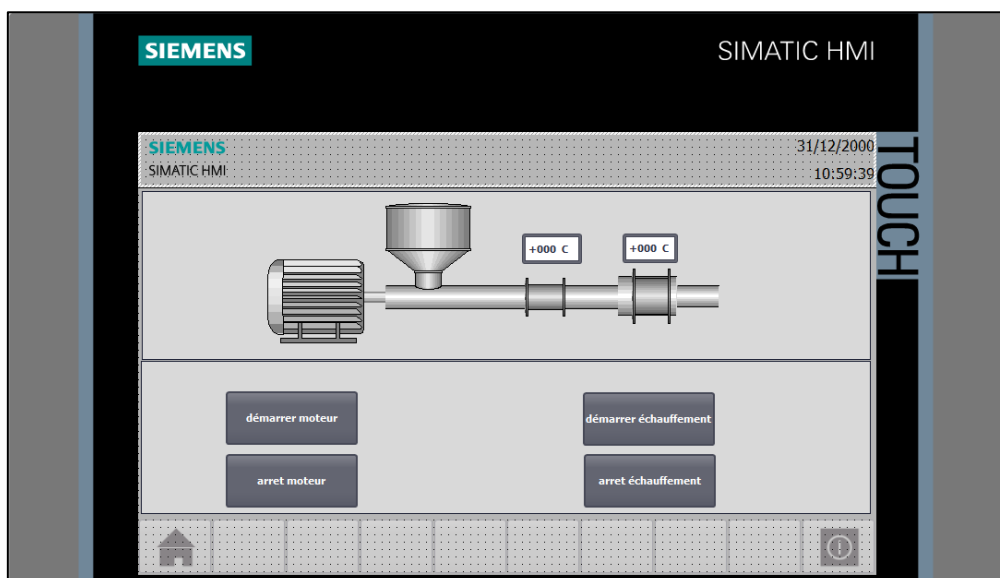


Figure 65. Une autre forme de vue IHM.

3 Les résultats obtenus

Le régulateur fonctionne bien durant l'échauffement de collier, et il nous donne la température souhaitée.

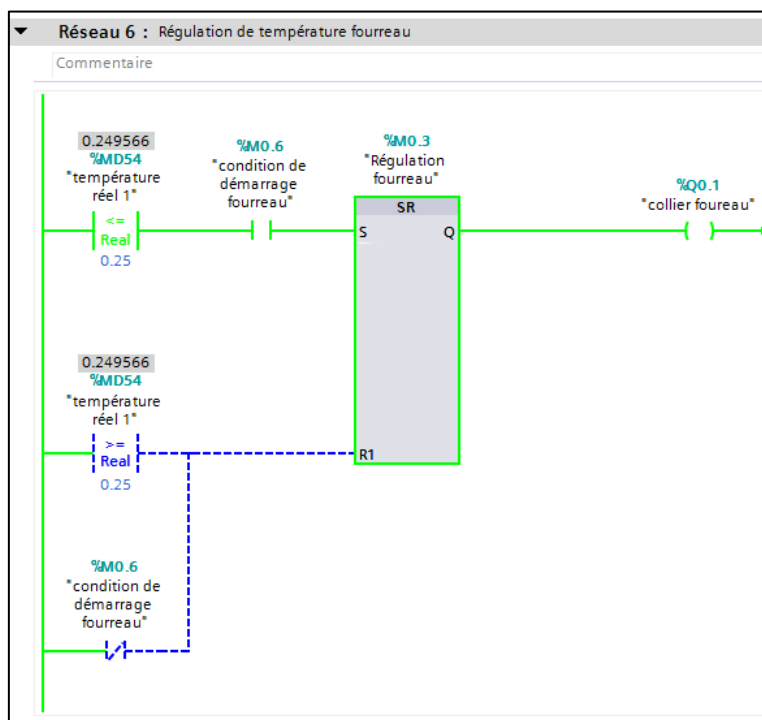


Figure 66. La mise à 1 de bascule RS pour régler la température de fourreau.

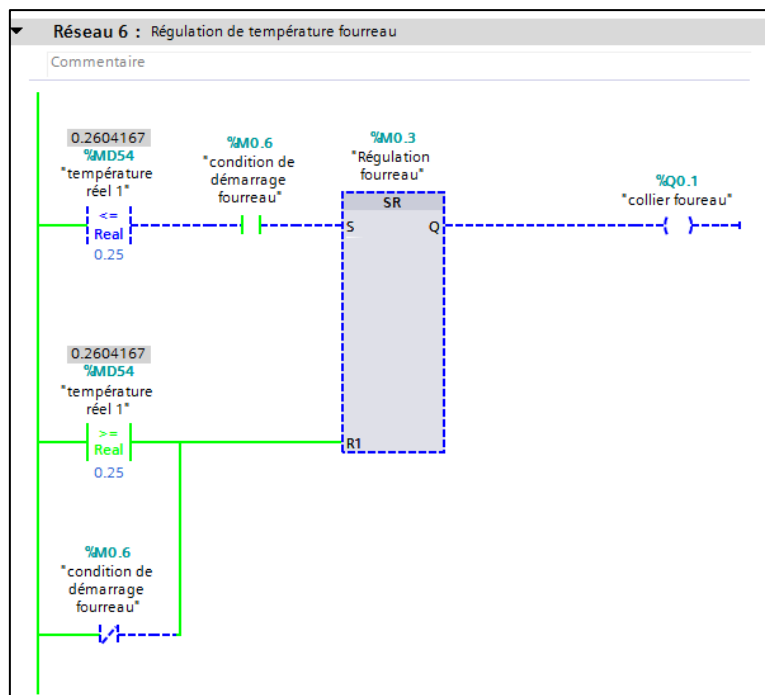


Figure 67. La mise à 0 de bascule RS.

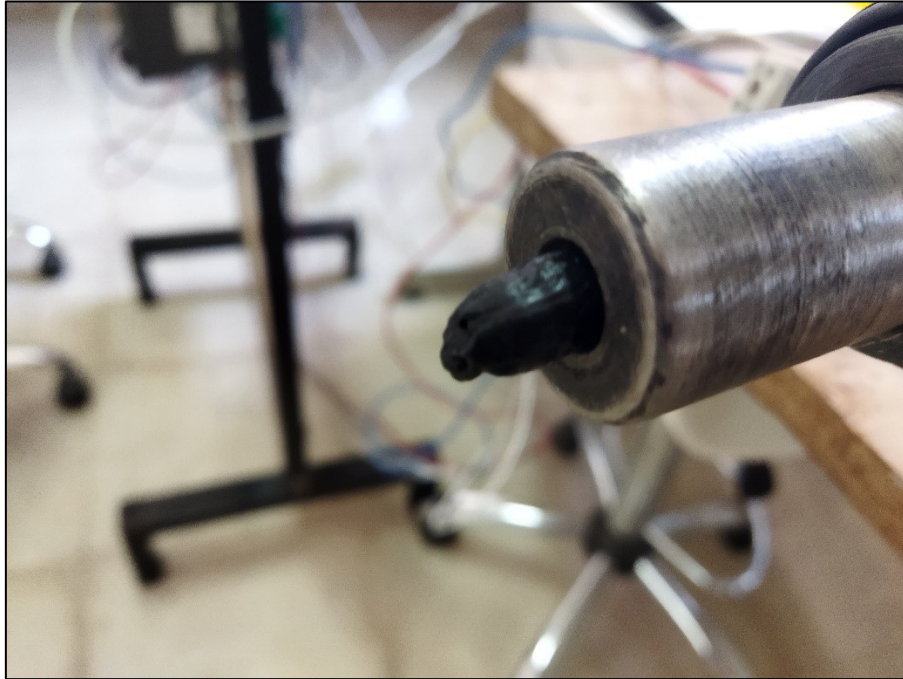


Figure 68. La matière extrudée lors de la sortie.

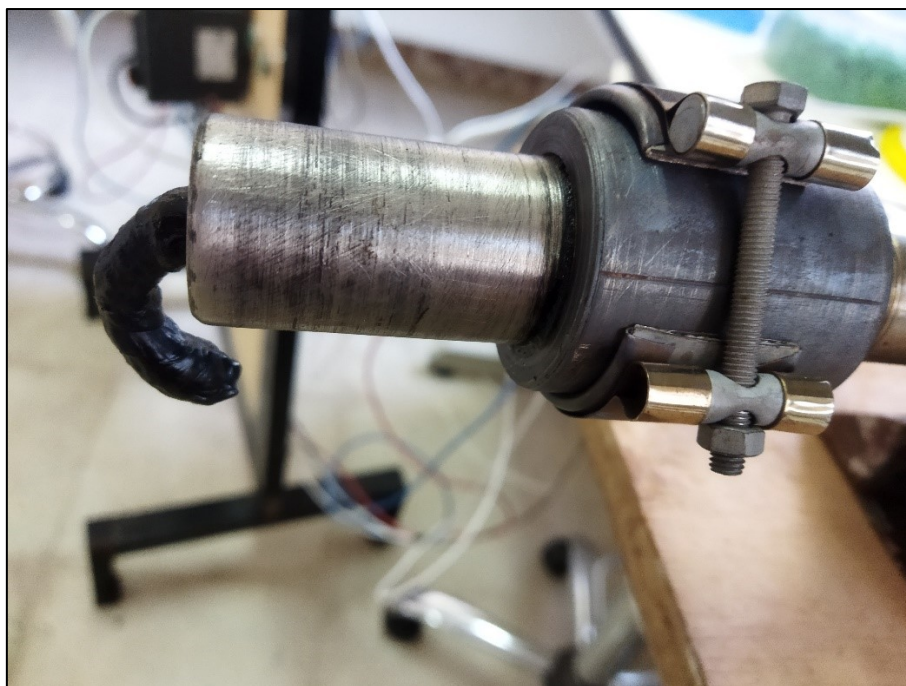


Figure 69. La forme finale de la matière extrudée.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les étapes de réalisation de la machine d'extrusion, où nous avons présenté la conception, et mentionné les différentes étapes de construction. Enfin, nous l'avons contrôlé par l'automate S7-1200 en utilisant un programme réalisé sur le logiciel TIA PORTAL.

Conclusion

Générale

Conclusion générale

Avec le volume croissant de déchets dans le monde et ses effets négatifs sur l'environnement, les gens doivent trouver des solutions pratiques pour exploiter ces déchets et limiter leur propagation. Là où nous avons rencontré plusieurs difficultés dues au manque de soutien financier, de moyens et de matériaux de fabrication, mais avec la volonté et la coopération nous avons pu fabriquer ce prototype à partir des moyens disponibles et ce qui la distingue des autres est sa programmation avec l'automate Siemens s7-1200.

Dans la première partie, nous avons mentionné quelques généralités sur la matière plastique et le recyclage.

Cela est suivi d'une étude sur des différentes machines de recyclage tels que la machine d'extrusion qui est l'axe de notre projet

La dernière étape du travail est consacrée aux réalisations de la machine de recyclage à partir de sa conception, construction et programmation.

Les perspectives des travaux qui peuvent être menées dans le même axe de ce travail :

- La réalisation de broyeur de déchets de plastique.
- La réalisation d'une machine de lavage
- Introduire des améliorations sur cette machine d'extrusion du côté de sécurité, d'enroulement du produit fini, le refroidissement du produit par des ventilateurs, et l'augmentation de la puissance du moteur.

BIBLIOGRAPHIE

ET

WEBOGRAPHIE

1. Plastisem. *LES FONDAMENTAUX DE LA CONCEPTION D'UNE PIÈCE POUR L'INJECTION PLASTIQUE*. France : Plastisem. p. 08.
2. RECYCLAGE, CERCLE NATIONAL DU. *LES EMBALLAGES PLASTIQUES: DE LA FABRICATION DE LA FABRICATION À LA VALORISATION*. FRANCE : s.n., AVRIL 1999.
3. *stringfixe*. [En ligne] [Citation : 10 06 2022.] https://stringfixer.com/fr/Blow_molding.
4. Le moulage plastique : définition, techniques et moules. site [unimoldasia](http://unimoldasia.com).
5. *anviplasturgie*. [En ligne] 10 06 2022. <https://blog.anviplasturgie.fr/quelles-sont-les-differentes-etapes-dun-cycle-de-rotomoulage>.
6. Dave Hakkens. *precious plastic Academy plastic basics*. *precious plastic*. [En ligne] [precious plastic](https://community.preciousplastic.com/academy/plastic/basics), 2016. [Citation : 16 04 2022.] <https://community.preciousplastic.com/academy/plastic/basics>.
7. Mimouni D. *Création d'une entreprise de Tri et de Recyclage de Plastique et d'Aluminium à Tlemcen*. Tlemcen : Master en génie industriel, génie productique: université Abou Bekr Bel Kaid, 2016. p. 111.
8. Wit W, Hamilton A, Scheer R, Stakes T et Allan S. *Pollution plastique : à qui la faute ? Identification des défaillances systémiques et présentation du scénario zéro plastique dans la nature en 2030*. 2019.
9. Mohammed, DERRAS. *Etude et conception d'un broyeur pour les matériaux plastiques*. 2020.
10. *Az procede*. [En ligne] [Citation : 07 05 2022.] https://www.azprocede.fr/Schema_GC/picture.php?/388/search/2626.
11. Adel, M. *Amélioration des caractéristiques techniques d'un broyeur pour les bouteilles en plastique*. 2013.
12. *L'extrusion des thermoplastiques*.
13. hammack, Bill. *Plastic Injection Molding*. [youtube]. [prod.] [engineerguy](http://engineerguy.com). [engineerguy](https://www.youtube.com/watch?v=RMjtmsr3CqA), 24 nov. 2015. <https://www.youtube.com/watch?v=RMjtmsr3CqA>.
14. BECHIR, SAADA. *MATIERE: CONCEPTION DE MOULE*. [En ligne] <https://1drv.ms/b/s!AkHIUiGntYorgR3W3p0loXDhT48A?e=qFrOo4>.
15. Bernie A. Olmsted, Martin E. Davis. *Practical injection Molding*. Caroline du Sud : Clemson University Clemson.

16. Kellou hadj ahmed, Alouani kacem. *Programmation et commande d'une presse d'injection Horizontale Marque HAITIAN type SA8000II par automate programmable industrielle*. Bordj Bou Arreridj : s.n., 2021.
17. Jerome, Linher. *INJECTION PLASTIQUE*. s.l. : Lycée Jules Haag.
18. *l'emballage écologique*. [En ligne] [Citation : 17 04 2022.]
<https://www.lemballageecologique.com/symboles-recyclage-emballages-plastiques/>.
19. MimouniD. *Création d'une entreprise de Tri et de Recyclage de Plastique et d'Aluminium à Tlemcen*. Master en génie industriel, génie productique. Tlemcen : université Abou Bekr Bel Kaid, 2016. p. 111, mémoire .
20. R.Nunn. *The reciprocating screws proces*. s.l. : injection Moulding Handbook , 1986.
21. Khadija, Mensi Syrine Mrabeti. *Rapport de Mini Projet : Etude d'un Broyeur de la matière plastique*. Sousse : Université de Sousse Institut Supérieur des Sciences Appliquées et de Technologie de Sousse, 2019.

Résumé

Ce modeste travail de fin d'études s'inscrit sous le cadre de recyclage de plastique, et plus précisément sur l'étude et la réalisation de la machine qui exécute une partie essentielle d'une unité de recyclage de plastique à savoir la machine d'extrusion.

Nous avons étudié le fonctionnement et la conception de la machine, et après avoir collecté les outils et les matériaux nécessaires à la construction de la machine et pour faciliter leur contrôle, nous avons connecté les entrées et les sorties au contrôleur Siemens S7-1200 et inclus un écran de supervision pour le contrôler et suivre les changements de température.

Enfin, nous obtenons le produit souhaité, qui est les filaments d'imprimante 3d.

Abstract

This modest end-of-studies work is part of the plastic recycling framework, and more specifically on the study and realization of the machine that executes an essential part of a plastic recycling unit namely the extrusion machine.

We studied the operation and design of the machine, and after collecting the tools and materials needed to build the machine and to facilitate their control, we connected the inputs and outputs to the Siemens S7-1200 controller and included a monitoring screen to control it and track temperature changes.

Finally, we get the desired product, which is the 3d printer filaments.

ملخص

يتمحور هذا العمل المتواضع لنهاية السنة الدراسية حول مجال رسكلة النفايات البلاستيكية وبشكل أدق حول دراسة وإنجاز الآلة التي تنفذ جزءا مهما من وحدة رسكلة البلاستيك ألا وهي آلة البثق. الآلة قمنا تطرقنا إلى دراسة كيفية عمل الآلة وتصميمها ثم قمنا بجمع الأدوات والعتاد اللازم لبنائها, ولتسهيل التحكم بهذه بربط المداخل والمخارج بالمتحكم سيمنس س7-1200 و أدرجنا شاشة للتحكم بها و متابعة تغيرات درجة الحرارة. في الأخير حصلنا على المنتج المرغوب فيه ألا و هو المادة الأولية للطابعة ثلاثية الأبعاد.