الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR**
**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITÉ YAHIA FARÈS DE MÉDÉA**

**FACULTÉ DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE**

**Département du Génie mécanique**

## Mémoire de Fin d'Études

**Présenté pour l'obtention du Diplôme**
**De Master en Génie mécanique**

***Option* : mécatronique**

## THÈME

# Conception d'un système vis-fourreau d'une machine d'injection plastique

**Préparé et présenté par,**

Mr. LAZIRI Ali

Mr. BENMOULOUD Mohamed

**Proposé et dirigé par,**

Pr. ABDELLAH ELHADJ Abdellah

**Année Universitaire 2016-2017**

# *Remerciements*

*Avant tous nous tenons à remercier " Allah ".*

*C'est un devoir bien agréable que de venir rendre hommage, au terme de ce travail, à ceux sans lesquels il n'aurait pas pu être réalisé. L'occasion nous est offerte de remercier ici, les personnes qui nous feront l'honneur de participer au jury chargé de juger ce travail.*

*Nous tenons tout particulièrement à exprimer notre profonde gratitude à notre*

*Encadreur Pr abdellah ELHADJ abdellah*

*pour son aide précieuse, son soutien et son professionnalisme. Veuillez agréer l'expression de nos sentiments les plus respectueux.*

*Nous adressons aussi notre plus vive reconnaissance à tous nos enseignants de*

*département de génie MECANIQUE pour la formation qu'ils nous ont donné pendant les cycles universitaires.*

*Nous ne manquerons pas de saluer tous ceux qui ont de près ou de loin participé à l'accomplissement de ce travail surtout farouk khlile chorfi*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail :*
*A mes très chers parents qui étaient présents pour moi durant toute ma vie.*
*A mes frères*
*A mes grandes mères.*
*A toute ma famille : laziri*
*A tous les professeurs et enseignants qui ont collaboré à ma formation depuis*
*Mon premier cycle d'étude jusqu'à la fin de mes études universitaires.*
*APr. Abdellah lhadj.*
*A tous ceux qui m'aiment et qui ont cru en moi .*
*A tous mes amis de classe e$^{eme}$ année master mécatronique et spécialement farouk khlil chorfi.*

*Ali*

## ملخص

العمل المنجز في المذكرة يتمحور حول انجاز تصميم نضام برغي غمد **لنموذج مصغر لآلة حقن** البلاستيك .
وقمنا في مايلي بتحاليل ديناميكية عن طريق **المبرمج** ANSYS



## الكلمات الرئيسية

**غمد برغي** , حقن البلاستيك, تصميم,**متمن**.



## RESUME:

Don ce travail on commence par la conception d'un systéme vis-fourraeu d'une mini-machine d'injection plastique.
En suit ,on fait l'annalyse statique et dynamique du systéme choisi par le logiciel ansys.



## Mots clés :

Vis-fourreau, injection plastique, conception, Ansys, Grafcet



## ABSTRACT :

This work begins with the design of a screw-feed system of a mini plastic injection machine. In the following, we perform the static and dynamic analysis of the system chosen by the ansys software.



## Keywords :

Screw-sheath, plastic injection, design, Ansys, Grafcet.

# *Sommaire*

## ***Chapitre I :****Introduction à L'injection plastique*


**I. Introduction** **11**
**I. 1. Principe de fonctionnement** **11**
**I. 2. Outillage** **13**

*I. 2.1. Fonction mise en forme ou empreinte* *13*
*I. 2.2 Fonction alimentation* *13*
*I. 2.2.1. Principe* *13*
*I. 2.2.2. Canaux d'alimentation* *14*
*I. 2.3.Fonction régulation* *14*
*I. 2.4. Fonction éjection* *14*
*I. 2.4.1. Éjecteurs* *15*
*I. 2.4.2. Plaques dévaliseuses* *15*
**I. 3. Écoulement du polymèresdans le moule** **15**
**I. 4. Défauts des pièces injectées** **16**

*I. 4.1. Retassures* *16*
*I.4.2.Jet libre* *17*
*I. 4.3.Cernes et sillons* *18*
*I. 4.4.Entrainement d'air* *19*
*I. 4.5. Sous-dosage et surdosage* *20*
*I. 4.6 .Bulles – effets fontaine* *21*
*I.4.7.Commutation précoce – commutation tardive* *21*
*I.4.8.Conséquence d'une commutation décalée* *21*
*I. 4.9. Défauts dimensionnels* *21*
*I. 4.10 .Matière humide avant transformation* *22*
*I. 4.11 .Incorporation d'éléments étrangers – mauvais mélangeage* *22*
**I. 5. Problèmes de démoulage** **23**

*I. 5.1. Défauts à l'éjection* *23*
*I. 5.2. La pièce reste coincée dans le moule – dégradation mécanique de la pièce* *23*
*I. 5.3. Tirage de fil* *24*


## ***Chapitre II:****La conception de la mini machine*


**II.1. partie mécanique**

II.1. 1. unité d'injection 27
*II.1. 1.1 .Buse* *29*
*II.1. 1.2. Fourreau* *29*
*II.1. 1.3. Trémie* *30*
II.1. 2. unité de plastification 31
*II.1.2.1.La vis* *31*
*II.1. 2.2. Le clapet anti-retour* *33*
*II.1.2. 3. le moule* *34*
II.1.3. Conception proposée 35
**II.2. partie électrique** **36**

*II.2.1. Vérin électrique* *36*
*II.2.2. les capteurs fins de course* *38*
*II.2.3. Les colliers chauffants* *39*
*II.2. 4. le moteur pas a pas* *41*

# *Sommaire*

## ***Chapitre III :****Etude du système vis-foureau*


**III.1. Introduction** **45**

**III.2. Le cycle de moulage par la mini-machine d'injection** **45**

**III.3. Le groupe de plastification** **47**

**III.4. Fonction du système vis fourreau au cours du dosage** **48**

**III.5. Fonctionnement du groupede plastification-injection au cours de l'injection dynamique** **50**

*III.5. 1. La phase dynamique d'injection* *50*

*III.5.1. 1. Le contrôle du mouvement de la vis-piston* *50*

*III.5.1.2. Laminimisation desfuitesde polymère vers l'arrière de la vis* *51*

*III.5.2. La phase quasi-statique d injection* *52*

**III.6. Rôle du niveau de la pression appliquée sur la vis d'injection lors de la phase quasi-statique** **52**

**III.7. Rôle de la durée de la phase quasi-statique** **52**

**III.8. Calcule** **53**

*III.8.1.Proposition dimensionnel et les capacitésmaximales de la mini machin* *53*

*III.8.2.Lacourse de dosage* *53*

*III.8.3.Pression d'injection* *55*

*III.8.4.La force d'injection* *55*

*III.8.4.Détermination de temps d'injection* *55*

*III.8.5.Détermination de temps de dosage* *55*

**III.9.Comment vérifier qu'un réglage a bien été réalisé dans le respect des règles** **56**

*III.9.1.Méthode de vérification du réglage d'injection* *56*

*III.9.2.Méthode de modification du réglage d'injection* *56*


## ***Chapitre IV :*** *Résultats et discussion*


**IV. Introduction** **59**

**IV.I. Formulation mathématique** **59**

IV.I.1.Ecoulement de fluide 60

IV.I.2.Dynamique de la structure 60

IV.I.3.Couplage 60

IV.I.3.1.Sens unique et bidirectionnel FSI 61

**IV.II. la structure transitoire** **64**

**IV.II.3** .La Géométrie 64

**IV.II.4** .Lemodele 65
**IV.II.5** .La configuration 66
**IV.II.6** .La résultat 67
**IV.III. Etapes d'utilisation CFX** **69**

IV.III.1.CFX 69
IV.III.2 .La Géométrie 70
IV.III.3.Le maillage 70
IV.III.4 .La configuration 71
IV.III.4.La solution 76
IV.III.5. les résultat 77

***Chapitre V :*** *La commande de la mini-machine*

**V.1. . L'automate programmable industriel S7-300 de SIEMENS** **82**

*V.1.1. Introduction* *82*
*V.1.2. Définition générale* *82*
*V.1.3. Architecture des automates programmables industriels* *83*
*V.1.4 .Structure interne des automates programmables* *83*
*V.1.4.1. Le processeur* *84*
*V.1.4.2 .Liaisons de communication* *84*
**V.2.. Présentation de la gamme SIMATIC de SIEMENS** **84**

*V.2. 1 .Création d'un projet STEP7 pas à pas* *85*
*V.2.2. Configuration du matériel* *87*
*V.2.3. Edition des programmes* *88*
*V.2.3.1. S7-GRAPH* *89*
*V.2. 3.2. Avantages De L'utilisation Du S7- Graph* *91*
**V.3. .Table des mnémoniques** **92**

*V.3.1. Table des mnémoniques de la mini-machine d'injection* *92*
*V.3.2. GRAFCET de la mini-machine* *93*
*V.3. 2.1. Etape 1 : démarrage* *93*
*V.3.2.2. Etape 2 : dosage* *93*
*V.3. 2.3. Etape 3 : injection* *93*
*V.3. 2. 4. Etape 4 : recule de vis d'injection* *94*
*V.3. 2.5. Etape 5 : refroidissement* *94*
*V.3. 2. 6. Etape 6 : fin de cycle* *94*
*V.3. 3. le GRAFCET globale de la mini-machine* *95*

# Chapitre. I

*Figure I. 1 : schéma de principe d'une presse à injecter* 11
*Figure I. 2 : schéma d'un cycle principal d'une presse à injecter* 12
*Figure I. 3 : schéma d'un moule* 13
*Figure I.4 : les canaux d'alimentations standards* 14
*Figure I.5 : système d'éjection* 15
*Figure I.6 : Vitesse et température du polymère lors de l'écoulement* 16
*Figure I.7 : retassures* 17
*Figure I.8 : jet libre* 18
*Figure I.9 : cernes st sillons* 19
*Figure I.10 : entrainement d'air* 20
*Figure I. 11 : tirage de fil* 24

# Chapitre. II

*Figure II.1 : la mini-machine d'injection plastique* 27
*Figure II.2 : unité d'injection* 28
*Figure II.3 : la buse* 29
*Figure II.4 : le fourreau* 30
*Figure II. 5 : trémie* 30
*Figure II.6 : Schéma d'une mono-vis avec trois zones* 31
*Figure II. 7 : la vis* 32
*Figure II.8 : clapie anti-retour* 33
*Figure II.9 : le moule* 34
*Figure II.10 : Conception proposée de la mini-machine* 35
*Figure II. 11 : vérin électrique utile* 36
*Figure II. 12 : structure d'un vérin électrique* 37
*Figure II. 13 : dimension de vérin électrique* 38
*Figure II. 14 : capteur de fin de course* 38
*Figure II. 15 : collier chauffant* 39
*Figure II. 16 : moteur pas a pas* 41
*Figure II. 17: Fonctionnement schématique d'un moteur pas à pas* 42

## Chapitre. III

*Figure III.1 : dosage* 45
*Figure III.2 :d'injection* 46
*Figure III.3 : compactage* 46
*Figure III.4 : refroidissement* 46
*Figure III.5 : l'éjection* 47
*Figure III.6 : Schéma d'un groupe de plastification* 48
*Figure III.7 : fonctionnement de la clape anti-retour de vis* 51
*Figure III.8 : Le moule* 53
*Figure III.9 : volume à doser* 53
*Figure III.10 : déplacement d'une vis* 54
*Figure III.11: Vérin électrique KLIA5* 55

## Chapitre. IV

*Figure IV-1 Flowchart pour les simulations multi-champs avec ANSYS* 62
*Figure IV-2 Séquence des points de synchronisation (référence ANSYS)* 64
*Figure IV-3 : importer le fichier de géométrie…* 65
*Figure IV-4 : visualisation la géométrie* 65
*Figure IV-5 : le maillage* 66
*Figure IV-6 : déplacement* 66
*Figure IV-7: support fixe* 67
*Figure IV-8 : vitesse de rotation* 67
*Figure IV-9 : Contrainte équivalente* 68
*Figure IV-10 : Déformation élastique équivalente* 68
*Figure IV-11 : CFX.* 69
*Figure IV-12 : géométrie* 70
*Figure IV-13: maillage* 70
*Figure IV-14: basic setting* 71
*Figure IV-15: Fluide Model* 72
*Figure IV-16: Basic setting* 72
*Figure IV-17: boundary Detaits Inlet* 73
*Figure IV-18: Basic setting* 73
*Figure IV-19: boundary Detaits outlet* 74
*Figure IV-20: Basic setting* 74
*Figure IV-21: Basic setting* 75
*Figure IV-22: Basic setting* 75
*Figure IV-23: Solver control* 76
*Figure IV-24: Solution* 77
*Figure IV-25: Evolution de la pression a) sur 8 cycles et b) sur 1 cycle* 78
*Figure IV-26: contour de pression palier 1* 78
*Figure IV-27: contour de vitesse* 78
*Figure IV-28: énergie de dissipation* 79
*Figure IV-29: les lignes de courant* 79

# Chapitre. V

*Figure V. 1 : l'automate programmable siemens* 83
*Figure V.2 : structure interne d'un API* 84
*Figure V.3 : Présentation de la gamme de SIMATIC* 85
*Figure V.4 : Création d'un nouveau projet* 85
*Figure V.5 : Station PC et PG/PC* 86
*Figure V.6 : Choix de la station de travail* 86
*Figure V.7 : Configuration du matériel* 87
*Figure V.8 : sélection des modules* 88
*Figure V.9 : Edition des mnémoniques* 88
*Figure V.10 : Edition d'un bloc fonctionnel avec S7-GRAPH* 89
*Figure V.11 : Edition du GRAPH* 90
*Figure V.12 : Edition des actions & transitions* 91
*Figure V.13 : étape 1 démarrage* 93
*Figure V.14 : étape 2 dosage* 93
*Figure V.15 : étape 3 injection* 93
*Figure V. 16 : étape 4 recule de la vis* 94
*Figure V. 17 : étape 3 refroidissement* 94
*Figure V. 18 : étape 4 fin de cycle* 94
*Figure V. 19 : Le GRAFCET globale de la mini-machine* 96

## Chapitre II

**Tableau II.1 :** caractéristique technique de vérin 37

## Chapitre V

**Tableau V.1 :** Les action dans le S7-GRAPH 90
**Tableau V.2** : table des mnémoniques 92

# Introduction générale

Cela fait plus d'un siècle que nous connaissons les matières plastiques, par apport à l'usage des cuivres et bronzes et d'autres métaux qu'ont 2500 ans avant notre ère. La culture plasturgie est moins connue par rapport à la culture métallurgique. En effet, l'apparition des premières matières plastiques est en 1860. Mais après la seconde guerre mondiale, on assiste à une véritable explosion de l'utilisation de cette matière et petit à petit elle a commencé de gagner le terrain.

Dans nos jours, on nage dans les matières plastiques qui proviennent de l'injection. Les produits en matière plastique sont très présents dans notre vie quotidienne, on les trouve partout autour de nous : bouteille d'eau, cafetière, ventilateur, emballages, stylo, règle, équerre, calculatrice, chaise, couverture, de livres, poubelle...

L'évolution rapide des technologies nouvelles a permis de contourner la plupart des difficultés rencontrées dans le monde industriel, et a fourni plusieurs possibilités pour satisfaire les exigences et les critères demandés tels que la productivité, la sécurité, l'optimisation des coûts de production et l'amélioration des conditions de travail.

L'automatisation des procédés industriels est actuellement l'un des axes où on fait appel, de plus en plus, aux technologies évoluées à mesure que les exigences du monde industriel ont aussi évolué. Parmi celles-ci, figurent les Automates Programmables Industriels (API), qui offrent la solution adaptée aux besoins exigés.

Le but de ce travail est l'amélioration de la conception d'une mini-machine réalisée dans le laboratoire LMP2M de l'université de Médéa dans le cadre des projets de fin d'étude :

1) **MENACER Sofiane, MOUSSI Abdallah**, *«Conception et Réalisation d'une Mini-Machine d'injection Plastique » projet de fins d'étude Université .yahia fares medea 2014-2015.*
2) **LOUNES Abdelaali,MEGHSEL Mohamed**, *Projet de Fin d'Etude « Réalisation de la commande d'une Mini-machine d'injection plastique »2015-2016*

Le présent travail est organisé comme suit :

- Le chapitre 1 présente une introduction détaillée sur l'injection plastique.
- Dans le deuxième chapitre, on présente la conception actuelle de la mini-machine d’injection plastique.
- Le chapitre 3 illustre le système vis-fourreau.
- Les résultats de l’analyse du système vis-fourreau sont présentés dans le chapitre 4.
- La commande de la machine avec l’incorporation d’un autre vérin est présenté dans le chapitre5.
- Finalement, on termine par une conclusion générale.

# Introduction à l'injection plastique

Chapitre I

## Sommaire

**I. Introduction** **11**
**I. 1. Principe de fonctionnement** **11**
**I. 2. Outillage** **13**

*I. 2.1. Fonction mise en forme ou empreinte* *13*
*I. 2.2 Fonction alimentation* *13*
*I. 2.2.1. Principe* *13*
*I. 2.2.2. Canaux d'alimentation* *14*
*I. 2.3.Fonction régulation* *14*
*I. 2.4. Fonction éjection* *14*
*I. 2.4.1. Éjecteurs* *15*
*I. 2.4.2. Plaques dévaliseuses* *15*
**I. 3. Écoulement du polymèresdans le moule** **15**
**I. 4. Défauts des pièces injectées** **16**

*I. 4.1. Retassures* *16*
*I.4.2.Jet libre* *17*
*I. 4.3.Cernes et sillons* *18*
*I. 4.4.Entrainement d'air* *19*
*I. 4.5. Sous-dosage et surdosage* *20*
*I. 4.6 .Bulles – effets fontaine* *21*
*I.4.7.Commutation précoce – commutation tardive* *21*
*I.4.8.Conséquence d'une commutation décalée* *21*
*I. 4.9. Défauts dimensionnels* *21*
*I. 4.10 .Matière humide avant transformation* *22*
*I. 4.11 .Incorporation d'éléments étrangers – mauvais mélangeage* *22*
**I. 5. Problèmes de démoulage** **23**

*I. 5.1. Défauts à l'éjection* *23*
*I. 5.2. La pièce reste coincée dans le moule – dégradation mécanique de la pièce* *23*
*I. 5.3. Tirage de fil* *24*

# 1. Introduction

L'injection plastique est l'un des procédés le mieux adapté à la production en série des pièces techniques. L'importance prise par ce procédé dans la production des pièces des géométries variables nous conduit vers l'étude des pièces injectées, la conception des outillages d'injection ainsi que leur mise en œuvre.

## I.1. Principe de fonctionnement [2] :

Ce procédé permet d'obtenir des pièces dont l'épaisseur est comprise entre 0,4 et 10 mm avec des géométries complexes.

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.

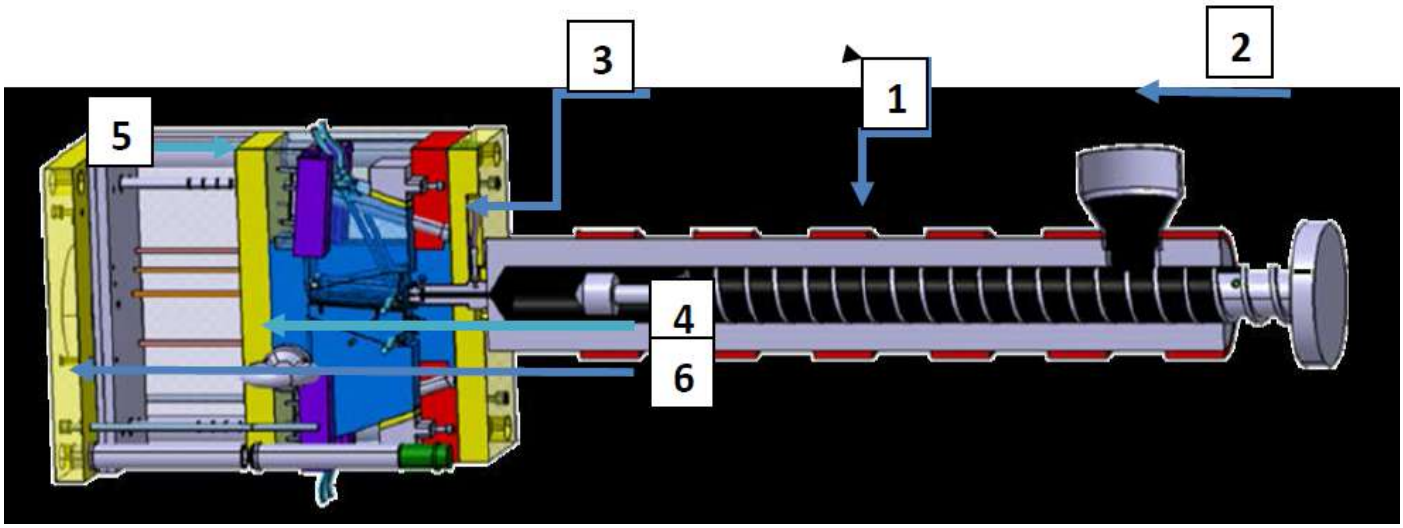



**Figure I. 1 :** schéma de principe d'une presse à injecter [2]

## Principe de l'injection [2] :

Légende :

1. Vis de plastification contrôlée par la presse
2. Trémie d'alimentation
3. Buse d'injection
4. Partie fixe du moule
5. Empreinte/pièce
6. Partie mobile du moule

1+2+3 = Cylindre de plastification (ensemble vis-fourreau). Les fonctions du système de plastification et d'injection consistent à fondre la matière plastique et à l'injecter dans le moule.
La presse contrôle la vitesse et la pression d'injection de la matière dans le moule.
Contrairement au moulage de pièces métalliques, le temps de cycle pour fabriquer une pièce en injection Dépasse rarement la minute, de plus le moule est constamment thermo régulé par un circuit de Refroidissement.

- Tout d'abord, l'empreinte du moule est remplie en moins d'une seconde pour les petites pièces (Touches de téléphones portables, presse-étoupe, …) et en quelques minutes pour les pièces de plus Gros volumes (dossier de chaise, pare-chocs de voiture, pièces de carrosserie, etc.).
- Ensuite vient la phase de maintien ou de compactage durant laquelle la presse met l'empreinte sous Pression en injectant plus de matières afin de combler le retrait du plastique.
- Pour finir les pièces sont extraies par une batterie d'éjection.

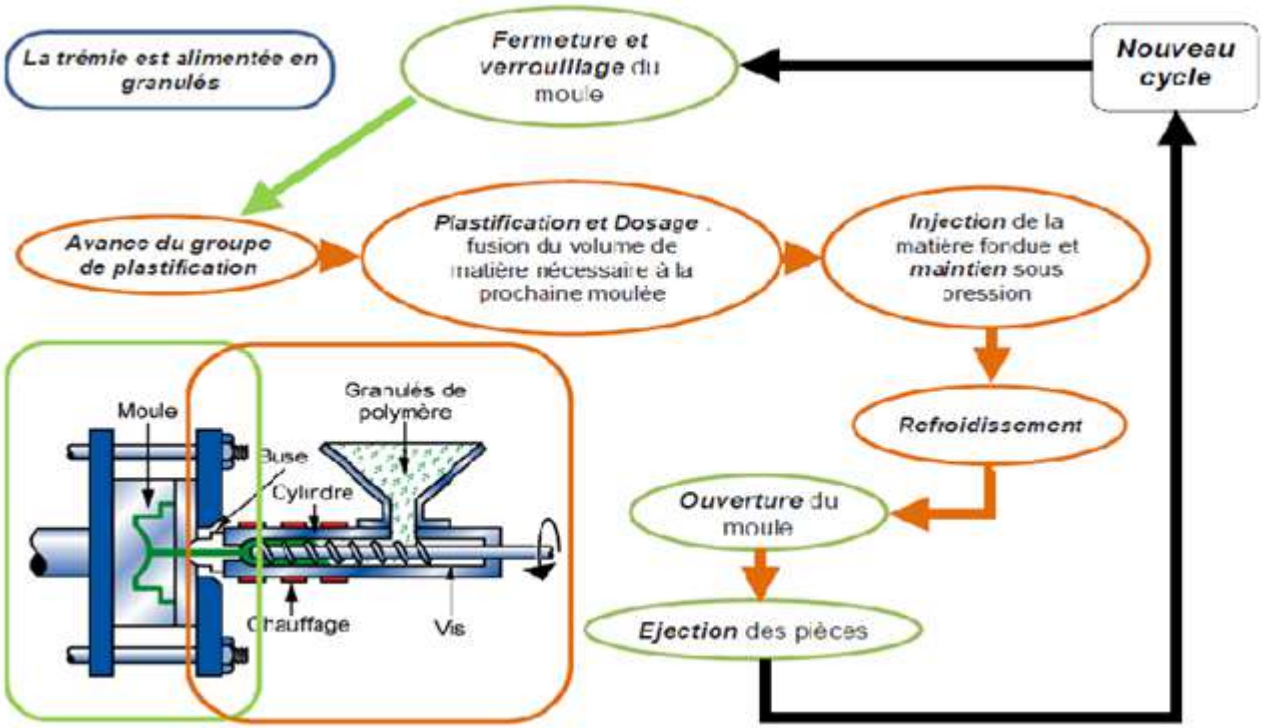



**Figure I. 2 :** cycle d'une presse à injecter [4]

## I.2. Outillage [2]

L'outillage ou moule, est en général constitué d'une partie fixe fixée sur la presse, d'une partie mobile Qui va se déplacer pour pouvoir libérer la pièce une fois refroidie et d'un système d'éjection chargé de Pousser la pièce en dehors du moule.

Un moule doit remplir plusieurs fonctions :

- Fonction mise en forme ;
- Fonction alimentation ;
- Fonction refroidissement de la pièce ;
- Fonction éjection ;

### I.2.1 Fonction mise en forme ou empreinte

Dans un moule d'injection, le nombre d'empreintes est généralement un nombre pair (en dehors des Moules mono-empreinte) ceci est fait pour des raisons d'équilibrage de remplissage.

Le choix du nombre dépend essentiellement de la quantité à produire afin de vie du moule.

La forme de la pièce se fait par l'empreinte qui se répartit entre les deux parties (fixe et mobile) dumoule et d'autres éléments auxiliaires tel que (tiroirs - cales montantes - noyaux) dans le but de faire desformes en contre dépouilles (des formes qui ne se démoulent pas dans le même axe d'ouverture du moule)

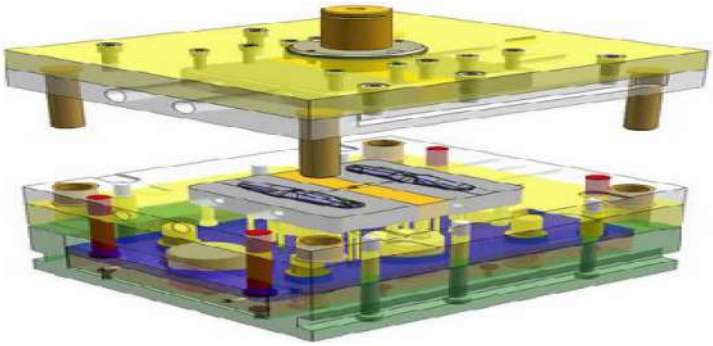


**Figure I. 3 :** schéma d'un moule [2]

### I.2.2. Fonction alimentation

#### I.2.2.1. Principe

La fonction alimentation a pour but de transférer la matière plastifiée du fourreau de la presse, vers l'empreinte du moule. Au cours de ce cheminement, la matière est soumise à différentes contraintes en Passant par :

- La buse d'injection ;
- Le reçu de buse du moule ;

- Les canaux d'alimentations ;
- Les points d'injection ;
- Les formes de la pièce.

### I.2.2.2. Canaux d'alimentation

Il existe deux grands types de canaux d'alimentation :

- Les canaux d'alimentations standards : Ils sont placés directement dans la plaque du moule et

Doivent être démoulés comme la pièce après chaque injection.

- Alimentation sans déchets ou canaux chauds : Ils doivent conduire la matière moulée dans

L'empreinte sans déperdition de chaleur. Ils sont chauffés séparément de l'outillage (entre180 °C Et 300 °C suivant la matière injectée). Techniquement il faut donc isoler le canal du reste De l'outillage dont la température est nettement inférieure. La matière du canal n'est pas perdue.

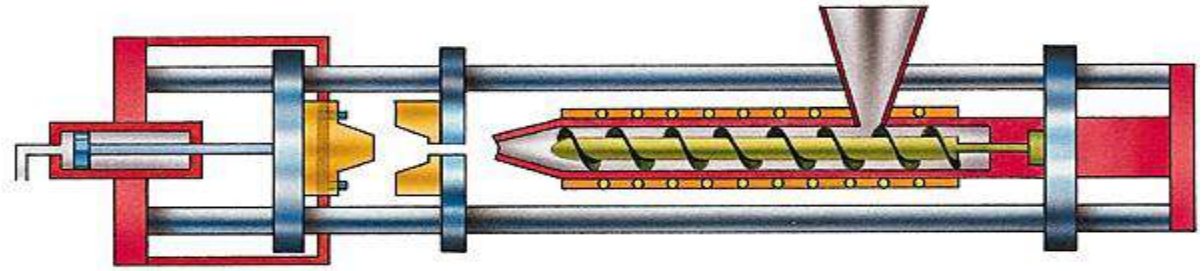


**Figure I.4 :** les canaux d'alimentations standards [2]

### I.2.3. Fonction régulation

La régulation de la température de l'outillage se fait à travers un liquide caloporteur qui peut être **:**

**1.** l'eau pour des températures faibles (eau à 15 °C) ;

**2**. l'huile pour des températures atteignant 250 °C ou l'eau pressurisée pour des températures de 100 °C à 180 °C.

Ce liquide est envoyé à travers des canaux percés dans la carcasse de l'outillage et les empreintes en Utilisant un thermorégulateur.

### I.2.4. Fonction éjection [2]

La plupart des pièces réalisées par injection plastique resteraient dans le moule après son ouverture et ne Seraient pas évacuées sous l'effet de la gravité seule si aucun système d'éjection n'existait.

Plusieurs systèmes ont donc été conçus afin d'aider l'extraction de la pièce à l'ouverture du moule :

### I.2.4.1. Éjecteurs

Les éjecteurs sont des barres métalliques cylindriques pleines (parfois creuses) qui, lors de l'ouverture

Du moule, viennent pousser la pièce plastique pour l'extraire du moule. Il s'agit de la technique D'éjection la plus utilisée car elle peut s'appliquer à quasiment toutes les pièces plastiques. Les traces Des éjecteurs sont souvent visibles sur la pièce et sont considérées comme « inesthétiques ». Les Concepteurs de pièces injectées s'arrangent alors pour que ces traces d'éjecteurs se situent sur la partie Cachée de la pièce plastique lors de son utilisation.

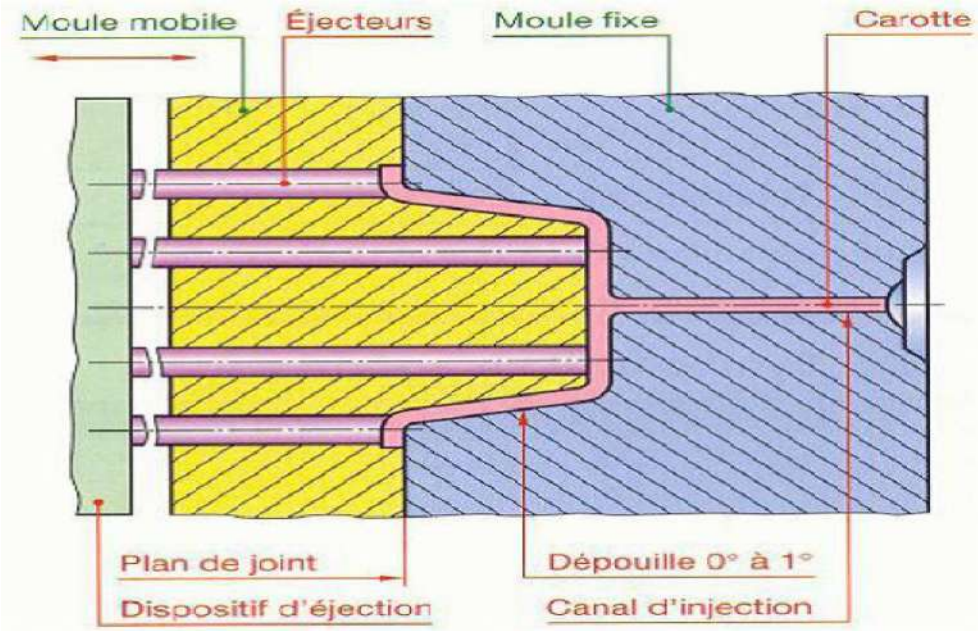



**Figure I.5 :** système d'éjection [2]

### I.2.4.2.Plaques dévêtisseuse

La fonction de la plaque dévétisseuse est la même que celle des éjecteurs. Il s'agit d'une plaque qui va Venir pousser sur les bords d'une pièce. Ces bords doivent donc se situer dans un même plan.
L'avantage principal d'une plaque dévétisseuse est le fait qu'aucune marque n'est réellement visible sur La pièce finie.

## I.3. Écoulement du polymère dans le moule [3] :

L'étude de l'écoulement du polymère dans l'empreinte du moule regroupe énormément de phénomènes. Pendant l'injection, le phénomène est non isotherme. La vitesse du fluide le long des parois est souvent considérée nulle [10]. Il se forme une gaine froide de matière solide qui amène la partie centrale de la veine à s'expansée pour remplir la section et continuer à s'écouler. Le débit de

polymère fondu se fait principalement entre ces gaines.

La figure (I.6) montre l'évolution de la vitesse et de la température du polymère lors de l'écoulement dans l'empreinte. La forte variation de température s'explique par la mauvaise conductivité thermique des polymères et la durée très courte de cette phase du cycle. Les variations de vitesse sont importantes. De plus, le cisaillement près de la paroi provoque un échauffement local du fluide.

Au cours de la phase suivante de compactage, le débit dans la cavité est relativement faible. La vitesse d'écoulement varie peu entre le centre et les parois. La pièce se solidifie au cours de la phase de refroidissement. Dès que ses propriétés mécaniques permettent de procéder à l'éjection sans altérer la pièce, celle-ci est éjectée et refroidit à l'air libre.

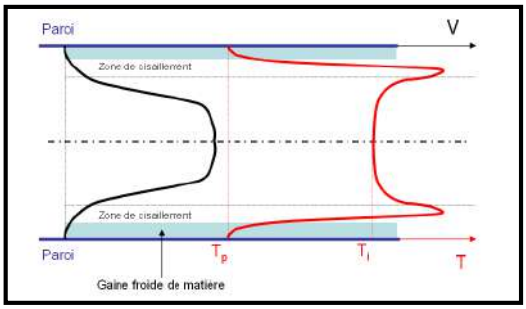



**Figure I.6 :** Vitesse et température du polymère lors de l'écoulement pendant la phase d'injection [3]

Cette présentation rapide montre que la physique et par conséquent la modélisation de l'écoulement du polymère au cours du cycle dans la cavité est très complexe et nécessite de prendre en compte les changements d'état, les phénomènes de cisaillement, de rhéologie non-newtonienne, ... Cette complexité rend impossible l'intégration de ces phénomènes dans le modèle pour calculer le chargement sur la surface du moule.

Le polymère restant une condition aux limites sur la surface. Il est représenté par des champs de contraintes normales et tangentielles et un flux thermique à la surface.

## I.4. Défauts des pièces injectées [2]

### I.4.1. Retassures

Les retassures sont dans leur grosse majorité des défauts de surface caractérisés par un affaissement de
La matière, parmi elles :

- Les retassures localisées : au voisinage de zones avec fortes variations d'épaisseurs (nervures) ;
- Les retassures en osselets : le retrait de matière s'effectue sur une grande surface, de façon à se Décoller de la paroi par pellicules (sauf sur les bords).

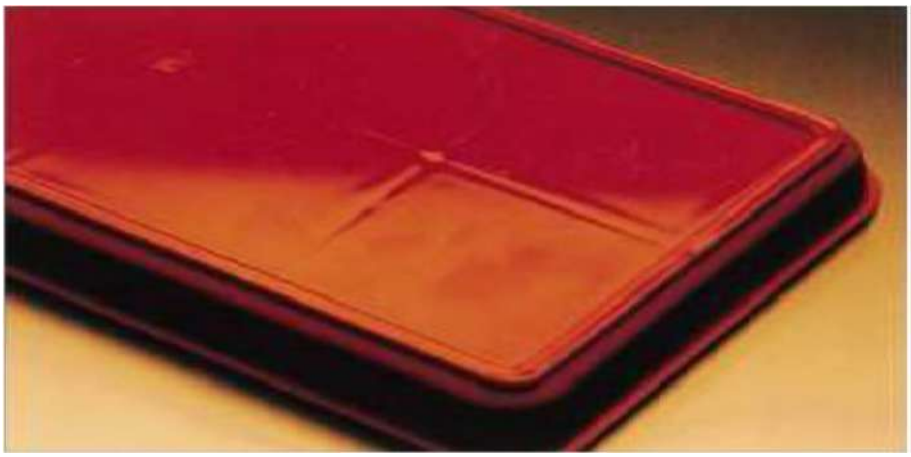


**Figure I.7 : retassures** [1]

## Mécanismes de formation :

Après le remplissage de l'empreinte, la matière chaude se rétracte (le retrait dépend de la Matrice polymère utilisée, et des charges présentes La pression de maintien appliquée pour compenser Ce retrait ne joue pas son rôle.
Causes possibles :

- La pression de maintien est insuffisante, ce qui rend possible un retrait de la matière.
- La vitesse d'injection est trop rapide, ce qui rend difficile le remplissage et rend ineffectif le.
- La matière est déjà solidifiée au niveau du seuil ce qui entraine des difficultés pour le maintien.
- Les paramètres choisis accentuent le retrait.

## Actions correctives :

- Renforcer la pression de maintien.
- Baisser la vitesse d'injection et augmenter la température de la matière pour faciliter le remplissage.
- Améliorer la conception du moule (éviter les variations d'épaisseurs des pièces, placement du seuil D'injection).
- Augmenter la température du moule et diminuer la température de la matière (homogène).

## I.4.2. Jet libre

## Mécanismes de formation :

La matière sort du seuil d'injection à la façon d'un jet d'eau à la sortie d'un tuyau d'arrosage. Le remplissage de l'empreinte se fait en mode turbulent, avec une décompression brutale en sortie de seuil.



**Figure I.8 : jet libre**[1]

## Causes possibles :

- Mauvaise conception du moule : seuil d'injection mal positionné (ou mal dimensionné) ;
- Matière trop visqueuse ;
- Pression au niveau de seuil trop importante.

## Actions correctives :

- Améliorer la conception du moule (augmenter la section du seuil) ;
- Augmenter la température de la matière ;
- Injection lente au début, puis plus rapide ;
- Injecter face à une paroi du moule pour casser le jet libre.

## I.4.3. Cernes et sillons

## Description :

- Les cernes, ou effet fleur sont des sillons concentriques mats autour du seuil d'injection ;
- Les sillons, ou effets stick-slip sont concentriques et plus ou moins creusés autour du seuil D'injection, ou dans les zones de faible épaisseur.
- Le phénomène de stick-slip (signifie "collé-glissé") est un mouvement saccadé parfois observé lors du glissement relatif de deux objets

## Mécanisme de formation :

Le flux de matière pulse dans le moule, car il avance trop lentement. Le défaut est en général plus Courant dans les matières amorphes, plus visqueuses à chaud. Attention, chaque matière plastique se

Comporte différemment (semi-cristalline : polyamide, polyéthylène, polypropylène ; amorphe : Polycarbonate, polystyrène, poly méthacrylate de méthyle (PMMA), poly (téréphtalate d'éthylène) (PET) pour bouteilles en plastique). Les polycarbonates, poly (téréphtalate de butylène), polyamide, Polypropylène sont utilisés dans la fabrication des réflecteurs (phares automobiles).

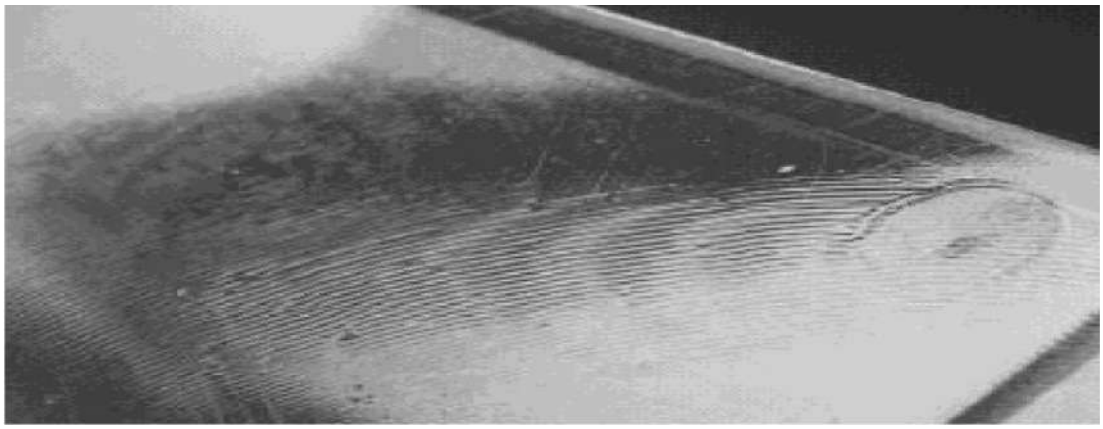


**Figure I.9 :** cernes st sillons [1]

## Causes possibles :

- Mauvaise introduction de la matière injectée ;
- Mauvaise température matière ;
- Mauvaise conception du moule.

## Actions correctives :

- Augmenter les vitesses d'injection ;
- Adapter les flux de matière (remplissage régulier) ;
- Augmenter la température de la matière ;
- Augmenter la température de l'outillage ;
- Augmenter l'épaisseur des pièces.

## I.4.4. Entrainement d'air

## Causes possibles :

L'air inclus peut provenir :

- D'une mauvaise plastification lors du dosage ;
- D'une mauvaise conception du moule (aspérités, rayures, renforcements, etc.).

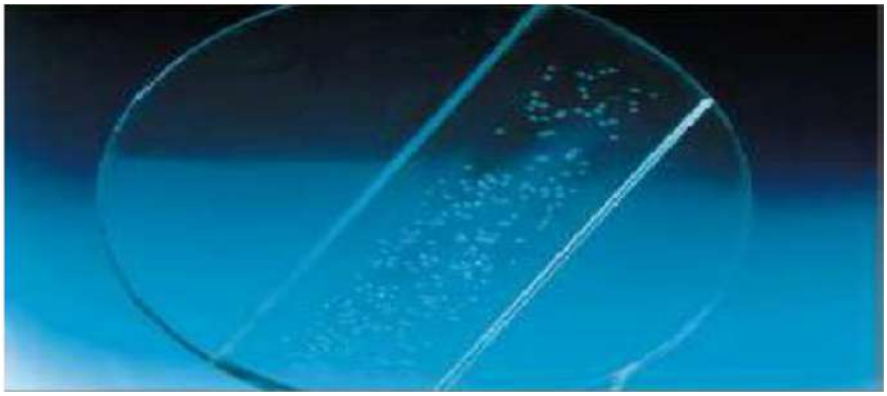


**Figure I.10 : entrainement d'air** [1]

## Actions correctives :

- Vérifier la qualité de la vis, choisir une unité de plastification adapté au volume de la matière ;
- Augmenter la contrepression de la vis lors du dosage (freiner le recul de la vis) ;
- Limiter la phase de décompression de la matière après dosage (diminuer la course de Décompression) ;
- Améliorer la conception du moule permettant l'évacuation de l'air ;
- Utiliser un équipement de « sous-vide / *vacuum* » afin d'extraire l'air / gaz présents dans le moule Avant l'injection.

### I.4.5. Sous-dosage et surdosage

Description des défauts engendrés et mécanisme de formation :

- En cas de sous-dosage la pièce obtenue est incomplète ;
- Pour un surdosage, l'excès de matière se traduira par des bavures (pouvant boucher jusqu'aux Éjecteurs), un sur compactage (contraintes internes, cassures, déformations.

## Causes possibles :

- Quantité de matière injectée insuffisante ou trop importante ;
- Matelas de matière instable ou nul ;
- Clapet anti-retour de la vis de plastification usé ou cassé.

## Actions correctives :

- Diminuer ou augmenter le dosage de matière ;
- Vérifier que le matelas de matière en fin d'injection est constant ;
- Changer le clapet anti-retour de la vis de plastification.

## I.4.6. Bulles – effets fontaine

Mécanisme de formation :

Surtout pour les pièces de forte épaisseur, le remplissage se fait par couches successives. La matière Solidifiée en dernier se trouve à cœur, donc il peut y avoir formation de bulles (et être assimilées à des Retassures).

## Actions correctives:

Augmenter la vitesse d'injection.

## I.4.7. Commutation précoce – commutation tardive

Description de défauts engendrés par une commutation trop précoce :

Il existe une série de défauts déjà traités :

- Pièce incomplète ;
- Présence de contraintes internes (cassures, déformations) ;
- Mauvaises lignes de soudure ;
- Écaillage (matière déjà refroidi déplacée par de la matière chaude) alternance de zones mate et zones brillantes ;
- Taches mates (matière déjà refroidie déplacée par de la matière chaude) zone satinée/mate ;
- Défauts de cristallisation en forme de doigt (alternance de zones de refroidissement lente et rapide due à une différence de cristallinité) accentués par un maintien trop faible et une température démoule trop élevée.

## Actions correctives :

- Déplacer le point de commutation (passage de la phase injection à la phase maintien).

## I.4.8. Conséquence d'une commutation décalée

Une commutation tardive est assimilée à un surdosage. En cas de commutation précoce, on réalise un Sous-dosage compensé par la pression de maintien. Mais la matière plus refroidie sera moins Homogène.

## I.4.9. Défauts dimensionnels

## Actions correctives :

Pour des précisions dimensionnelles fines, il faut :

- Une régulation en température précise du moule ;
- Un moule très rigide ;

- Éviter les contraintes internes ;
- Une bonne prévision du retrait ;
- Surface de l'empreinte de grande qualité (rayure, corrosion, abrasion, etc.).

### I.4.10. Matière humide avant transformation

Selon la quantité d'humidité, le défaut a plusieurs aspects :

- Givrage (microbulles forment des stries blanches en touffes) ;
- Taches blanches (imperfection de surface ressemblant à de la moisissure) ;
- Petites bulles (bulles dans la matière, aspect mousseux).

### Mécanisme de formation :

- L'humidité présente dans la matière se transforme en vapeur d'eau lors du chauffage dans le fourreau et s'évacue sous forme de bulles de gaz.

### Causes possibles :

- La matière transformée a absorbé l'humidité.

### Actions correctives :

- Étuver la matière avant transformation,
- Mettre en place des trémies des cicatrices.

Pour certaines matières plastiques, obtenues par polycondensation, la reprise d'humidité avant injection Peut avoir de lourdes conséquences sur les propriétés mécaniques de la pièce finie. En effet, sous l'effet De la chaleur, l'humidité présente dans la matière va se transformer en vapeur d'eau. Celle-ci va produire Une hydrolyse sur les chaines macromoléculaires et briser certaines liaisons chimiques, rendant ainsi le Matériau plus fragile. Ce phénomène est facilement observable sur les poly butylènes téréphtalate(PBT).

### I.4.11. Incorporation d'éléments étrangers – mauvais mélangeage

Description des défauts :

- D'élamination (perte de lamelles) ou exfolions (pellicules) ;
- Marbrures (mauvaise homogénéisation des couleurs) ;
- Présence de corps métalliques : signe d'une détérioration de la vis/outillages.

### Causes possibles :

- Alimentation matière polluée (poussière, métal) ;
- Outillage dégradé ;
- Mauvaise plastification.

### Actions correctives :

- Incorporer une grille magnétique à la trémie ;
- Éviter les mélanges ;
- Adapter les paramètres de plastification à la matière.

## I.5. Problèmes de démoulage

### I.5.1. Défauts à l'éjection

- Déformations.
- Les éjecteurs transpercent la pièce au moment de l'éjection.

### Causes possibles :

- Température matière trop importante au moment de l'éjection ;
- Pression interne trop élevée ;
- Mauvaise taille/disposition des éjecteurs.

### Actions correctives :

- Augmenter le temps de refroidissement ;
- Adapter le profil des vitesses d'injection ;
- Adapter la vitesse des éjecteurs ;
- Baisser la température du moule ;
- Vérifier que les éjecteurs soient correctement montés.

### I.5.2. La pièce reste coincée dans le moule – dégradation mécanique de la pièce

### Dégradations irréversibles :

- Cassures ;
- Rainures ;
- Fissures.

## Causes possibles / correction :

- Pression interne trop élevée ;
- La pièce reste coincée sur ses parois externes : l'éjection est trop précoce ;
- La pièce reste coincée sur ses parois internes : l'éjection est trop tardive ;
- Manque de dépouille sur la pièce moulée.

## I.5.3. Tirage de fil

## Description :

- Un long fil de matière sort de la buse jusque vers la carotte, ce qui gêne l'éjection (la carotte reste Accrochée).

## Causes possibles / correction :

- La matière restée dans la buse au moment de démoulage est trop chaude ou trop comprimée.



**Figure I. 11 : tirage de fil**[1]

# *Bibliographie*

**[1]MENACER Sofiane., MOUSSI Abdallah**.,*« Conception et Réalisation d'une Mini-Machine d'injection Plastique » projet de fins d'étude Université Dr Yahia farés Média 2014-2015.*

**[2] LOUNES Abdelaali,MEGHSEL Mohamed**, *Projet de Fin d'Etude « Réalisation de la commande d'une Mini-machine d'injection plastique »2015-2016*

**[3]Mr. CHABANE Fouad.,***« contributionà la modélisation de transfert de chaleur lord du remplissaged'un moule» projet de fins d'étude Université de Batna, 2009*

**[4] Fiche de Connaissances** « Injection *InnovationTechnologiqueetEcoConception »*

# *La conception d'une mini-machine d'injection plastique*

**Chapitre II**

## Sommaire

**II.1. partie mécanique**

II.1. 1. unité d'injection 27
*II.1. 1.1 .Buse* *29*
*II.1. 1.2. Fourreau* *29*
*II.1. 1.3. Trémie* *30*
II.1. 2. unité de plastification 31
*II.1.2.1.La vis* *31*
*II.1. 2.2. Le clapet anti-retour* *33*
*II.1.2. 3. le moule* *34*
II.1.3. Conception proposée 35
**II.2. partie électrique** **36**

*II.2.1. Vérin électrique* *36*
*II.2.2. les capteurs fins de course* *38*
*II.2.3. Les colliers chauffants* *39*
*II.2. 4. le moteur pas a pas* *41*

Dans ce chapitre, on présentera les différents éléments de la mini-machine d'injection du laboratoire LMP2M de l'université de Médéa. Nous essayons de proposer une nouvelle conception afin de réduire les problèmes et les défauts dans la conception actuelle de la machine. Dans la première partie, on s'intéresse à la partie mécanique. On termine par la conception de la commande dans la deuxième partie.

# partie.1. Mécanique

## II.1. Introduction

Notre mini- machine est une presse horizontale ; elle est fermeture a genouillère avec verrouillage et déverrouillage électrique du moule, le moule est actionné par des vérins et l'éjection est également assurée mécaniquement par un éjecteur, et aussi les composants indispensable dans notre mécanisme



**Figure II.1 :** la mini-machine d'injection plastique [1]

La partie mécanique consiste sur trois unités indispensables on les sites brièvement :

### II.1.1. unité d'injection [1]:

Le groupe d'injection comprend l'unité de plastification, le groupe d'entraînement de la vis et les éléments additionnels, comme dispositif de commande de la buse.

Toutes ces unités sont montées sur un glissoir. Celui-ci est guidé par des colonnes. Pour les paliers

des coussinets demandant peu d'entretien sont utilisés. On Obtient ainsi un guidage du groupe d'injection précis, robuste et avec très peu d'entretien. Les colonnes de guidage doivent être légèrement huilées seulement après le nettoyage hebdomadaire. Le glissoir peut être déplacé axialement à l'aide de deux vérins d'appui hydrauliques latéraux. Ces vérins produisent également la force, avec laquelle la buse est pressée contre le moule. unité d'Injection (Groupe de plastification)

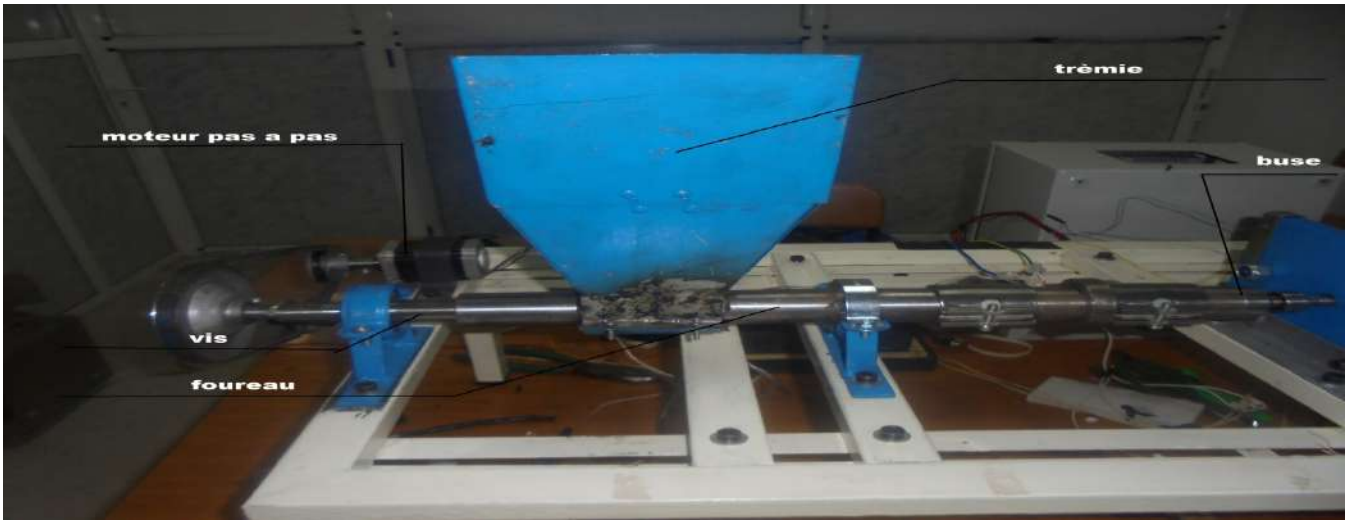



**Figure II.2 :** unité d'injection [1]

## Son rôle :

L'unité d'injection assure les tâches suivantes :

- Recevoir la matière première
- Plastifier d'une manière homogène une quantité de matière solide
- Etablir le contact entre l'outillage et l'unité d'injection
- Injecter la matière plastifiée dans l'outillage dans des conditions prédéfinies

L'unité d'injection à pour but, d'amener un matériau, sous forme de granulés ou de poudre à température ambiante, à un mélange pâteux et homogène à la température de transformation et transporter une certaine quantité de matière devant la vis d'injection.

### II.1.1.1. Buse :

La buse permet le contact entre le groupe d'injection et le groupe d'ouverture /fermeture

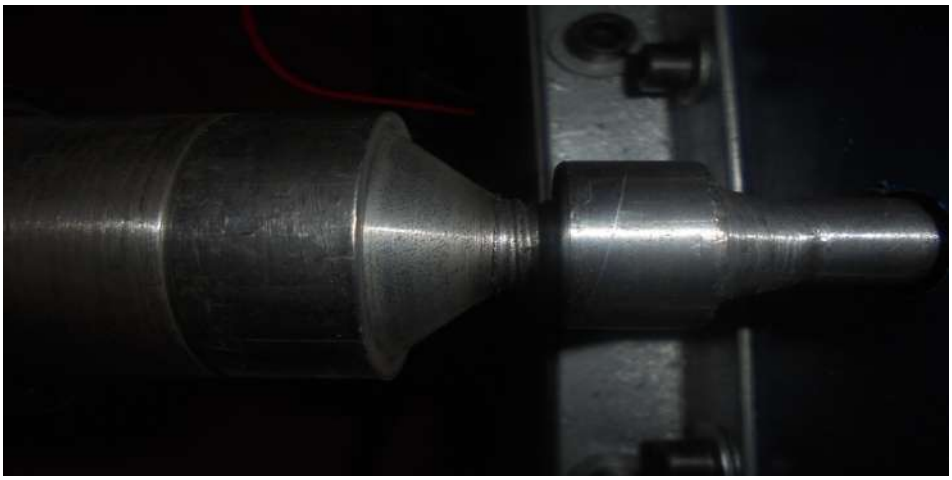


**Figure II. 3** : la buse

Une buse de presse doit assurer un contact étanche avec le moule durant l'injection, malgré les fortes pressions mises en œuvre. La force d'appui buse-moule doit être assez élevée et s'exerce sur des portées sphériques ou tronconiques, rarement planes. Et elle présente une surface de contact aussi réduite que possible avec le moule, celui-ci pouvant provoquer la formation d'un bouchon de matière solide.

Cela exige, pour bénéficier d'une bonne tenue mécanique, une surface de contact buse-moule dure. Sur une buse courte, l'apport de chaleur par conductibilité, provenant du cylindre de plastification , suffit en général pour maintenir une température de buse satisfaisante. Dans l'éventualité de buses longues il faut prévoir un chauffage d'appoint par résistances électriques. Comme elle présente aussi un diamètre de trou de sortie variable selon le volume de matière à débiter lors de chaque injection, et aussi avec la nature de cette matière; plus elle est visqueuse à la température de moulage, plus la pièce moulée est importante, et plus grand doit être l'orifice de buse .Lorsque la buse quitte le contact du moule, il ne doit pas y avoir écoulement de matière plastique à l'air libre malgré une certaine détente du volume en fusion non refoulé dans le moule. On élimine de plus en plus ce risque en prévoyant un léger recul de lavis par rapport au cylindre, après suppression du contact buse-moule; l'expansion du plastique se fait alors vers l'intérieur du cylindre, c'est ce que l'on appelle la succion

### II.1.1.2. Fourreau

Le fourreau est la pièce qui entoure la vis d'injection

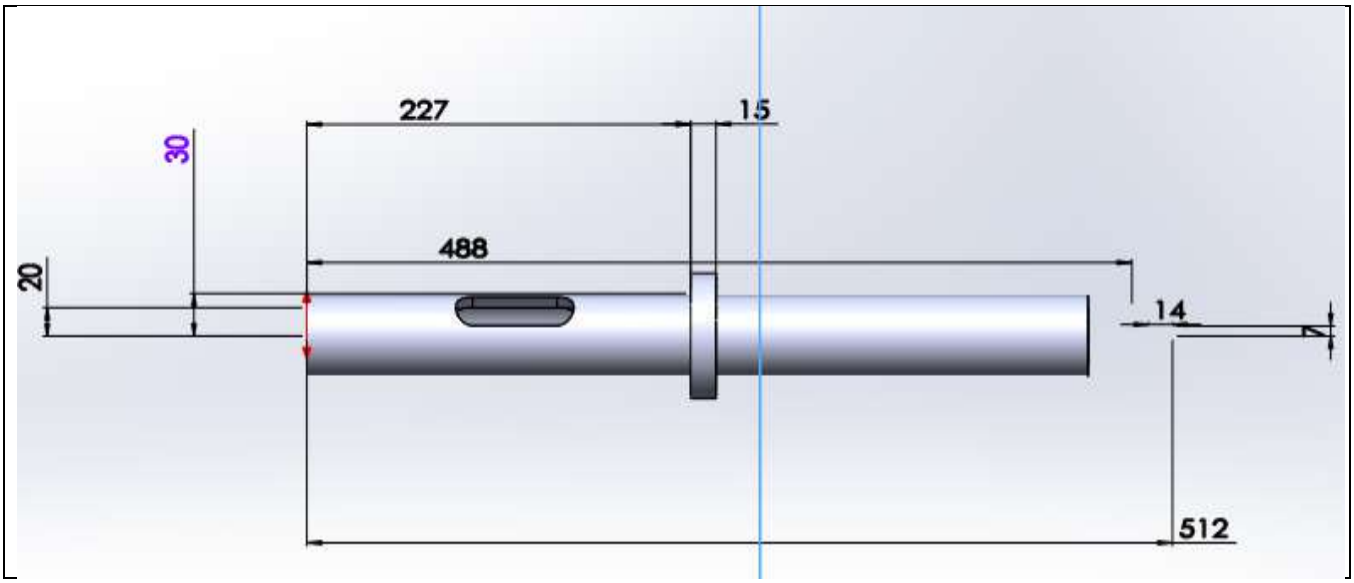



**Figure II.4 :** le fourreau

## Caractéristique

- Acier allie
- Masse:2.55449kg
- Volume:0.0000331752m^3
- Epaisseur : 12 mm
- Masse volumique:7700kg/m^3
- Poids : 25.034 N

## II.1.1.3.Trémie :

La trémie est l'endroit ou est placé les granulés de matière plastique.

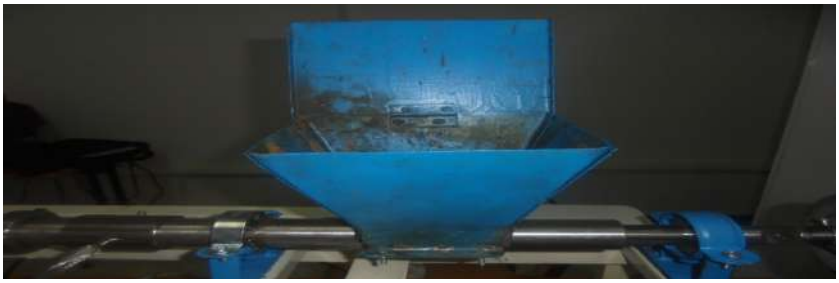


**Figure II.5 :** trémie

## II.1.2. unité de plastification [4]

### II.1.2.1. La vis :

Le fourreau du système de plastification présente souvent une géométrie simple. La vis est par contre très sophistiquée. Elle peut être constituée d'éléments de forme très variée. Neal moins, nous pouvons généralement distinguer trois zones successives. Chaque zone a une longueur définie par un nombre donné de diamètres.

La mono vis standard d'injection comprend en général trois zones (Cf. Figure 3)

- **Une zone d'alimentation :** dans laquelle les granulés de polymère sont convoyés et compactés dans le chenal de la vis. C'est ici que la profondeur du chenal est la plus grande, et elle reste constante.
- **Une zone de compression :** de forme tronconique, les granulés vont y être progressivement fondus par action conjuguée des colliers chauffants et du cisaillement de la matière. La profondeur du chenal diminue progressivement pour atteindre sa valeur minimale en zone de pompage.
- **Une zone de pompage :** dans cette dernière partie la profondeur demeure constant, le polymère est mis en pression et s'homogénéise.

Les deux premières zones d'une vis permettent de plastifier la matière.

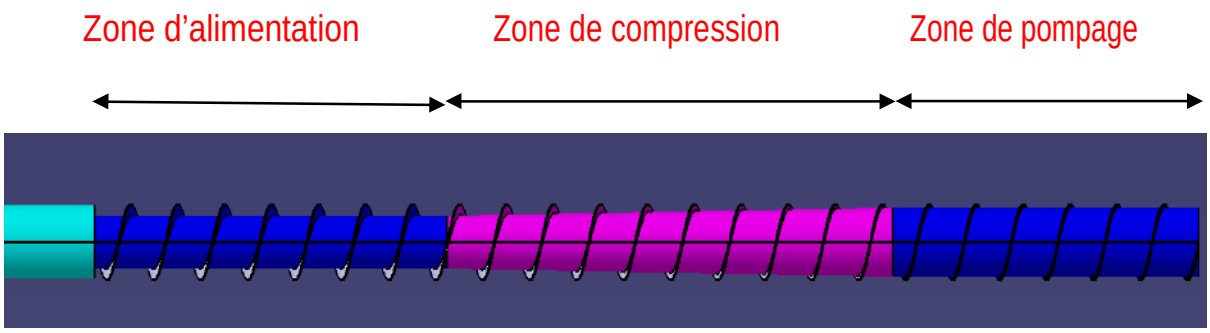
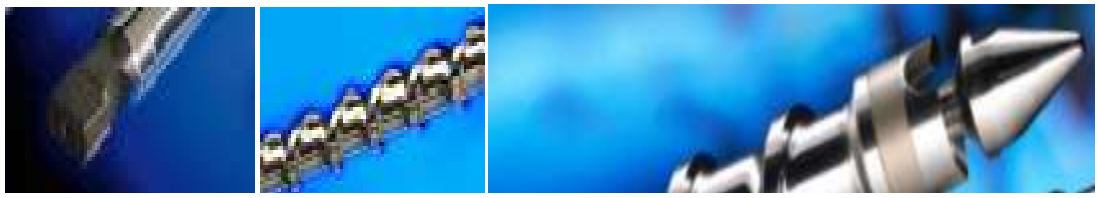



**Figure II.6** *: Schéma d'une mono-vis avec trois zones [4]*

Les différents paramètres permettant de caractériser une vis sont :

- **La longueur de la vis :** une vis est généralement définie par le rapport entre sa longueur fixée (L) et son diamètre nominal (D). En général ce rapport oscille autour de 20L/D. Les vis d'injection sont plus courtes qu'en extrusion (30/35D).

- **La profondeur du chenal :** une vis relativement profonde permet d'avoir une capacité de convoyage importante et réduit le cisaillement dans la matière, géométrie souhaitée pour les polymères sensibles à ce paramètre. Cependant, la vis serait plus sensible à la contre-pression.
- **Le taux de compression :** c'est le rapport entre la profondeur du chenal dans la zone d'alimentation et celle de la zone de pompage. Il varie entre 2 et 4 pour la majorité des vis industrielles. Une vis avec un faible taux de compression convient aux matières dont la plastification est aisée, comme les matières visqueuses, et inversement.
- **Pas de la vis :** la plupart des vis d'injection utilisent un pas « carré », ce qui signifie que le pas de l'hélice est égal au diamètre de la vis. Ce pas est proche de l'optimum pour le convoyage solide, mais peut être plus grand pour la partie fondue [2].



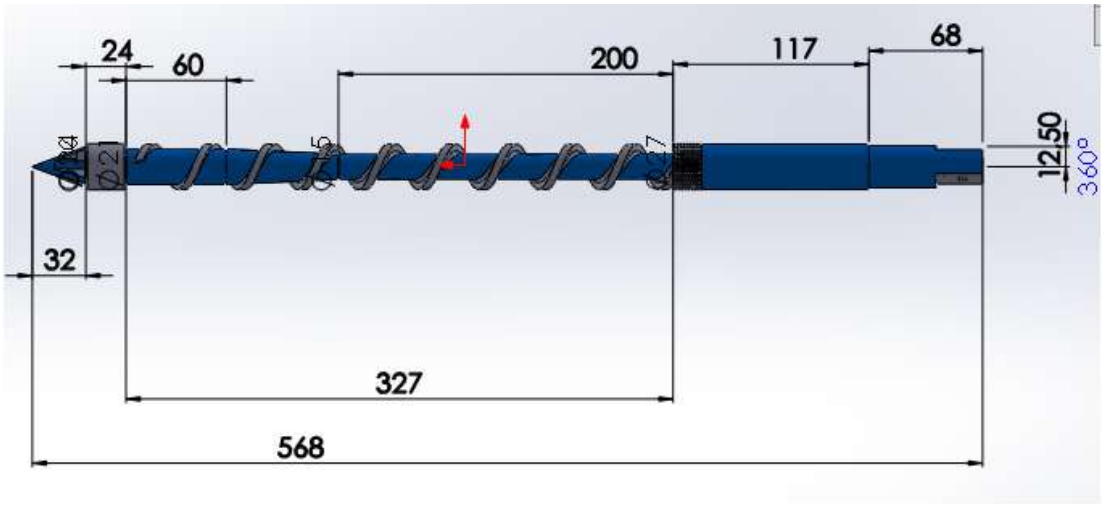



**Figure II.7 :** la vis

- **Caractéristique**

- Acier allie
- Masse:1.45517kg
- Volume:0.0000188983m^3
- Masse volumique:7700kg/m^3
- Poids : 14.2607 N

## II.1.2.2. Le clapet anti-retour :

- **Rôle :**

Laisser passer la matière vers l'avant durant le dosage Empêcher le refoulement vers l'arrière




**Figure II.8 :** clapie anti-retour [1]

### II.1.2.3. le moule

Le moule contient la forme de l'objet que l'on désire obtenir, elle est composée d'un assemblage de pièces, d`une empreinte qui forme la partie femelle du moule et d`un noyau dans lequel la matière à mouler prend sa forme. Elle possède une force de fermeture importante qui nécessite donc l'utilisation d'un vérin électrique de grande section et d'une course importante. Le moule est constitué aussi d'un éjecteur qui permet d'arracher la pièce refroidie après l'ouverture du module. De plus une porte de protection est montée face au moule pour mettre l'opérateur à l'égard d'un éventuel danger.

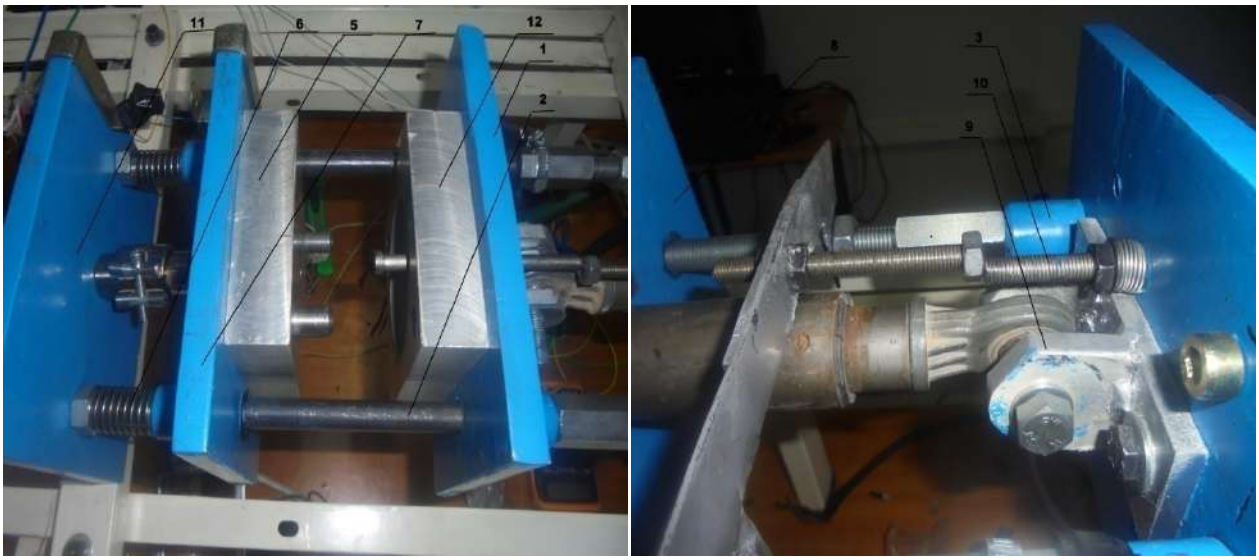



**Figure II.9 :** le moule

**1.** plateau mobile
**2.** colonnes de guidage : c'est une colonne pour guider le délassement de moule
**3.** bague de guidage : c'est un bague pour facilite le glissement de moule
**4.** moule mobile : le moule mobile est déplacé vers le moule fixe à l'aide de colonne de guidage
**5.** moule fixe
**6.** ressort
**7.** plateau d'injection
**8.** plateau fixe avant
**9.** genouillère mobile
**10.** éjecteur
**11.** plateau fixe arrière
**12.** moule mobile : le moule mobile est déplacé vers le moule fixe à l'aide de colonne de guidage

### II.1.3. Conception proposée :

Afin d'améliorer la conception de la machine, nous proposons une autre structure comme illustrée dans la figure II.10. pour cela, on a :

- Un vérin d'injection
- Adapter la nouvelle structure

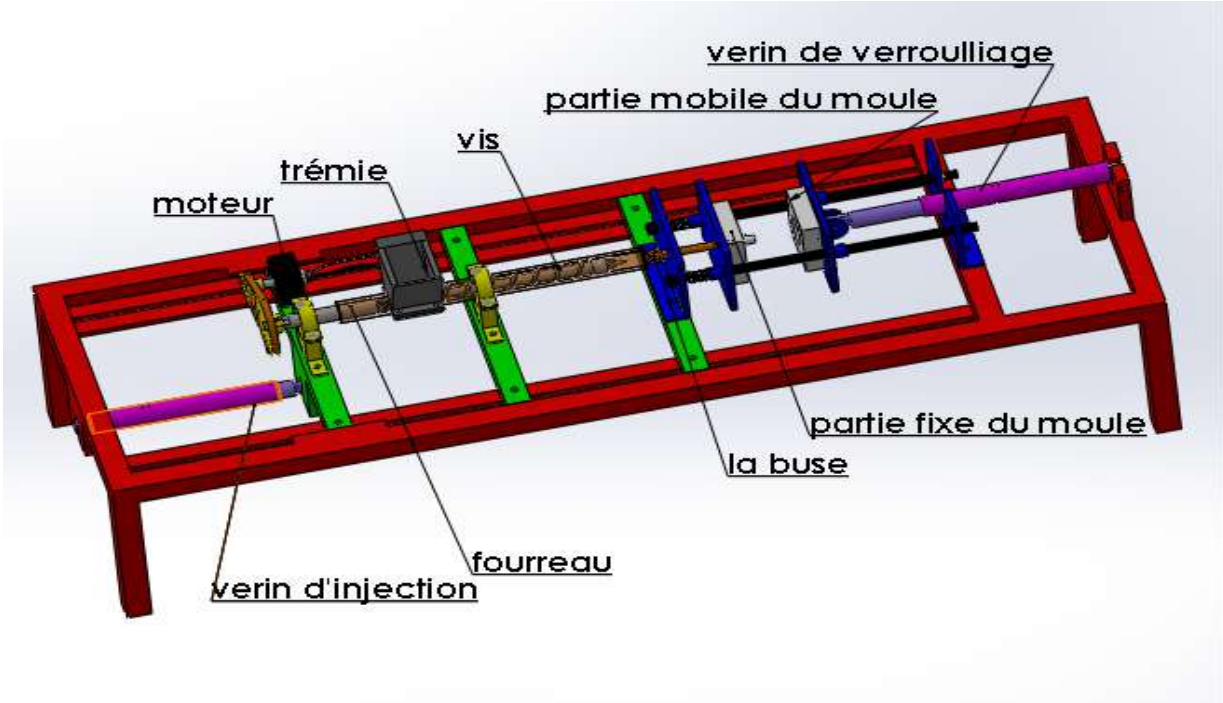



**Figure II.10 :** Conception proposée de la mini-machine

# Partie.2. électrique

## Introduction

Dans cette partie, nous avons tenté de présenter de manière simple mais rigoureuse les principaux concepts électrique et électronique intervenants dans la machine.

## II.2.1. Vérin électrique

Le vérin Super Jack III est un vérin silencieux de haute performance. Il peut être utilisé pour des antennes paraboliques et garantissent une durée de vie plus longue



**Figure II.11 :** vérin électrique utile [1]

**Caractéristiques:**

- Bonne protection contre la rouille:
  - Peinture-poudre époxy.
- Excellente protection contre l'eau:
  - Avec 2 joints et 3 trous de drainage.
- Super ILS:
  - Les contacts en Ruthénium assure une longue durée de vie à ILS.
  - Enfermé hermétiquement pour éliminer les effets du à la corrosion et à l'oxydation.
  - Noyé dans du plastique, cela permet de le changé facilement et sans risque.

**Description**

Unités d'entraînement linéaires compactes qui accomplissent leur entraînement au moyen de l'axe à filetage trapézoïdal et du moteur robuste DC. Déconnexion automatique en position

enclenchée/désactivée à l'aide d'interrupteurs de fin de course intégrés. La vitesse peut être modifiée par la tension de fonctionnement comme habituellement sur les moteurs DC et le mouvement/la rotation en avant et en arrière est obtenu(e) par l'inversion de la polarité de la tension de fonctionnement.

**Caractéristiques techniques**

- Force de rétention statique: jusqu'à 2000 Nm
- Boîtier: alliage de zinc
- Durée d'enclenchement : 25% à 10 Min. représente une durée d'enclenchement de 2,5 Min.

| | |
|---|---|
| Référence | DSZY1-24-40-A-025-IP65 |
| Vitesse | 8 mm/s |
| Indice de protection | IP65 |
| Type de cylindre électrique | Vérin électrique |
| Tension nominale | 24 V/DC |
| Longueur de course | 25 mm |
| Courant nominal | 1.6 A |
| Effort tranchement/cisaillement | 1000 N |

**Tableau II.1 :** caractéristique technique de vérin

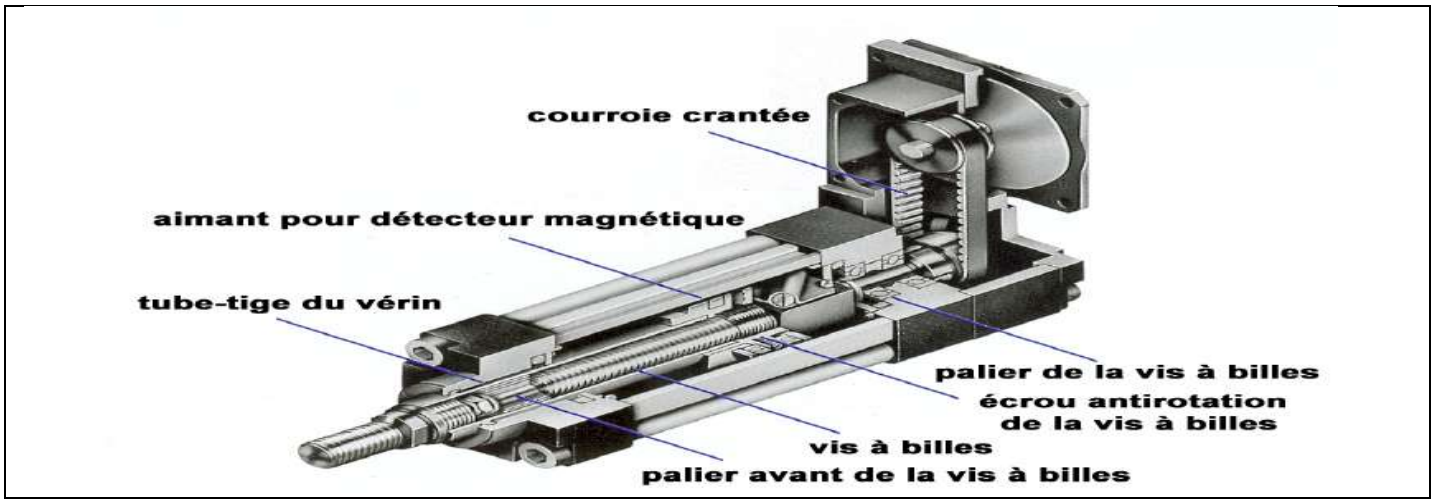



**Figure II.12 :** structure d'un vérin électrique [1]

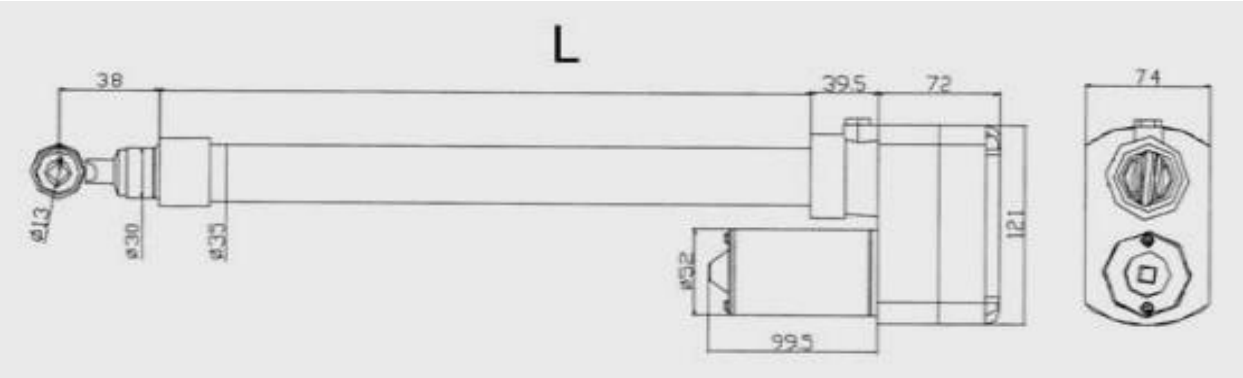



**Figure II.13 :** dimension de vérin électrique [1]

## II.2.2. les capteurs fins de course

Un détecteur de position est un capteur mieux connu sous le Nom d'interrupteur de fin de course. Puisque c'est un détecteur, par définition Il fournit en sortie un signal logique évoluant entre deux états (tout ou rien).

Le capteur de fin de course exige un contact avec l'objet a détecté. Ce contact a lieu au niveau de l'organe de commande. Divers types d'organes de commande sont disponibles sur le marché.

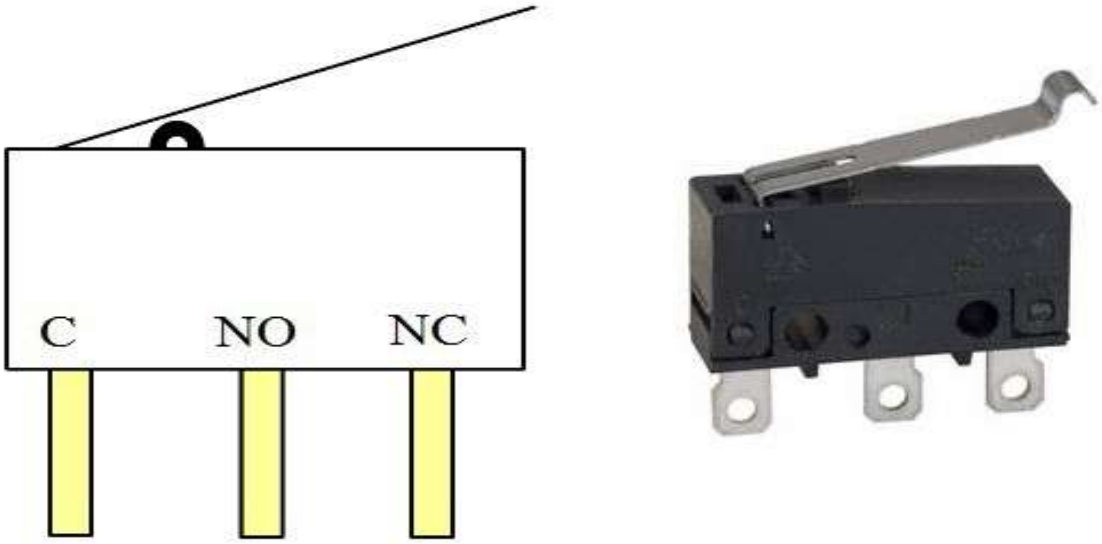



**Figure II.14 :** capteur de fin de course [1]

## II.2.3. Les colliers chauffants

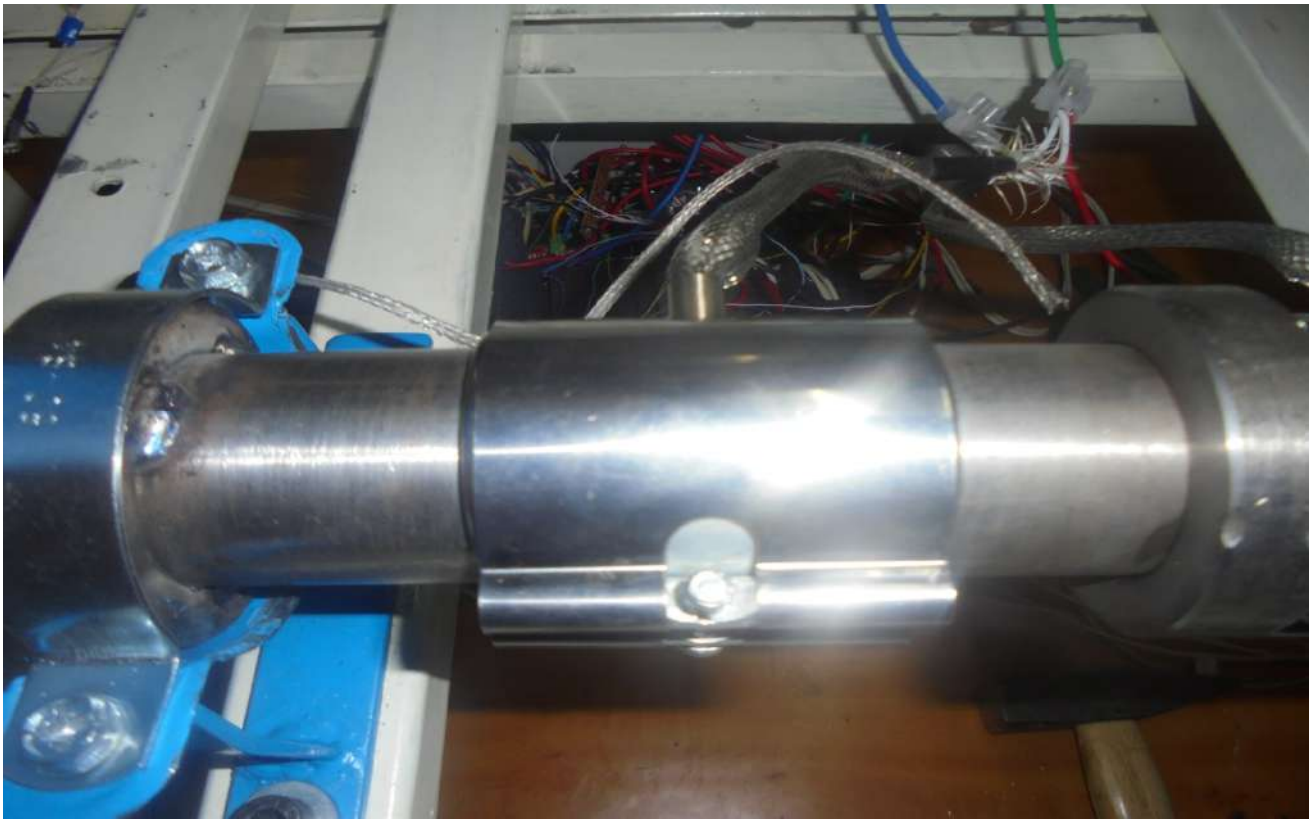


**Figure II.15 :** collier chauffant

Les colliers chauffants sont des éléments, de diamètres et hauteurs variés, destinés au chauffage et au maintien en température de pièces cylindriques.

Les transferts de chaleur entre le collier et la pièce à chauffer, se font principalement par conduction, ou par rayonnement pour les colliers les plus puissants. Ils peuvent chauffer aussi bien les solides, que les liquides ou les gaz.

Les applications des colliers sont diverses : ils peuvent équiper des buses ou des fourreaux d'extrudeuse, pour transformer des matières plastiques; travailler des matières actuelles telles que des résines nécessitant de hautes températures ou le chauffage de conduites.

Ils sont également utilisés dans l'injection plastique où le travail de la matière demande une forte puissance calorifique et de hautes températures.

Combinant faible masse et encombrement réduit, les colliers sont utilisés dans des applications nécessitant des montées en température rapides.

Cette technologie de résistance permet de s'adapter à différents milieux d'utilisation :

Outre une large gamme dimensionnelle standard, la technologie des colliers permet de nombreuses combinaisons serrage - connectique.

Les produits standard se déclinent en produits spécifiques pour parfaitement s'adapter à vos besoins grâce à l'ajout d'échancrure, de trous, d'options diverses et/ou de calorifuge pour réduire les pertes thermiques.

## Caractéristiques

- Température max. sur le corps du collier : 340°C, suivant les conditions d'utilisation.
- Diamètre : 25 à 100 mm
- Hauteur : 20 à 80 mm
- Puissance : 65 à 970 W, 230 V monophasé
- Profilé en laiton, aux extrémités repliées.

technologie étanche, hors terminaison de la connectique.

- Isolation électrique par mica.
- Connectique : fils âme nickel, isolés soie de verre siliconée + fil de masse ; protégés par une tresse en acier galvanisé.
- Capot de connectique : axial 30°, centré sur la hauteur du collier jusqu'à h : 38 mm. au delà, décentré à 20 mm du bord. (Voir schéma ci dessous). (Sauf L2570C26G10*)
- Serrage par équerre, vis BTR M4 et écrous carrés anti rotation.
- Certains colliers sont équipés d'un thermocouple J isolé de la masse (noté dans le tableau, P+tcj). Fils d'alimentation et de thermocouple de même longueur, protégés par tresse métallique.

### II.2.4. le moteur pas a pas



**Figure II. 16** : moteur pas a pas [1]

Le moteur pas à pas est un convertisseur électromécanique qui assure la transformation d'un signal électrique impulsionnel en un déplacement mécanique (angulaire ou linaire). Sa structure de base se présente sous la forme de deux pièces séparées mécaniquement, le stator et le rotor. L'interaction électromagnétique entre ces deux parties assure la rotation. Dans cette première partie de l'étude nous présenterons les principales caractéristiques des différents types de moteur pas à pas, et leur principe de fonctionnement.

## Types de moteurs pas à pas

Il y a trois principaux types de moteurs:

- Moteur à réluctance variable
- Moteur à aimant permanent
- Moteur hybride

## Caractéristiques :

- Puissance nominale (W) : 0.5/5
- Tension : 3/64V
- Vitesse nominale (rpm) : 0 /1500
- Couple nominal (mNm) : 15/300

## Le moteur pas à pas à aimant permanent

Les moteurs à aimants sont ceux que nous utiliserons dans notre projet de fin d'étude. Ils sont constitués d'un stator supportant les bobinages et d'un rotor magnétique (aimant bipolaire). Comme nous l'avons dit plus haut, cette catégorie de moteur se subdivise en deux types : le moteur unipolaire et le moteur bipolaire.

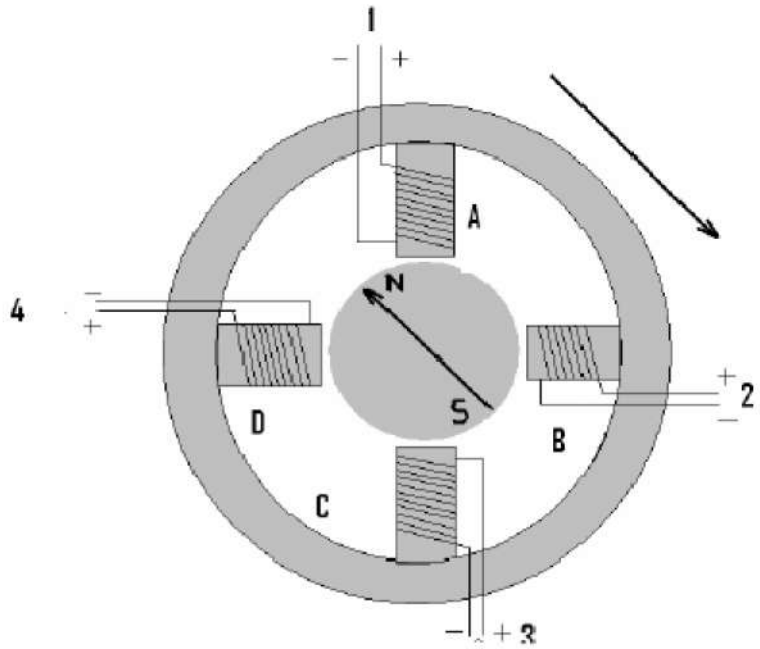



**Figure II.17: Fonctionnement schématique d'un moteur pas à pas [3].**

# *Bibliographie*

**[1] LOUNES Abdelaali , MEGHSEL Mohamed**, *Projet de Fin d'Etude « Réalisation de la commande d'une Mini-machine d'injection plastique »2015-2016*

.

**[2] Site web**: http://www.moteur-industrie.com/moteurs-pas-a-pas/technique.html

**[3] Livre** : Moteur pas à pas et PC 2eme Edition, Patrice OGUIC, Edition Dunod, Paris 2004.

**[4] Thèse** *« Plastification en injection des polymères fonctionnels et chargés »2013 École Doctorale Matériaux de Lyon (Laboratoire de recherche)*

**[5] Solid Works (2016)**

# Etude du SYSTEME VIS-FOURREAU

Chapitre

III

## Sommaire

**III.1. Introduction** 45

**III.2. Le cycle de moulage par la mini-machine d'injection** 45

**III.3. Le groupe de plastification** 47

**III.4. Fonction du système vis fourreau au cours du dosage** 48

**III.5. Fonctionnement du groupede plastification-** 50

**injection au cours de l'injection dynamique**

*III.5. 1. La phase dynamique d'injection* 50

*III.5.1. 1. Le contrôle du mouvement de la vis-piston* 50

*III.5.1.2. Laminimisation desfuitesde polymère vers l'arrière de la vis* 51

*III.5.2. La phase quasi-statique d injection* 52

**III.6. Rôle du niveau de la pression appliquée sur la vis d'injection** 52

**lors de la phase quasi-statique**

**III.7. Rôle de la durée de la phase quasi-statique** 52

**III.8. Calcule** 53

*III.8.1.Proposition dimensionnel et les capacitésmaximales de la mini machine* 53

*III.8.2.Lacourse de dosage* 53

*III.8.3.Pression d'injection* 55

*III.8.4.La force d'injection* 55

*III.8.4.Détermination de temps d'injection* 55

*III.8.5.Détermination de temps de dosage* 55

**III.9.Comment vérifier qu'un réglage a bien été** 56

**réalisé dans le respect des règles**

*III.9.1.Méthode de vérification du réglage d'injection* 56

*III.9.2.Méthode de modification du réglage d'injection* 56

Dans le chapitre III, on étudier le système de l'injection (vis-fourreau) dans notre mini-machine d'injection plastique. L'opération de l'injection plastique dans la mini- machine à partir d'un cycle de moulage bien défini basée sur deus systèmes Indispensables

- Fonction du système vis fourreau au cours du dosage
- Fonctionnement du groupe de plastification- injection au cours de l'injection dynamique

## III.1 Introduction

Dans le moulage par injection, la matière est fluidifiée dans un organe approprié puis injectée sous forte pression dans l'empreinte (ou les empreintes) du moule. L'une des caractéristiques les plus appréciées du moulage par injection est la possibilité de travailler à cadence élevée. Pour un objet de dimension moyenne (quelques centaines de grammes), la durée du cycle est de quelques dizaines de secondes. Elle peut être bien inférieure pour des objets de faible épaisseur (une fraction de seconde pour des gobelets) et bien supérieure pour des objets de forte épaisseur (quelques dizaines de minutes pour des containers de grande capacité). Par suite de la mauvaise conductibilité thermique des matières plastiques, c'est souvent la durée de refroidissement qui conditionne la durée du cycle. Pour des raisons économiques, la limite supérieure de l'épaisseur des parois pour les objets moulés par injection se situe au voisinage de 8 mm. Au delà, la durée de refroidissement devient prohibitive.

## III.2. Le cycle de moulage par la mini-machine d'injection [2]

• **Etape 1: la phase de dosage**.

Les granulés de polymère tombent depuis une trémie dans un ensemble vis-fourreau. Ils sont ensuite fondus progressivement par action conjuguée des colliers chauffant le fourreau, et du cisaillement de la matière provoqué par la rotation de lavis et la friction des granulés (entre eux et contre les outillages). La matière fondue est alors convoyée en avant de la vis (via un clapet anti-retour), dans l'espace créé par le recul progressif de cette dernière lors de sa rotation

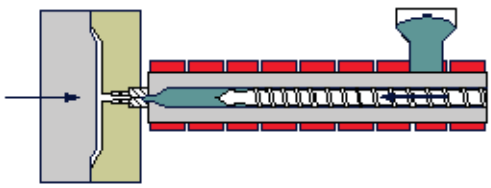


**Figure III.1 :** dosage [5]

• **Etape 2: la phase d'injection.**

Grâce à un mouvement de translation de la vis, actionnée par un vérin électrique, et au clapet anti-retour qui dans cette phase empêche la matière de rebrousser chemin, le polymère fondu est transféré du réservoir à un moule via des canaux.

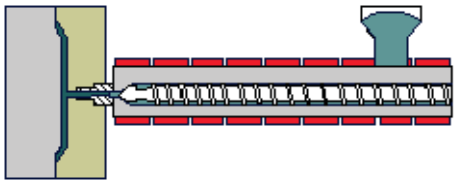


**Figure III.2 :**d'injection [5]

• **Etape 3: la phase de compactage.**

Le moule, composé de deux parties, une fixe et une mobile, est à ce moment tenu sous pression pour rester fermé, pendant que de son côté la matière est compactée par la vis, jusqu'à atteindre une pression uniforme dans la cavité du moule (également appelée empreinte), dans laquelle le polymère fondu continue à être injecté pour compenser le rétrécissement, ou retrait, de la matière qui refroidit

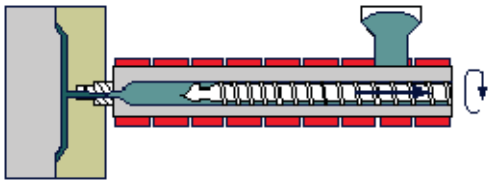


**Figure III.3 :** compactage [5]

• **Etape 4: la phase de refroidissement**.

Lorsque le polymère est entièrement figé au niveau du ou des seuils d'injection, il n'est plus nécessaire d'appliquer une pression de maintien, et la pièce continue de se refroidir jusqu'à ce qu'elle soit complètement solidifiée. La vis peut alors reprendre son cycle de rotation à l'étape 1

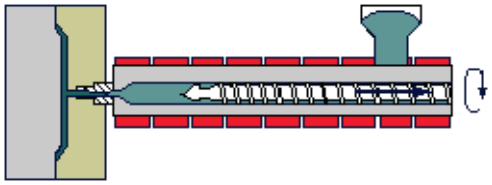


**Figure III.4 :**refroidissement [5]

• **Etape 5: la phase d'éjection**.

Le moule s'ouvre, et la pièce formée est éjectée du moule.

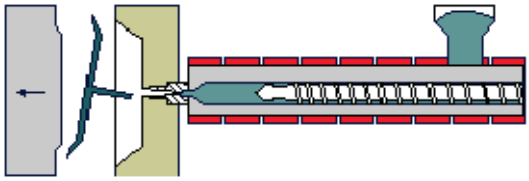


**Figure III.5 :**l'éjection [5]

## III.3. Le groupe de plastification [2] :

Le groupe de plastification (Cf. Figure 2), qui est l'objet de notre étude, assure le passage de la matière de l'état solide à l'état liquide. Les principium elements constitutes de ce group sont :

- **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.
- **L'ensemble vis-fourreau :** la vis est située dans un fourreau cylindrique, mis en température à l'aide de résistances électriques ou colliers chauffants. Leur rôle est de contribuer à l'apport d'énergie nécessaire à la plastification des polymères. La régulation de la température des résistances est assurée par une boucle de contrôle utilisant le plus souvent des thermocouples.
- **Le moteur :** Il assure la mise en rotation de la vis par des systèmes électriques ou hydrauliques.
- **Le système de vérin :** il permet le déplacement transversal de la vis. La force nécessaire à l'injection du polymère dans le moule est développée en imposant une pression sur le cylindre d'injection.
- **Le clapet "anti-retour":** il est fixé à l'avant de la vis, et permet d'éviter le reflux de matière pendant la phase d'injection proprement dite.
- **La buse d'injection :** elle effectue la liaison entre le pot d'injection et le moule

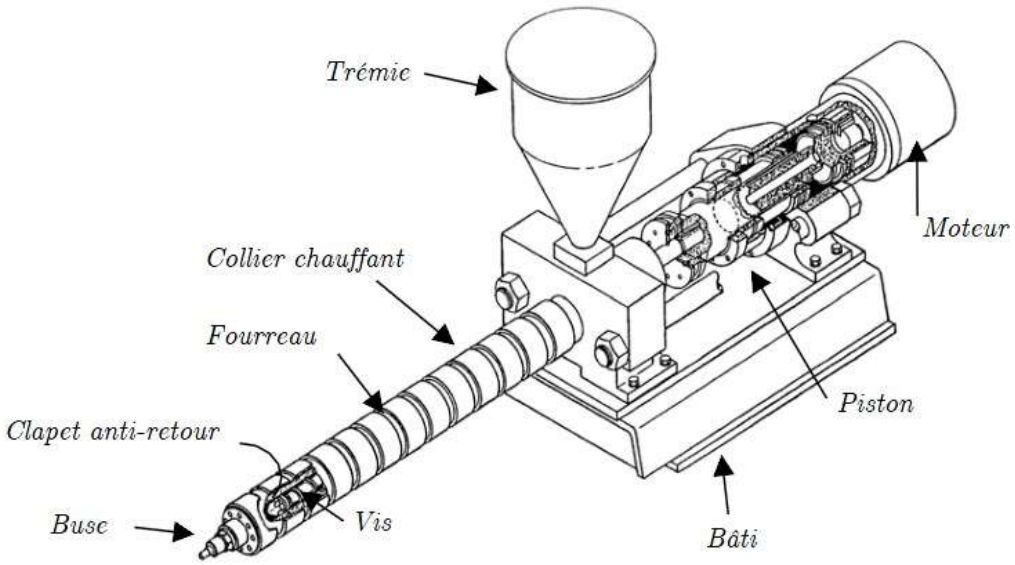



**Figure III.6***:* Schéma d'un groupe de plastification

(R. Nunn, « The reciprocating screws process », injection Molding Handbook, 1986) [2]

## III.4. Fonction du système vis fourreau au cours du dosage [3] :

La vis d'injection est mobile en translation. Cette mobilité permet de libérer un espace de stockage à l'avant de la vis. Ainsi, le polymère plastifié s'accumule dans cette zone. Le débit de' plastification est contrôlé grâce à deux paramètres de réglage :

- la contre-pression

Ce paramètre de réglage permet d'améliorer deux choses : l'homogénéïté' du matériau plastifié d'une part et le contrôle de l'échauffement du polymère par dissipation visqueuse d'autre part.

En effet, une contre-pression élevée augmente la durée totale de la phase de dosage. Si la vitesse de rotation de la vis est constante, cette dernière effectue un nombre de tours plus important. Ainsi, ce dernier paramètre est constant si la vitesse de rotation est diminuée. Ceci permet de diminuer le taux de cisaillement qui est imposé au polymère.

- la vitesse de rotation

La rotation de la vis rend homogène le produit transformé. Ce paramètre représente la principale source d'échauffement par cisaillement du polymère. Par conséquent, une vitesse de rotation élevée risque d'entraîner la dégradation thermique par échauffement local trop important. Nous avons montré comment limiter ce phénomène sans remettre en cause l'efficacité du malaxage de la résine. En effet, la contre-pression est utile dans ce cas.

Nous pouvons donc conclure que les deux paramètres de réglage de la phase de plastification sont complémentaires. Un polymère qui s'échauffe facilement par dissipation visqueuse, nécessite un dosage sous vitesse de rotation faible et contre-pression élevée. Dans le cas contraire, la rotation rapide de la vis de plastification assure un malaxage acceptable et permet de limiter la valeur de la contre-pression.

La durée de la phase de plastification ne présente pas un inconvénient majeur. En effet, ce travail est effectué en temps masqué pendant la phase de refroidissement de la pièce injectée.

Néanmoins, pour les pièces à paroi mince réalisées à des cadences élevées la phase de refroidissement est inexistante ou très courte. Les machines sont équipées de groupes de plastification rapides.

Cependant, les moteurs offrent des phases transitoires de démarrage fort longues. Ces phénomènes sont inévitables. Ils altèrent l'efficacité du contrôle de la phase de plastification. Nous décrivons plus loin les répercussions de ces difficultés sur la stabilité de la qualité des pièces.

En effet, il est techniquement possible d'adapter une vis de plastification à une résine. Des besoins particuliers de malaxage peuvent aussi être pris en considération. Néanmoins, ces vis spécialisées sont réservées à des productions importantes réalisées avec le même produit.

Cette situation n'est pas compatible avec la notion de flexibilité de production qui sous-entend l'emploi de résines différentes afin de réaliser des pièces variées. Parfois, le changement de coloris, par adjonction de mélanges maîtres, entraîne, seul, des modifications de comportement du polymère non négligeables. Ces perturbations remettent vite en cause l'optimisation d'un profil de vis qui reste une opération coûteuse.

Mais les presses d'injection ne sont pas équipées de matériel aussi perfectionné. En effet, les vis de plastification sont dites universelles. Elles présentent une partie centrale de conicité constante.

La phase de plastification se termine quand la quantité de polymère qui se trouve devant la vis, correspond au volume de l'empreinte taillée dans l'outillage.

## III.5. Fonctionnement du groupe de plastification injection au cours de l'injection dynamique [3] :

Dans le domaine de la transformation des résines thermoplastiques, il n'existe plus de machines d'injection pour lesquelles les fonctions de plastification et d'injection sont dissociées mécaniquement.

En effet, les machines qui alimentent en matière plastifiée un cylindre ou un pot de transfert grâce à l'ensemble vis-fourreau et, qui mettent en action cet ensemble de transfert pour réaliser le remplissage du moule, sont réservées à des applications très particulières (pièces de masse élevée). Ainsi, le système vis-fourreau classique permet le remplissage du moule grâce à l'application d'une poussée sur la vis d'injection. Cette dernière se déplace en translation et joue le rôle du piston d'une seringue (le fourreau) qui entraine l'écoulement du polymère dans l'outillage.

La phase d'injection du polymère se décompose en deux-sous-phases :

- la phase dynamique d'injection ou phase de remplissage-compactage
- la phase quasi-statique d'injection encore appelée phase de post-remplissage, phase de maintien en pression ou seconde phase.

### III.5.1. La phase dynamique d'injection

La vis-piston est mise en mouvement de translation.

Elle 'met en pression le polymère qui a été plastifié auparavant. Deux problèmes se posent lorsque ce travail est réalisé :

- le contrôle du mouvement de la vis-piston
- la minimisation des fuites de polymère vers l'arrière de la vis.

#### III.5.1.1. Le contrôle du mouvement de la vis-piston

Afin de mieux comprendre l'importance de la phase de remplissage, nous devons rappeler qu'il s'agit de l'écoulement à une température de 250'C à 350'C du polymère fondu, fluide visqueux non newtonien dans un outillage relativement froid (l0'C à l20'C). Ainsi, le moule est le siège d'échanges thermiques importants.

L'écoulement est fort affecté par le refroidissement du polymère. Ce dernier est très rapide lors de son initialisation. Il est ensuite amorti par la faible conductibilité thermique de la couche de polymère qui constitue la peau de la pièce injectée.

### III.5.1.2. La minimisation des fuites de polymère vers l'arrière de la vis

Les fuites du polymère plastifié sont, a priori, inévitables. En effet, lors de la plastification, le polymère qui est mis sous pression, parcourt le fond de filet de la vis pour s'accumuler à l'avant du système vis-fourreau.

L'avancée rapide de la vis piston vers l'avant met à nouveau le polymère sous pression. Ce dernier peut donc reprendre le chemin du filet de la vis et se diriger vers la trémie.

Néanmoins, la fuite est limitée et n'empêche pas l'injection. Mais, le refoulement du polymère est incontrôlable cycle après cycle. Ce phénomène entraine des variations de débit d'injection aléatoires, donc néfastes à l'obtention d'une qualité de production constante.

De nos jours, la seule solution à ce problème est mécanique. Elle consiste à équiper l'extrémité de la vis de plastification d'un clapet anti-retour. Le fonctionnement de ce dispositif apparait sur la figure.

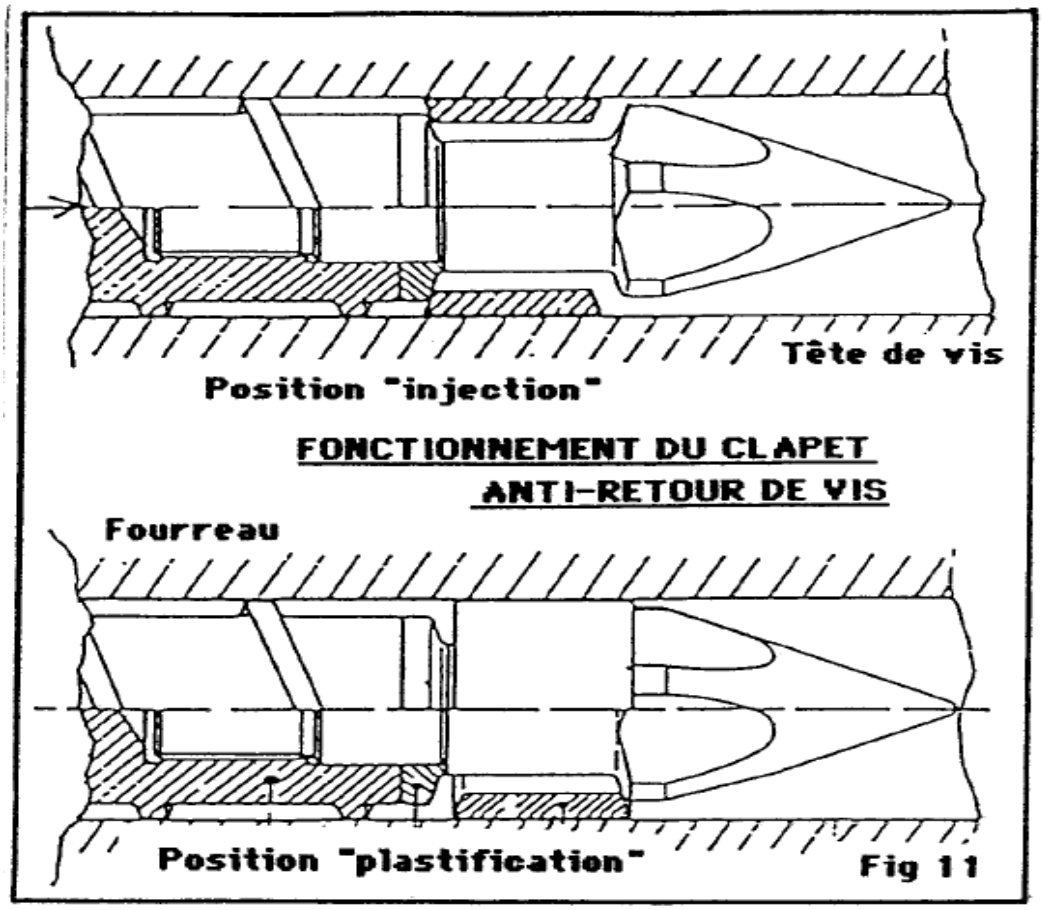



**Figure III.7** : fonctionnement de la clape anti-retour de vis [3]

### III.5.2. La phase quasi-statique d injection

Au cours du remplissage de l'empreinte, le polymère qui circule dans le moule, est soumis aux lois de la mécanique des fluides. Afin d'assurer le débit de matière, il est donc nécessaire de vaincre les pertes de charge qui sont subies par la résine. Des champs de pression naissent le long du trajet du polymère.

## III.6. Rôle du niveau de la pression appliquée sur la vis d'injection lors de la phase quasi-statique [3] :

La pression appliquée sur le piston d'injection (support de la vis), est transmise à la cavité du moule grâce au matelas de matière plastique liquide, correspondant à l'excès de volume plastifié.

Le niveau idéal de pression doit maintenir la pression du polymère en fin d'injection.

En effet, la résine thermoplastique étant compressible à l'état liquide, une décompression du polymère en- traine un flux sortant de résine du moule vers l'avant du système d'injection.

## III.7. Rôle de la durée de la phase quasi-statique [3] :

Au cours de la phase de maintien, des phénomènes thermiques sont en jeu. En effet, le polymère injecté se refroidit. Sa densité augmente. Il faut donc compenser le retrait volumétrique du polymère. Dans ce cas, le matelas de matière présent devant la vis d'injection, est utilisée.

En effet, la couche de polymère solidifiée au contact des parois du moule, s'épaissit et la résine densifiée libère du volume. Le moule est alors alimenté de façon continue en polymère liquide grâce ä la pression appliquée sur le matelas.

Le faible débit de compensation du retrait s'effectue jusqu'à solidification d'une section d'alimentation du moule et de ses canaux, à partir de quoi la pression de maintien n'a plus d'action.

Deux cas peuvent être envisagés :

- un temps de maintien en pression trop court entrai- ne une compensation du retrait incomplète. Des défauts importants sont créés sur les pièces.

- un temps de maintien trop long est à l'origine d'un coût énergétique élevé. En effet, il correspond à l'application d'une pression hydraulique qui reste sans conséquence sur la qualité de la pièce injectée.

## III.8 : Calcul

### III.8.1 Proposition dimensionnel et les capacités maximales de la mini machine [1]

- les dimensions maximale de moule est **(100*140*140) mm**
- Le volume maximale de la pièce **(100*100*60) mm**
- L'épaisseur minimale de la pièce **e $_{min}$ = 1 mm**
- La matière injecter est le **polypropylène PP**
- La pression maximale dons le moule 60 **bar**
- Le temps de refroidissement **7,15 s**
- Le temps minimal de cycle **21 s**
- Le volume maximal de la matière a injecté**120cm$^3$**

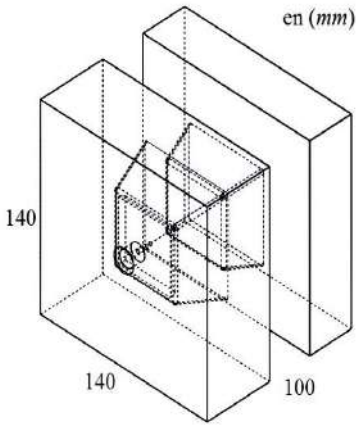



**Figure III.8 :** Le moule **[1]**

### III.8.2.La course de dosage [6]:

- **La course de dosage est exprimée sur les presses:**

**Volume de la moulée :**

**Volume de la moulée** = Volume des empreintes + volume de la carotte

AN

Volume des empreintes= $S_{emp}$*e $\Rightarrow$ $V_{emp}$=189,97 cm$^3$

Volume de la carotte = $S_{ca}$*e $\Rightarrow$ $V_{ca}$= 1,96cm$^3$

Volume de la moulée= 191,93 cm$^3$

**Valeur du volume à doser**

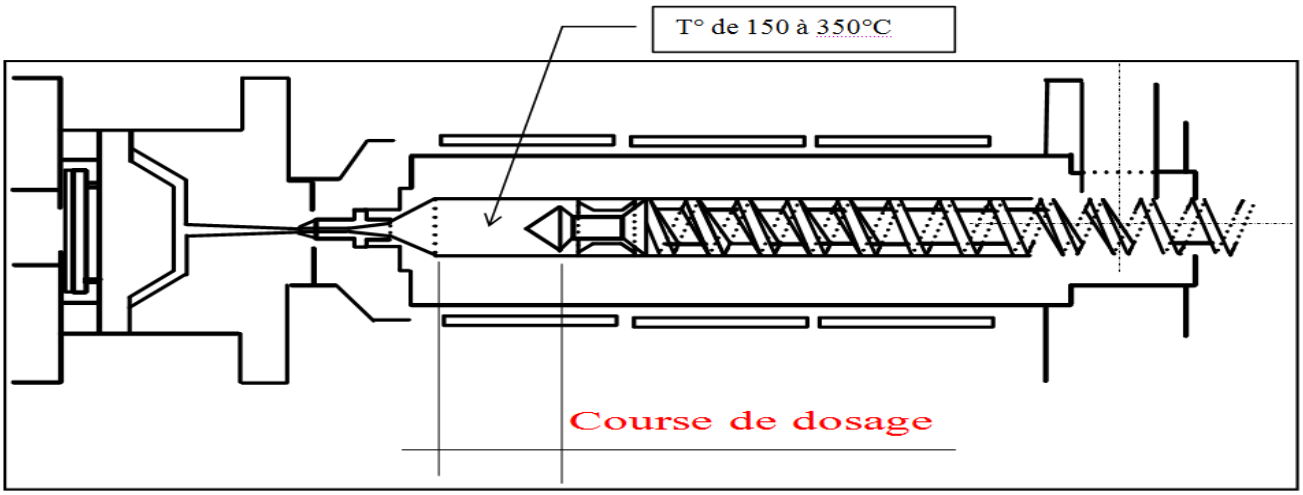



**Figure III.9 :** volume à doser [6]

Sous l'effet de la température, la matière plastique dans le fourreau de l'unité d'injection se dilate. La matière plastique occupe un plus grand volume à chaud dans le fourreau. Il faudra tenir compte de cette élévation de volume en appliquant un coefficient de l'ordre de 0,8.

Volume des empreintes + carottes

**Volume du dosage à chaud = (volume de la moulée à froid ÷ 0,8) + matelas**

Coefficient de dilatation

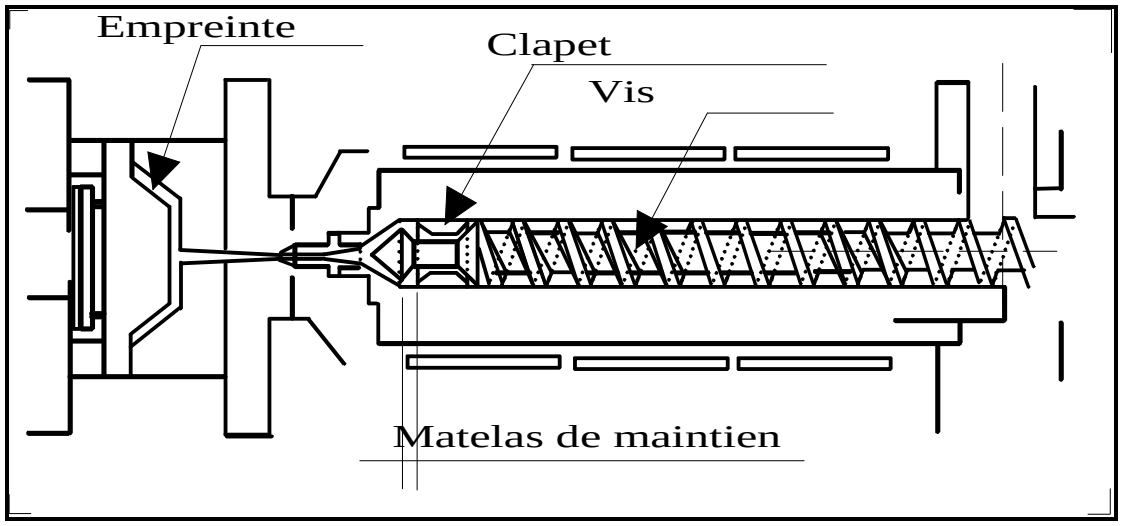



**Figure III.10 :** déplacement d'une vis [6]

**AN :**

Volume du dosage à chaud = (19,193 / 0 ,8) + 2,148

**V=26,139 cm $^3$**

Longueur de course = Volume du dosage à chaud / section interne de fourreau

L=26,139 / 6,1544

L= 4,247cm

La pression maximale dons le moule est $P_{moule}$= 60 bar (1bar =1daN/cm$^2$)

### III.8.3.Pression d'injection $P_{in}$:

Pression au bout de la vis pin= p $_{moule}$+perte de charge 50%

P $_{inj}$=60 + ($\frac{60*50}{100}$) = 90 bar

### III.8.4.La force d'injection $F_{inj}$ :

F $_{inj}$=P $_{inj}$*S $_{contact}$= 90 * 69,95= 6295,5N S $_{contact}$=69,95cm$^2$

Aparté de la valeur de force d'injection on a choisis un vérin électrique des caractéristiques suivant :

Vérin électrique KLID 10

Force max= 7000

Vitesse à vide = 8,4 mm / s

Vitesse en charge = 7,4 mm / s

Course (+/-2,5mm) =610 mm



**Figure III.11:** Vérin électrique KLIA5 [4]

### III.8.4.Détermination de temps d'injection $t_{inj}$ :

T $_{inj}$=$\frac{L}{V}$ =$\frac{42}{7,4}$ =5,67 s

### III.8.5.Détermination de temps de dosage $t_d$ :

- **Calcule le débit Qi**

**$Q_v$**= N*S =13990 mm$^3$

**N :** vitesse de rotation 200tr /s

- **$T_d$**= $\frac{2\pi LR^2}{Q_V}$

$T_d$=14,7s

## III.9. Comment vérifier qu'un réglage a bien été réalisé dans le respect des règles rappelées ci-dessus ? Pour cela, nous allons procéder de la manière suivante :

### III.9.1. Méthode de vérification du réglage d'injection :

1) La presse fonctionne en automatique et la moulée produite est complète.
2) Mettre la pression de maintien à 0 bars.
3) Mettre le temps de maintien à 0 seconde.
4) Attendre 2 à 3 moulées puis contrôler le remplissage de la moulée.
5) 2 solutions :

- Soit, la moulée est complète, auquel cas la moulée est bien remplie en totalité en phase dynamique (1ère injection), donc le réglage est correct.
- Soit, la moulée est incomplète, auquel cas la moulée n'est pas remplie en totalité en phase dynamique (1ère injection), mais terminée en phase statique (2ème injection), donc le réglage est incorrect.

### III.9.2.Méthode de modification du réglage d'injection :

1) Enlever la pression et le temps de maintien.
2) Vérifier la valeur du matelas de maintien en bout de vis :
3) Augmenter progressivement le dosage jusqu'à obtenir une moulée complète la plus belle possible, c'est-à-dire avec un minimum de retassure et sans aucune bavure.
4) Afficher à nouveau la pression et le temps de maintien.
5) Contrôler le remplissage de la moulée.
6) Votre réglage d'injection est correct.

# *Bibliographie*

[1] **MENACER Sofiane., MOUSSI Abdallah**.,*« Conception et Réalisation d'une Mini-Machine d'injection Plastique » projet de fins d'étude Université Dr Yahia farés Médéa 2014-2015.*

[2] **Thèse** *« Plastification en injection des polymères fonctionnels et chargés »2013École Doctorale Matériaux de Lyon (Laboratoire de recherche)*

[3] **THESE de DOCTOHAT «** *CONTRIBUTION A L'OPTIMISATIONDE LA CONDUITE D'UNEPRESSEAINJECTER LES POLYMERESTHERMOPIASGQUES »*

**[4]** **www.kinetic-systems.fr**

**[5] Enseignants : HAMMAMI.T et LOUATI. H «** *Cours de PMF des Matières plastiques* »

**[6] BEP Plasturgie «** *Calcul des courses de dosage* » Document enseignant

# Résultats et discussion

Chapitre IV

## Sommaire

**IV. Introduction** **59**

**IV.I. Formulation mathématique** **59**

*IV.I.1.Ecoulement de fluide* *60*

*IV.I.2.Dynamique de la structure* *60*

*IV.I.3.Couplage* *60*

*IV.I.3.1.Sens unique et bidirectionnel FSI* *61*

**IV.II. la structure transitoire** **64**

***IV.II.3*** *.La Géométrie* *64*

***IV.II.4*** *.Lemodele* *65*

***IV.II.5*** *.La configuration* *66*

***IV.II.6*** *.La résultat* *67*

**IV.III. Etapes d'utilisation CFX** **69**

*IV.III.1.CFX* *69*

*IV.III.2 .La Géométrie* *70*

*IV.III.3.Le maillage* *70*

*IV.III.4 .La configuration* *71*

*IV.III.4.La solution* *76*

*IV.III.5. les résultat* *77*

## Introduction

Dans ce chapitre, on étudié le système vis-fourreau par l'utilisation de Ansys workbench. On commence par la présentation de la formulation mathématique de la dynamique de la structure et les équations qui régissent l'écoulement de la matière plastique. Finalement, on termine par l'illustration des résultats et discussion.

## IV.1 Formulation mathématique [2]:

Les phénomènes d'écoulement et de transport sont régis par les principes de base de conservation tel que la conservation de masse, mouvement et de l'énergie. Tous ces principes de conservation sont résolus selon le modèle de fluide qui donne un ensemble d'équations aux dérivées partielles.

### a. Principe de conservation de la masse et équation de continuité :

Le principe de conservation de la masse indique que le taux d'augmentation de la masse dans un élément fluide est égal au taux net de flux de masse dans un élément fluide. L'application de ce principe physique à un résultat du modèle de fluide dans une équation différentielle appelés équation de continuité. L'équation de continuité pour un fluide compressible peut être écrite comme suit :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i) = 0 \qquad 1$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho u}{\partial x} + \frac{\partial \rho v}{\partial y} + \frac{\partial \rho w}{\partial z} = 0 \qquad 2$$

Où; ρ, $Ui$représentes la densité et la vitesse du fluide respectivement.

### b. Équation de mouvement :

Deuxième loi de Newton indique que le taux de changement de quantité de mouvement d'une particule de fluide est égal à la somme des forces agissant sur une particule. Les forces agissant sur le corps sont une combinaison des deux forces de surface et du corps. Lorsque cette loi est appliquée pour fluide newtonien (contrainte visqueuse est proportionnelle aux taux de déformation) équations résultantes sont appelés équations de Navier Stokes.

$$\frac{\partial \rho u}{\partial t} + \frac{\partial \rho u u}{\partial x} + \frac{\partial \rho u v}{\partial y} + \frac{\partial \rho u w}{\partial z} = \rho g_x - \frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x}(\mu_e \frac{\partial u}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(\mu_e \frac{\partial u}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z}(\mu_e \frac{\partial u}{\partial z}) \qquad 3$$

$$\frac{\partial \rho u}{\partial t} + \frac{\partial \rho u u}{\partial x} + \frac{\partial \rho u v}{\partial y} + \frac{\partial \rho u w}{\partial z} = \rho g_x - \frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x}(\mu_e \frac{\partial u}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(\mu_e \frac{\partial u}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z}(\mu_e \frac{\partial u}{\partial z}) \qquad 4$$

$$\frac{\partial \rho u}{\partial t} + \frac{\partial \rho u u}{\partial x} + \frac{\partial \rho u v}{\partial y} + \frac{\partial \rho u w}{\partial z} = \rho g_x - \frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x}(\mu_e \frac{\partial u}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(\mu_e \frac{\partial u}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z}(\mu_e \frac{\partial u}{\partial z}) \qquad 5$$

Où $u$ ,$v$ , $w$ représentes les composants cartésiennes du vitesse, , $\mu$ la viscosité dynamique du fluide.

### IV.1.1 Ecoulement de fluide :

Le procédé découlement consiste à utiliser une vis de presse à injecter comme une extrudeuse (donc en rotation) ,afin de remplir une empreinte dont le volume dépasse la capacité de dosage de la vis.

puis faire un déplacement pour injecte le fluide.

### IV.1.2 Dynamique de la structure :

L'équation d'équilibre dynamique transitoire pour une structure linéaire s'écrit :

$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = \{F^a\} \quad (6)$$

Où:

[M] = matrice structurelle de masse

[C]=matrice d'amortissement structurel

[K] = matrice de rigidité structurelle

$\{u\}$= vecteur du déplacement nodal.

$\{\dot{u}\}$ = vecteur vitesse nodal.

$\{\ddot{u}\}$ = vecteur d'accélération nodal.

Il existe deux méthodes dans le programme ANSYS qui peuvent être utilisées pour la résolution de l'équation (3) : la méthode d'intégration de la différence de temps centrale (central différence time intégration méthode) et la méthode d'intégration temporelle New mark (y compris un algorithme amélioré appelé HHL). Le procédé de différence centrale est utilisé pour des analyses transitoires explicites et est décrit dans [5]. La méthode New mark et la méthode HHT sont utilisés pour les analyses transitoires implicites et sont décrites ci-dessous.

### IV.1.3 Couplage [1] :

La conception des structures en contact avec le fluide nécessite des attentions spécifiques sur l'analyse statique et dynamique et nécessite des outils de simulation plus précis (par exemple, méthode des éléments finis (FEM)) pour améliorer les performances du système tout en minimisant le coût de fabrication. Le package commercial ANSYS a été utilisé avec CFX pour la dynamique des fluides

informatiques et ANSYS mécanique pour la simulation structurale. L'approche traditionnelle pour déterminer le stress mécanique et la déflexion d'une structure en contact avec le fluide consiste en une simulation de dynamique des fluides de calcul (CFD) en régime permanent qui fournit la pression de fluide sur la structure. Cela peut alors être appliqué comme une condition de limite ou de charge pour la simulation FEM de la configuration (Schmucker et al., 2010). Une telle approche est appelée simulation couplée unidirectionnelle car aucune déviation n'est renvoyée dans CFD. Pour capturer l'influence de la structure déformée sur les performances hydrauliques, la déformation doit être ramenée dans la solution CFD afin de trouver une solution améliorée et la boucle peut être fermée. Cela comprend une simulation d'interaction de structure fluide couplée à deux sens (FSI) ou une simulation multi-champ et sera discutée dans ce chapitre.

### IV.3.1. Sens unique et bidirectionnel FSI

La résolution des problèmes FSI implique des simulations multi-champs de deux comportements physiques distincts. Tout d'abord, le fluide produit la charge sur la structure solide et est donc une force d'entraînement alors que la structure solide comme la deuxième partie réagit au moyen de contraintes et de déflexions sur le champ fluide. La déviation résultante du champ solide a alors un impact sur le champ fluide qui doit s'adapter à la limite modifiée. Enfin, si l'on considère des effets instables, le champ de fluide agit non seulement comme une force motrice, mais aussi comme une influence d'amortissement sur le champ solide, car la masse fluide doit être déplacée pendant le mouvement de la structure qui nécessite une énergie supplémentaire (Khalid et al ., 2013; Schmucker et al., 2010). La solution d'une telle simulation à plusieurs champs nécessite habituellement deux solveurs distincts, l'un pour le fluide (CFD) et l'autre pour la structure (FEM) qui se déroule en ordre séquentiel lorsque les informations sont échangées entre les solveurs CFX et FEM aux points de synchronisation ( SP). Un organigramme pour la simulation multi-champ avec ANSYS et la séquence des points de synchronisation sont représentés sur la Fig. V-1 et Fig. V-2, respectivement. Alors que CFX fournit les forces, FEM renvoie les déviations résultantes et les deux mailles sont adaptées à la nouvelle géométrie. La simulation complète est en cours d'exécution jusqu'à ce qu'un critère de convergence soit atteint, par exemple La modification de la déviation de l'itération à l'itération est inférieure à une certaine valeur dans le cas d'une simulation en régime permanent ou la durée de temps réel sélectionnée est atteinte dans le cas d'une course transitoire FSI. Vous trouverez des détails dans la documentation fournie par ANSYS.

Comme mentionné précédemment, ANSYS prend en charge deux types d'interaction de fluide-structure: FSI à sens unique et modélisation FSI bidirectionnelle. Dans le FSI unidirectionnel, les résultats CFD sont appliqués comme charges dans l'analyse mécanique, mais les résultats de l'analyse mécanique ne sont pas transmis à une analyse de fluide. Dans le FSI bidirectionnel, les résultats des

déplacements obtenus à partir de l'analyse mécanique sont utilisés pour modifier la géométrie du problème et revenir au modèle de fluide. Deux voies

Le FSI est important lorsque l'analyse mécanique pourrait produire une telle déformation qui, lorsqu'elle est mise en œuvre dans l'analyse des fluides, affecterait de manière significative l'analyse des fluides.

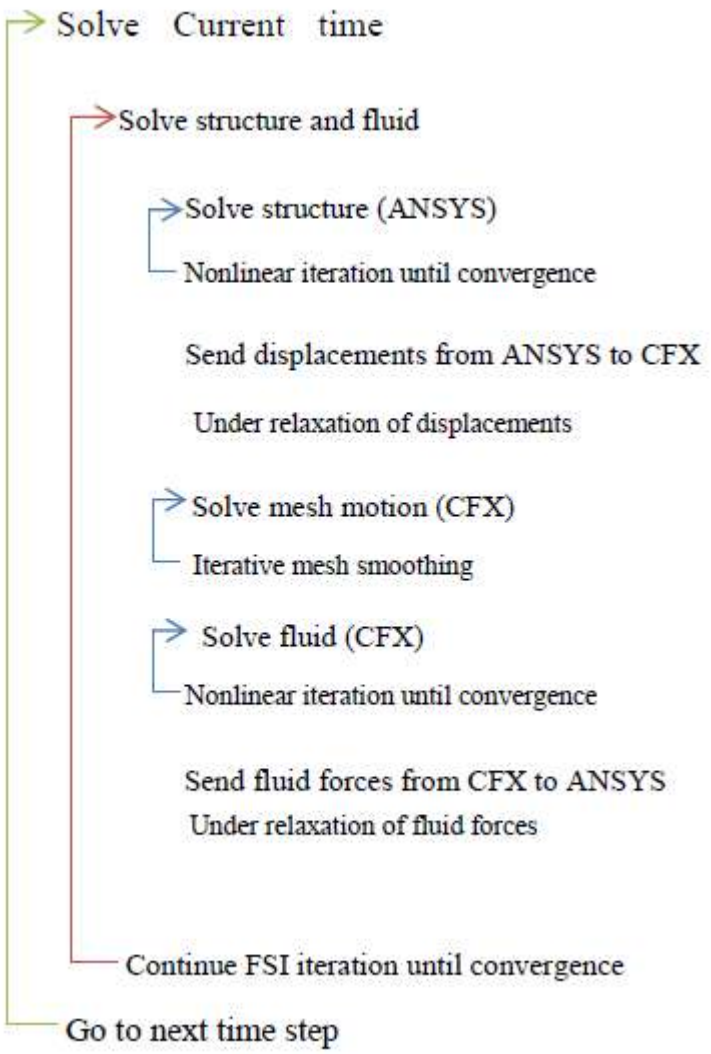



***Figure IV-1:*** Flowchart pour les simulations multi-champs avec ANSYS [1]

## a) FSI à sens unique (one-way)

Dans une analyse FSI unidirectionnelle, les résultats de l'analyse CFD à l'interface fluide-structure sont transférés et appliqués comme charges au modèle mécanique. Les déplacements ou les températures calculées ultérieurement à l'interface ne sont pas transférés à l'analyse CFD. Le transfert unidirectionnel est approprié lorsque les écarts de déplacement et de température calculés ne sont pas suffisamment importants pour avoir un impact significatif sur l'analyse des fluides. (Référence: ANSYS Mechanical User Guide)

## b) FSI bidirectionnel (two-ways)

Dans une modélisation FSI bidirectionnelle, les résultats de l'analyse CFD sont transférés au modèle mécanique tandis que les déplacements calculés ultérieurement à l'interface sont transférés à l'analyse CFD. La capacité de couplage actuellement disponible permet à CFX de travailler avec le résolveur mécanique ANSYS dans une simulation multi-champ ANSYS. Pendant les simulations couplées, les solveurs ANSYS CFX et Mécaniques exécutent la simulation à l'aide d'une séquence d'étapes de temps multi-champs, chacune d'entre elles comprenant une ou plusieurs itérations de couplage. Les simulations couplées commencent par l'exécution des solveurs de champ ANSYS Mechanical et CFX. Le solveur mécanique agit comme un processus maître de couplage auquel le CFX-Solver se connecte. Une fois la connexion établie, les solveurs avancent à travers une séquence de six points de synchronisation prédéfinis (SP), comme illustré à la Fig. 3-2. Dans chacun de ces SP, chaque solveur de champ rassemble les données requises de l'autre solveur afin de passer au point suivant. Les itérations sont répétées jusqu'à ce qu'un nombre maximum d'itérations soit atteint ou jusqu'à ce que les données transférées entre les solveurs et toutes les équations de champ aient convergé.

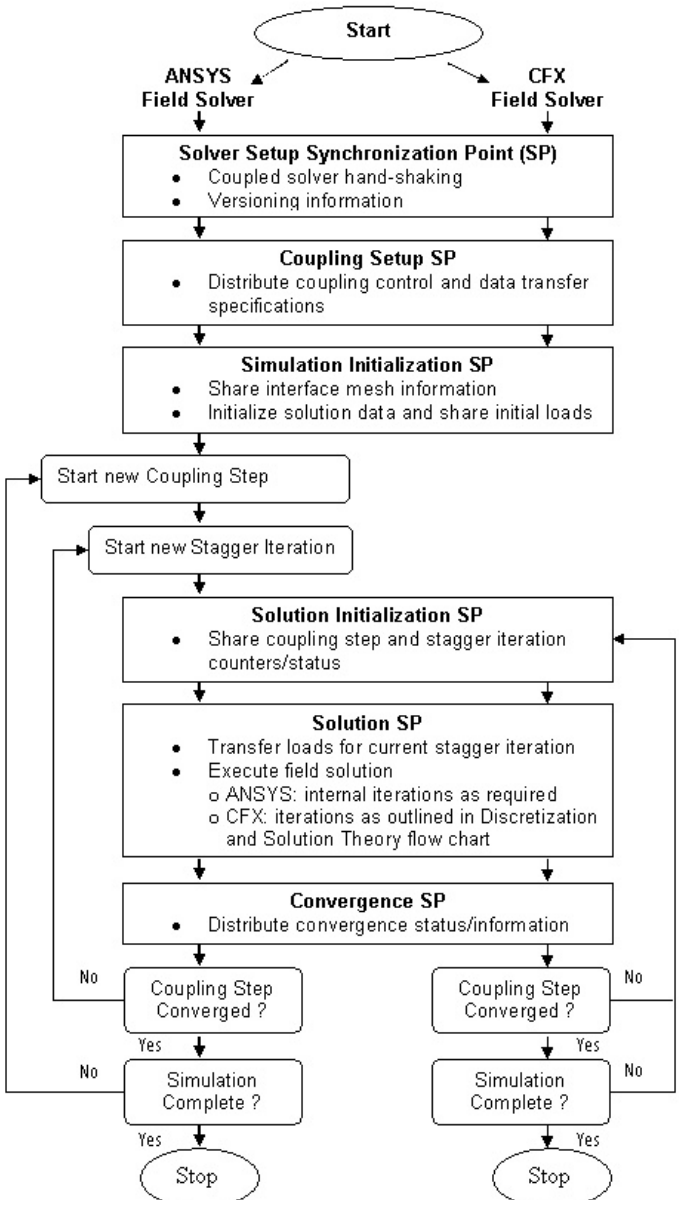



***Figure IV-2:*** Séquence des points de synchronisation (référence ANSYS) [1]

## IV.II. La structure transitoire

## IV.II.3 : La Géométrie

- La géométrie est crée dans un programme Solidworks avec des unités métriques **(mm)**
- importer la **«géométrie »**

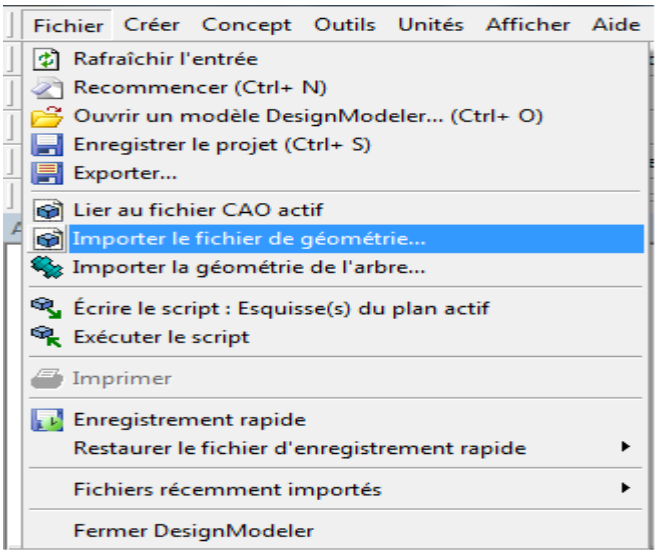



***Figure IV-3 :*** importer le fichier de géométrie…

- choisie la géométrie qui sera enregistre sous format (sat)
- clic sur **générer**

Il y'a quatre corps et on activé les trois premier comme solide (vis-fourreau et clape anti retour)

Et désactivé le quatrième corps (fluide)

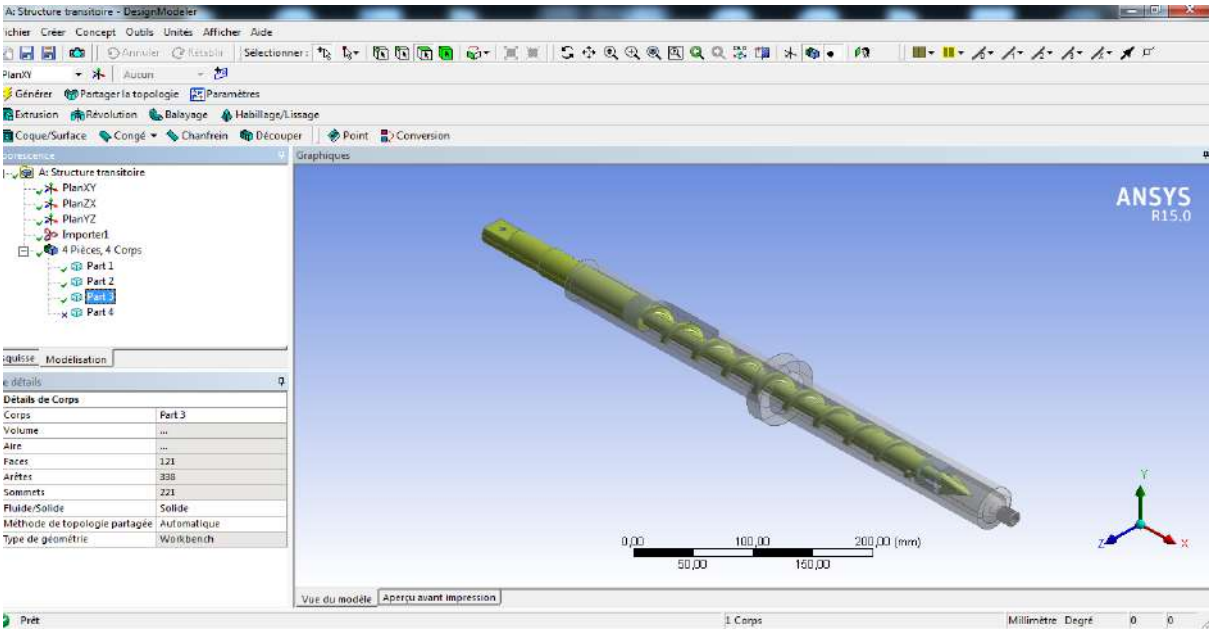



***Figure IV-4 :*** visualisation la géométrie

## IV.II.4 : Le modèle

Après que nous avant confirmés les donnes des matériaux on passera cet opération

Nous allons générer un maillage fin

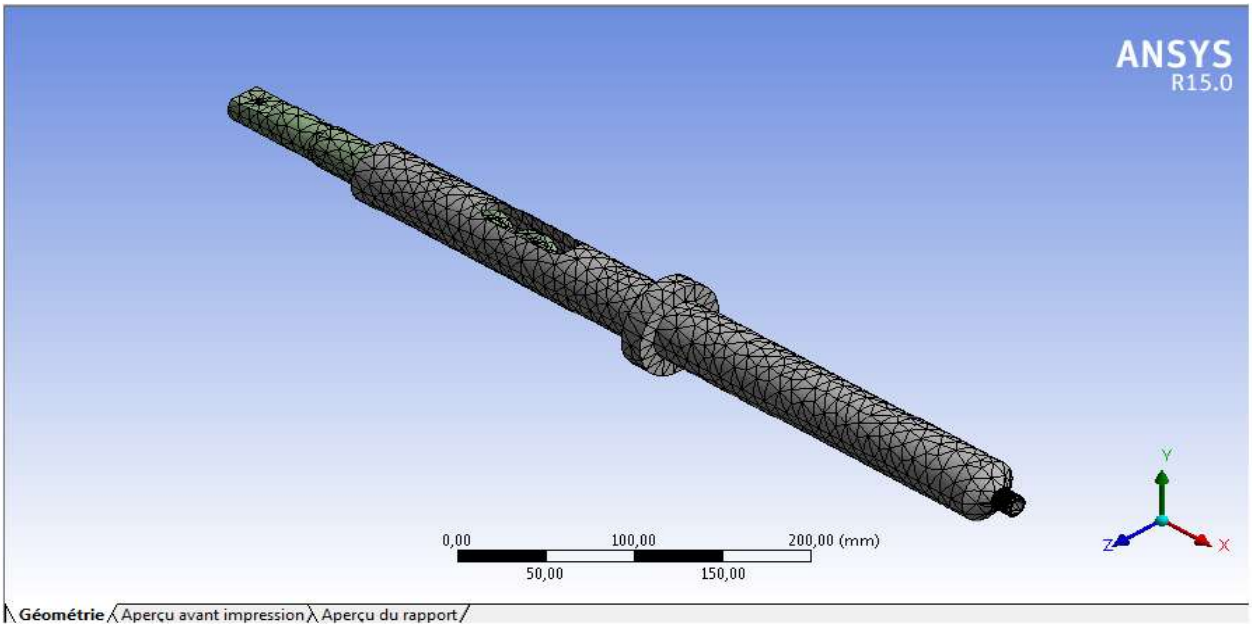



***Figure IV-5 :*** le maillage

## IV.II.5 : La configuration

Dans cette partie, on spécifier les conditions aux limites, les charges, et les conditions initiales.

On a :

- déplacement de la vis fonction du temps (Figure IV.6).
- Rotation de la vis (Figure IV.8)
- Support fixe (Figure IV.7)

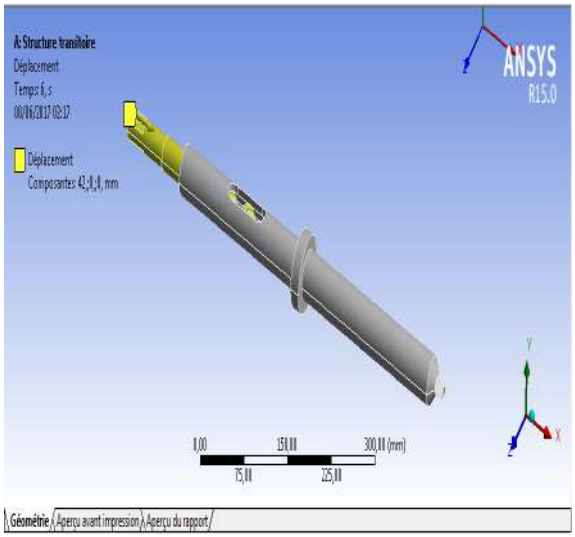



***Figure IV-6 :*** déplacement

-

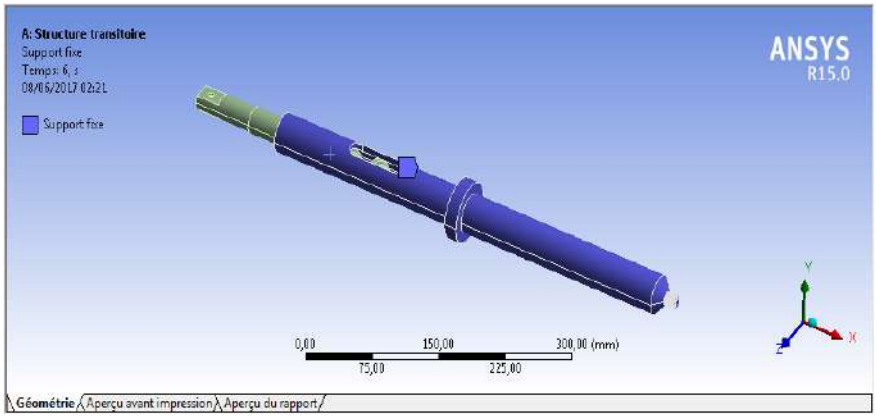



***Figure IV-7:*** support fixe

Ce dernier joue un rôle important est le dosage de la matière (déplacement de la matière ver l'avant de vis)

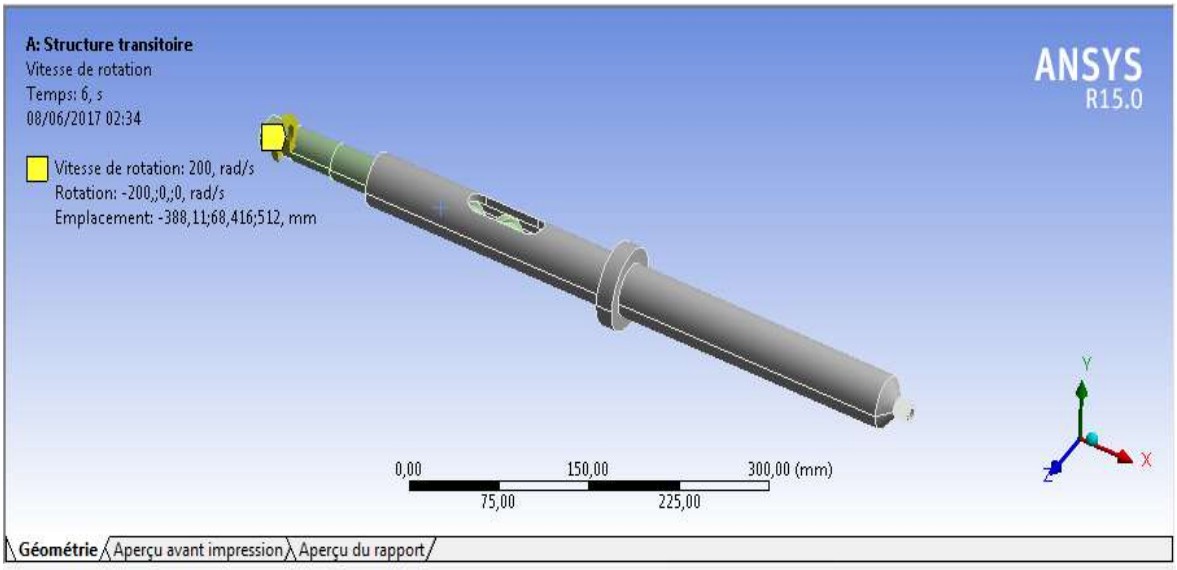



***Figure IV-8 :*** vitesse de rotation

## Remarque :

- Cette dernière elle est impossible de configure dans ce programme, cette commande n'est pas active
- On a obtenu les résultats sans vitesse de rotation

## IV.II.6 : Les résultats

On a obtenu deux résultats essentiels

- Contrainte équivalente

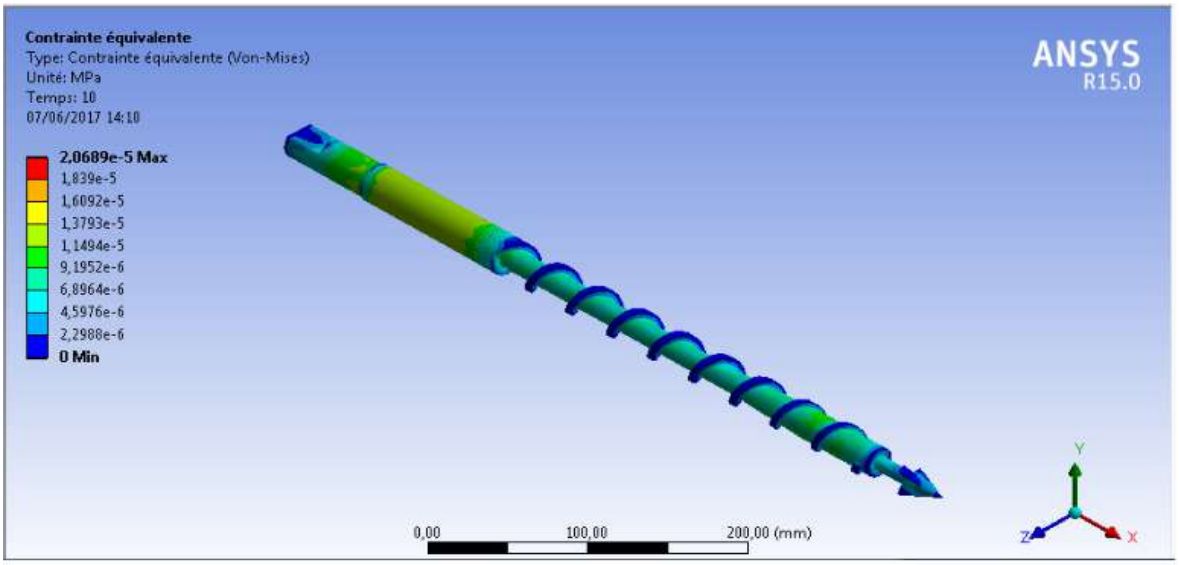



***Figure IV-9 :*** Contrainte équivalente

- Déformation élastique équivalente

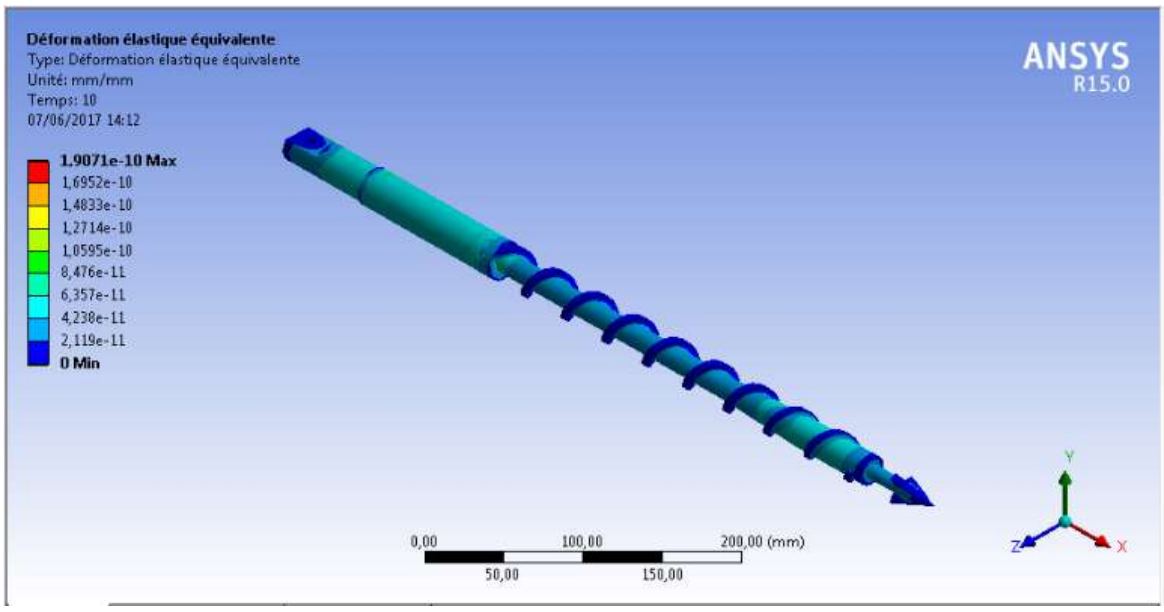



***Figure IV-10 :*** Déformation élastique équivalente

## IV.III. Etapes d'utilisation CFX

Le code CFX et un code de CFD commercial, sans option bidimensionnelle ayant des champs d'application assez vastes.

L'un des avantages de CFX est qu'il résout les trois dimensions spatiales, permettant ainsi de simuler des problèmes de géométries qui ne sont pas nécessairement 2D ou
Simplifiable on deux dimension. Ceci ouvre la porte à la résolution de problème plus près de la réalité des géomètres industrielle.

Par contre, l'un de ses désavantages est qu'il fonction en trois dimension, nécessitant des maillages avec plus d'élément qu'un calcule en deus dimension spatial pour Obtenir une précision similaire. Ceci a pour effet d'longer beaucoup les temps de calcule, ou de réduire la précision des résultats.

Mettre en place une simulation à l'aide d'ANSYS CFX se fait en trois étapes :

- **CFX-Pre :** pour construire une géomètre et générer sont maillage, ainsi que l'incorporation des conditions aux limites.
- **CFX-solver :** qui résout les équations et afficher les différents résidus à chaque itération.
- **CFX-Post :** ou l'on exploite les résultats.

### IV.III.1 CFX-solver:

Nous allons présenter la procédure suivie pour réaliser une simulation avec CFX.

**Démarrer > tous les programme >Ansys 15.0 >Workbench 15.0 > CFX.**

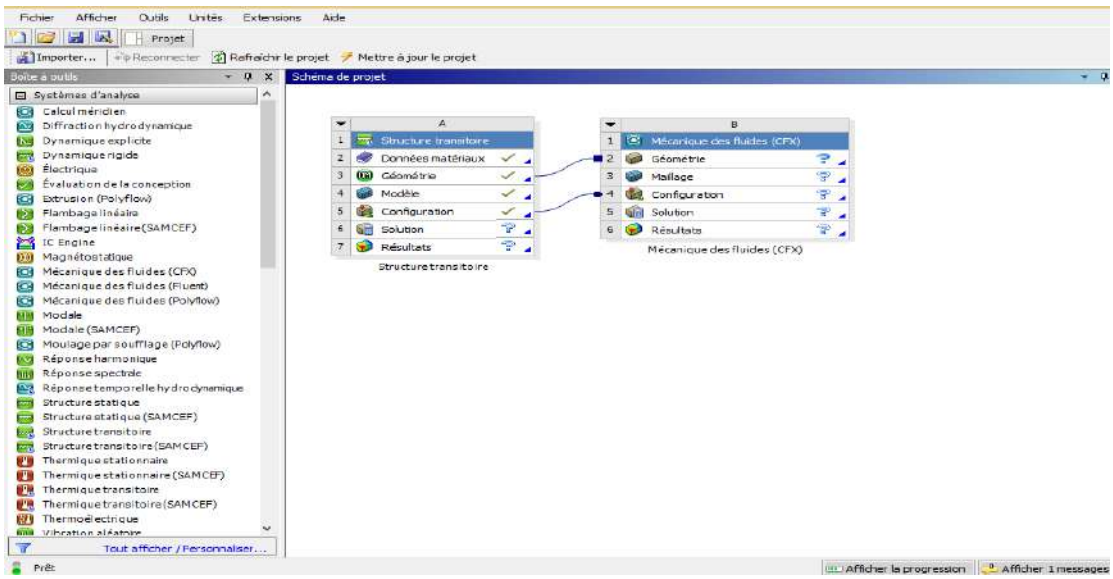



***Figure IV-11 :*** CFX.

## IV.III.1 : La Géométrie

On a activé seulement le quatrième corps qui représente le fluide

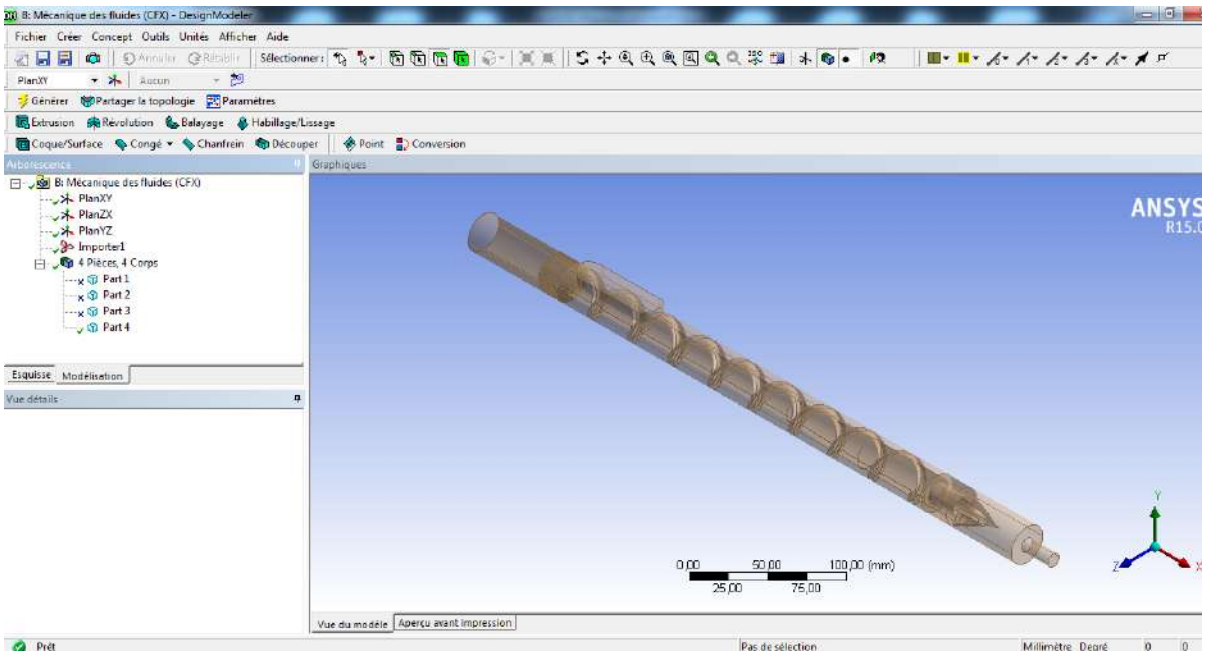



***Figure IV-12 :*** géométrie

## IV.III.2 : Le maillage

Générer un maillage fin

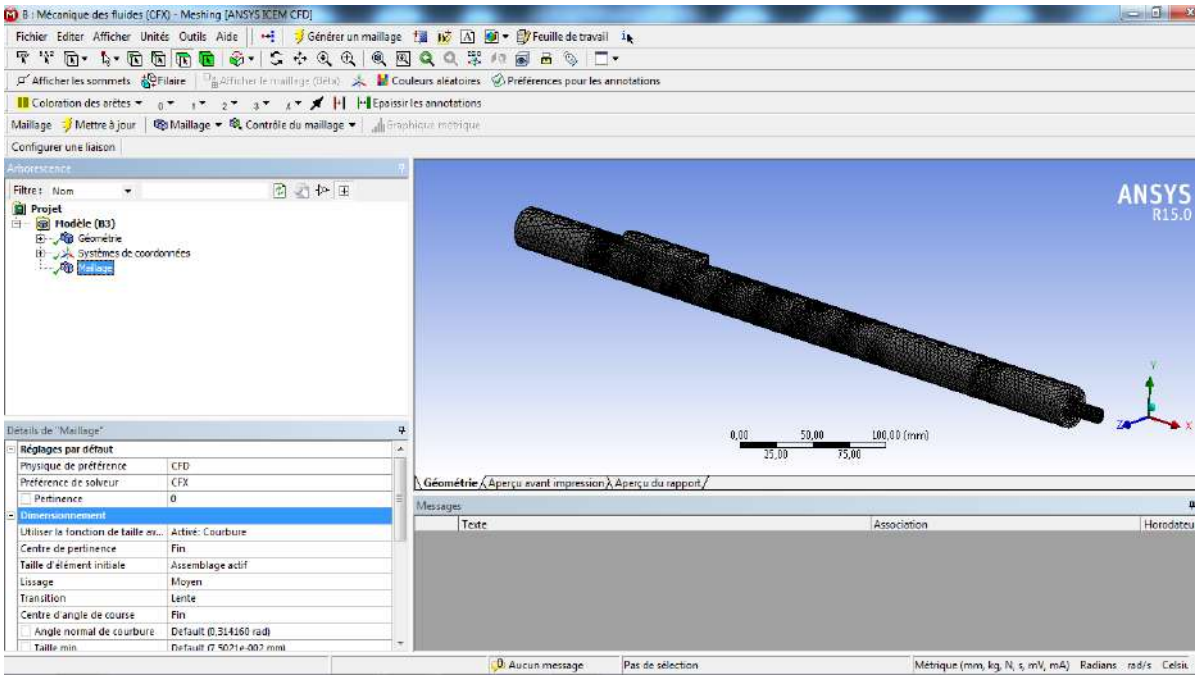



***Figure IV-13 :*** maillage

## IV.III.3 : La configuration

- On commence avec **Create a Domain** Fuide on crée un domaine que l'on nomme **Fluide,** apparaissent alors les détails de ce domaine

- Basic settings

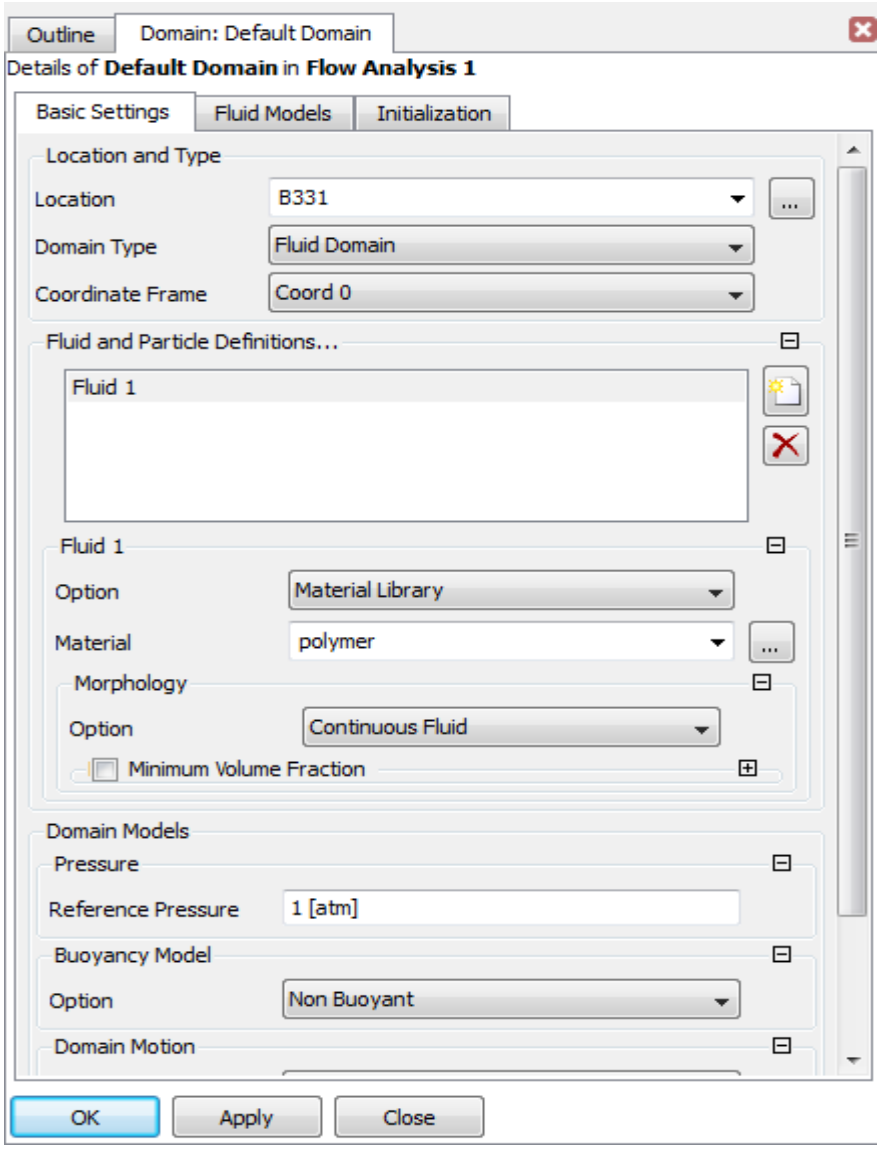



***Figure IV-14:*** basic setting

-

- Fluide Models

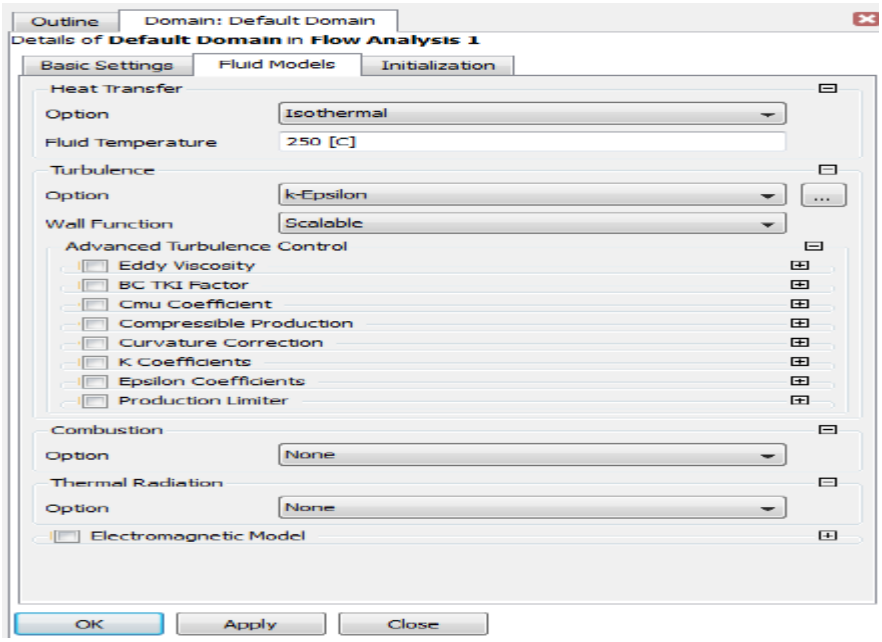



***Figure IV-15 :*** Fluide Models

Vérifier que le model de Turbulence c'est **k-ε**

Cliquer sur **Apply> OK**

❖ **Création des boundary** : pour définie les conditions aux limite

➢ $1^{er}$Condition aux limite : INLET

**Default Domain**>cliquer à droit sur **INLET > Insert >boundary>Inlet**

Il est permis de définir les propriétés aux surface d'entrée, apparaît alors les détails sur Inlet en différent onglet suivant le type de frontière

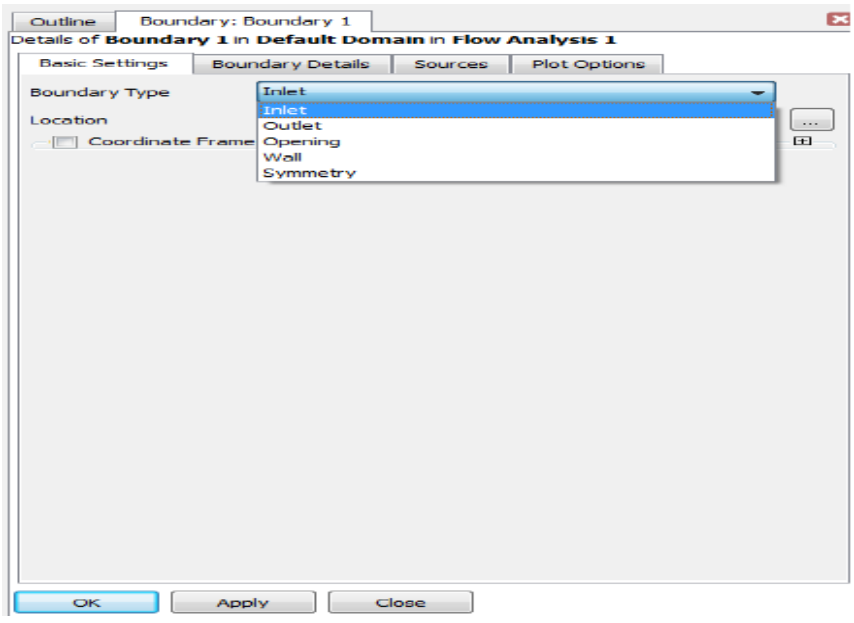



***Figure IV-16:*** Basic setting

Montrez-nous une nouvelle fenêtre, cliquer sur **boundaryDetais**

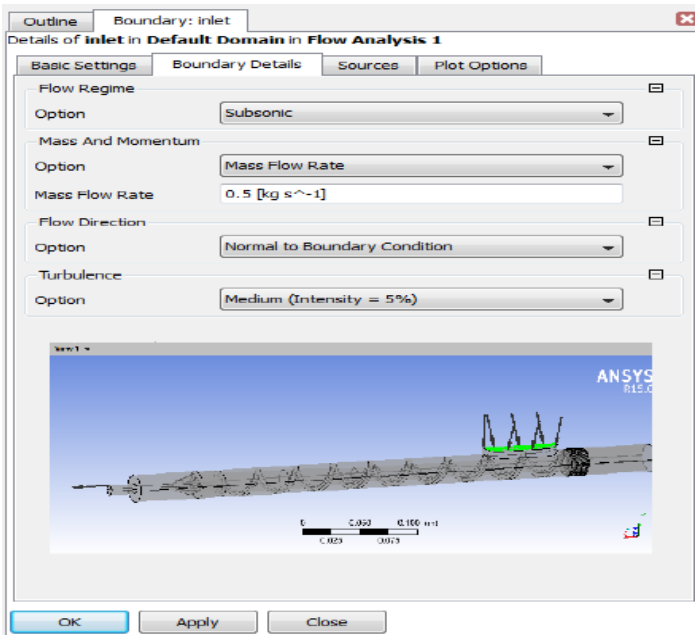



***Figure IV-17:*** boundary Detaits Inlet

- $2^{eme}$Condition aux limite : OUTLET

**Default Domain**>cliquer à droit sur**OUTLET> Insert >boundary> OUTLET** correspondra à la surface de sortie

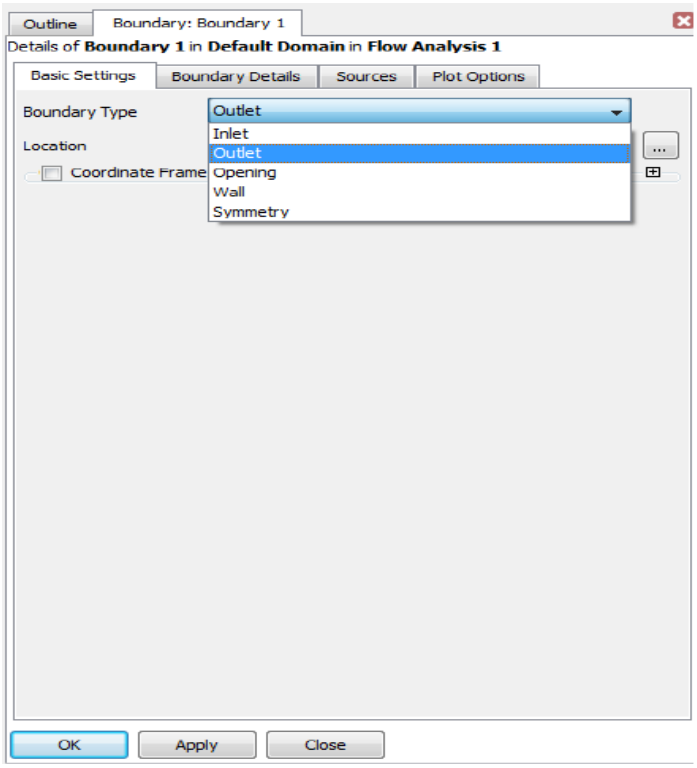



***Figure IV-18:*** Basic setting

clique sur **boundary Details**

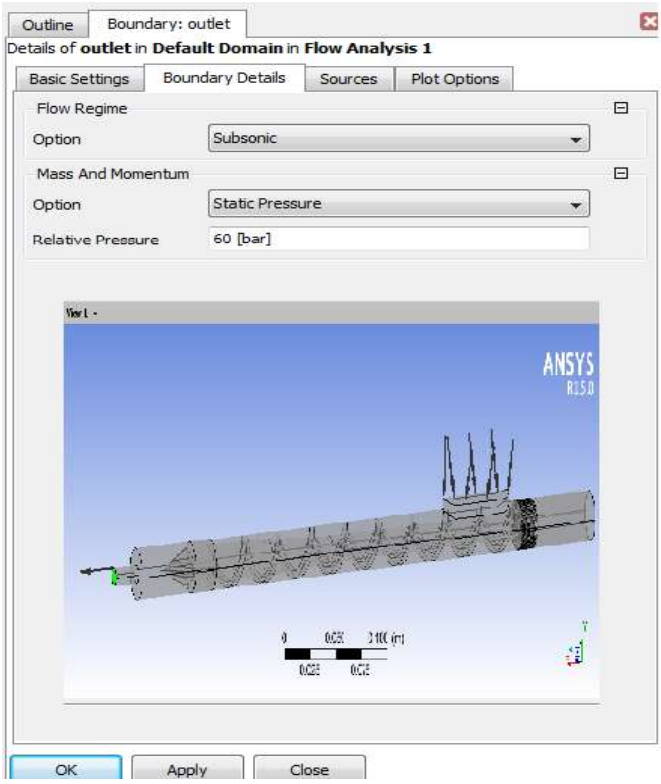



***Figure IV-19:*** boundary Detaits outlet

- $3^{eme}$condition aux limite : WALL

**Default Domain**>cliquer à droit sur **WALL> Insert > boundary >WALL 1**

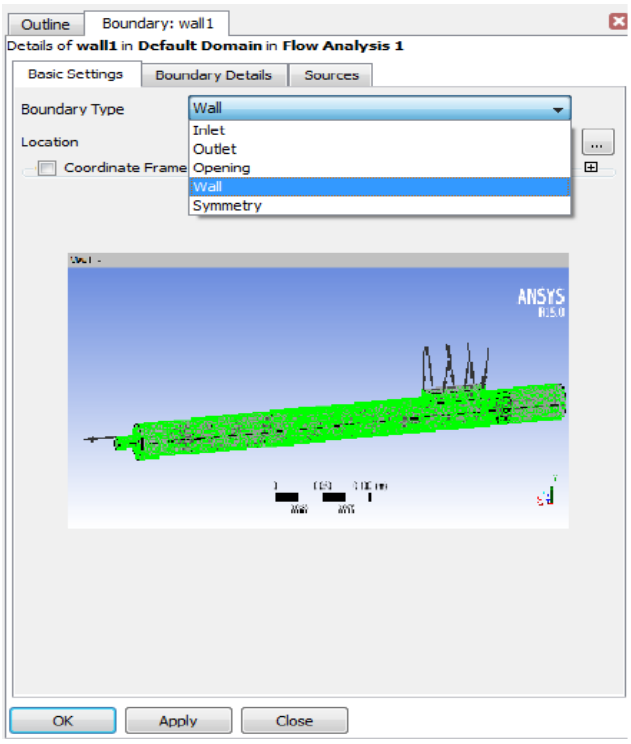



***Figure IV-20:*** Basic setting

- $4^{eme}$condition aux limite : WALL 2

**Default Domain>** clique à droit sur **WALL> Insert > boundary >WALL 2**

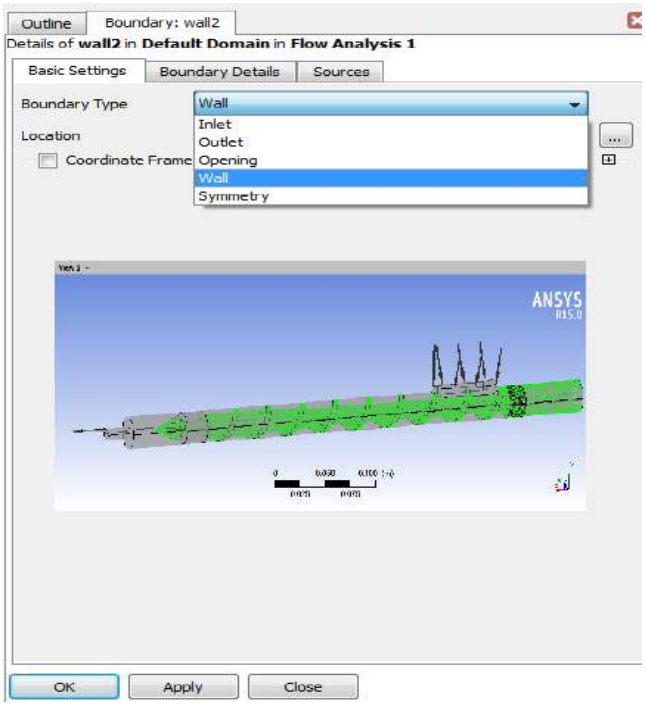



***Figure IV-21:*** Basic setting

- Dernier condition aux limite : WALL3

**Default Domain>** clique à droit sur **WALL> Insert > boundary >WALL 3**

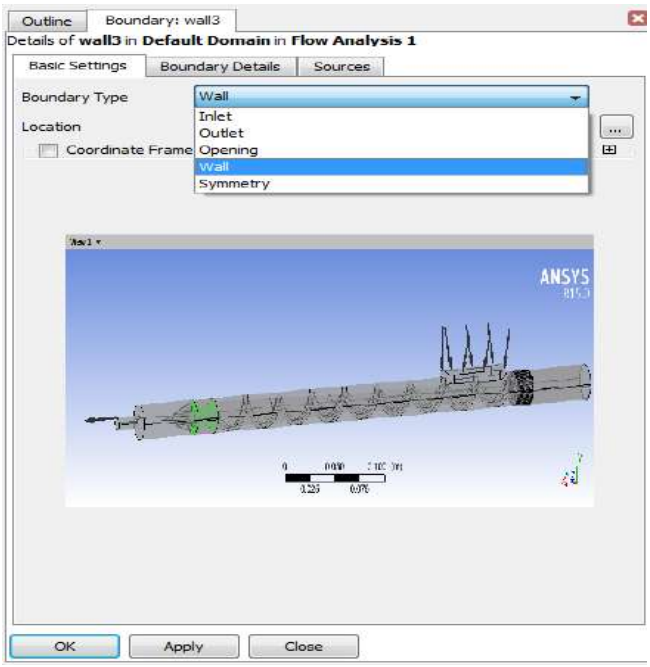



***Figure IV-22 :*** Basic setting

➢ Et le dernier pas dans CFX, on définit les contrôles de résolution dans **solver control** dans l'onglet **basic settings,** on choisit **High resolution** dans **Advection scheme ,** et dans **Convergence Control** on choisit le nombre d'itération maximal et minimal et timescale factor >0.1Dans le même onglet on définit aussi **Risedual Type** <RMS>

Les autres onglets sont laissés intacts Equation Class Setting et Advanced Option

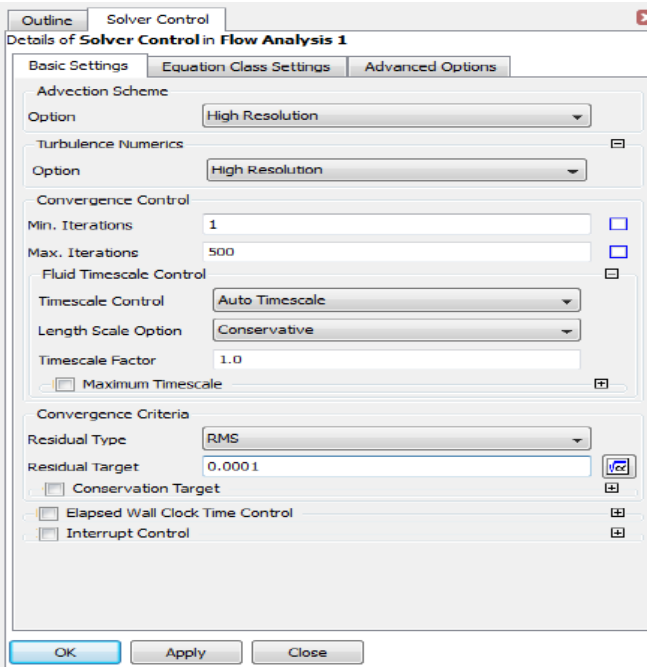



***Figure IV-23:*** Solver control.

**IV.III.4. La solution:**

Pour lancer la solution cliquez sur la cellule solution puis cliquez Solution Itérative

Pour assigner les valeurs initiales avant de calculer une solution.

Les valeurs initiales peuvent être définies de trois manières :

- Introduites automatiquement par le logiciel (par défaut).
- Imposées par l'utilisateur.
- Obtenues à partir d'une solution précédente

Click Start Run pour lancer les calculs

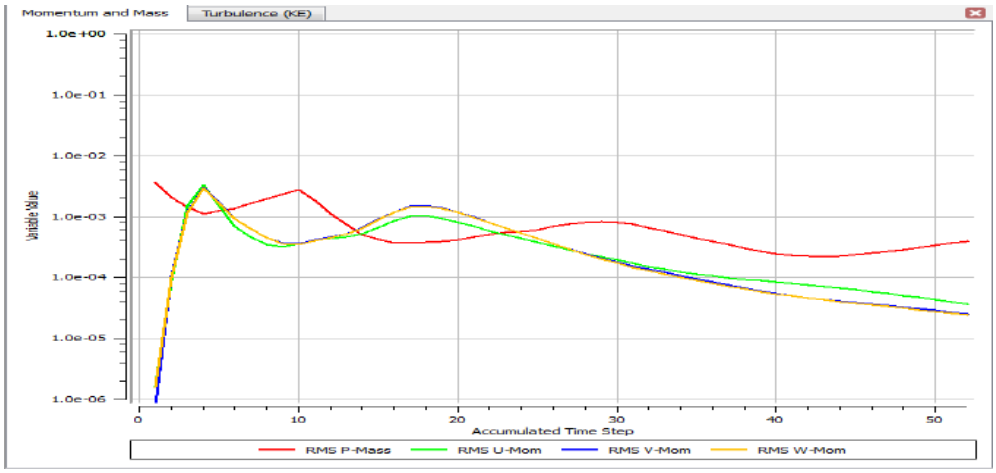



***Figure IV-24 :*** Solution

### IV.III.5. Résultats de CFX

C'est une dernière opération de la simulation. ANSYS (CFX) crée tous les objets de

Traçage prévus : surface, vecteurs, lignes profilées, découpes animations …

Pour lancer le résultat double clic sur la cellule **résultat**

- **Pression :**

On considèrera ici un essai d'injection périodique de polymère comprenant cinq cycles de période 10*s*. Ces cycles mécaniques sont imposés via une évolution périodique de la pression du polymère en entrée du canal. Elle est représentée **Figure IV-25** et est uniforme dans la section d'entrée du canal.

La visualisation d'un cycle complet est représentée Figure IV-8b, on y observe 4 différents paliers de pression :

- Le palier 1 correspond à la phase d'injection : la pression maximale est de 60 bar
- Le palier 2 coïncide avec la phase de compactage
- Le palier 3 traduit une pression résiduelle après l'arrêt du compactage. Celle-ci diminue lentement avant le recul de la vis.
- Le palier 4 représente la phase de dosage de la pièce suivante. La vis se met alors de nouveau en mouvement et dès lors, un peu de matière vient au niveau du convergent de la buse, ce qui fait remonter légèrement la pression.

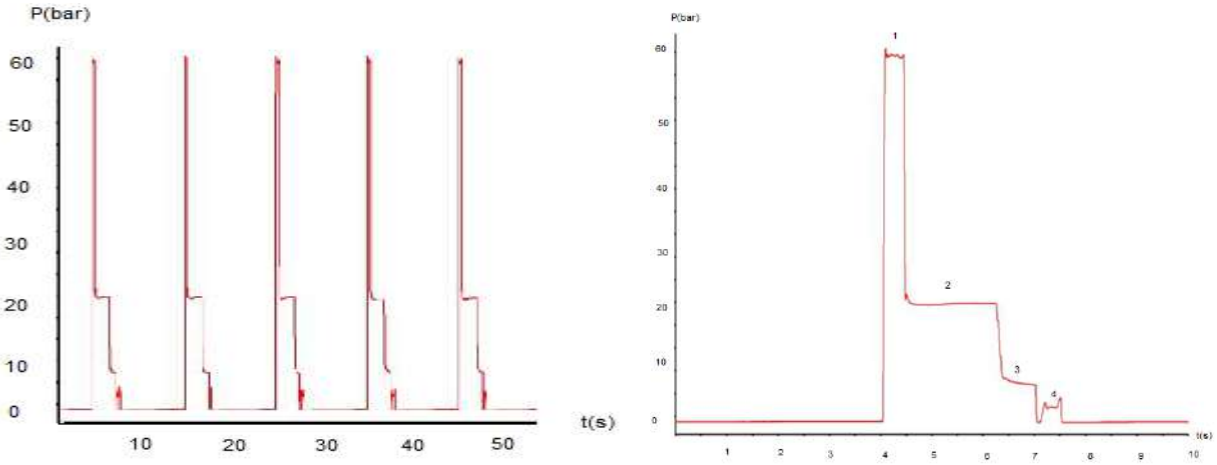



***Figure IV-25* :** Evolution de la pression a) sur 8 cycles et b) sur 1 cycle [4]

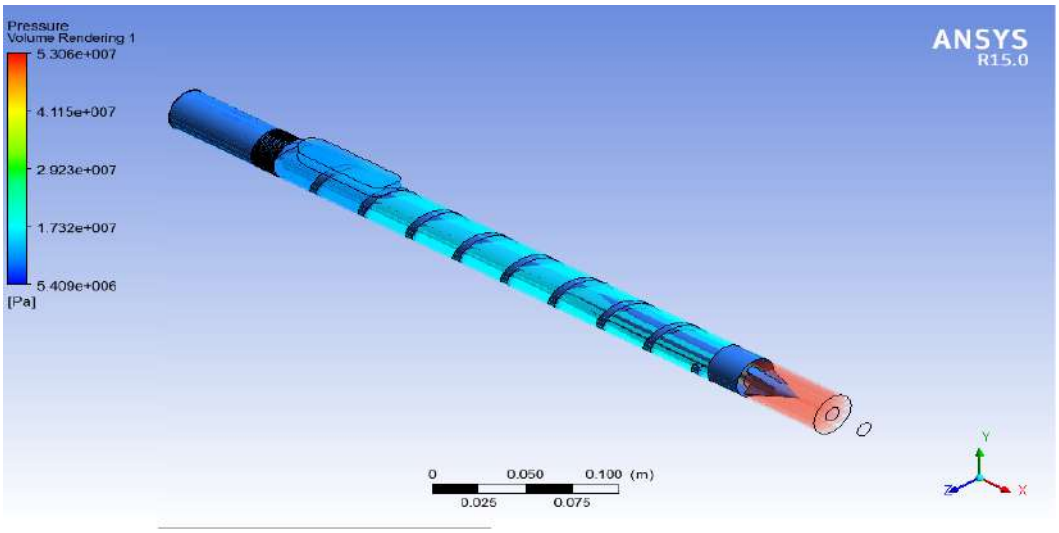



***Figure IV-26*:** contour de pression palier 1

- **Vitesse**

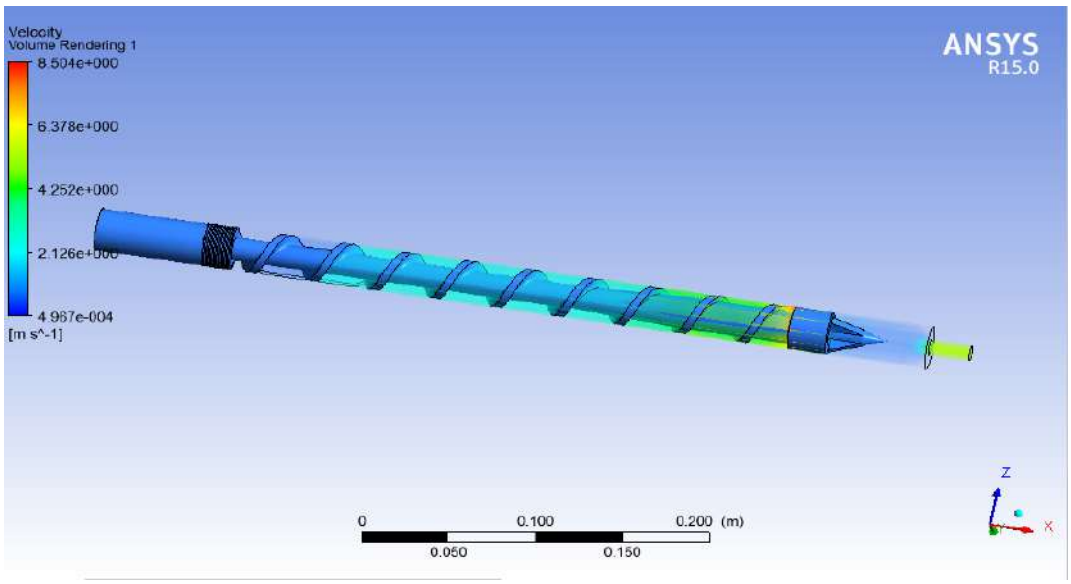



***Figure IV-27*:** contour de vitesse

- **Energie de dissipation**

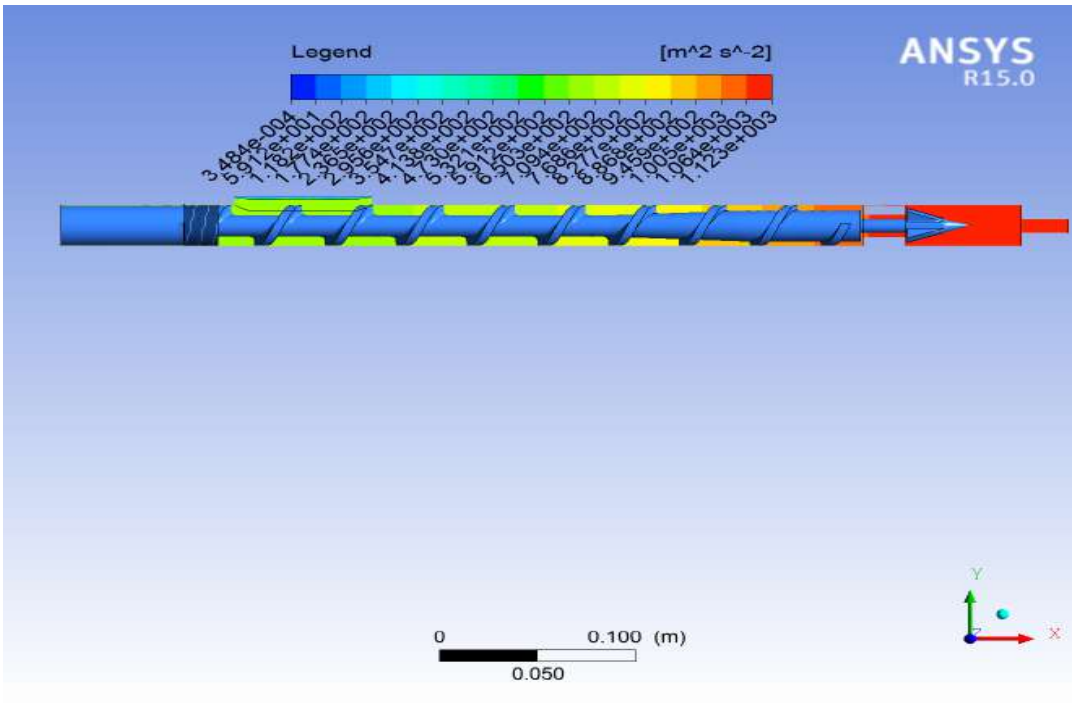



***Figure IV-28*:** énergie de dissipation

- **Les lignes de courant**

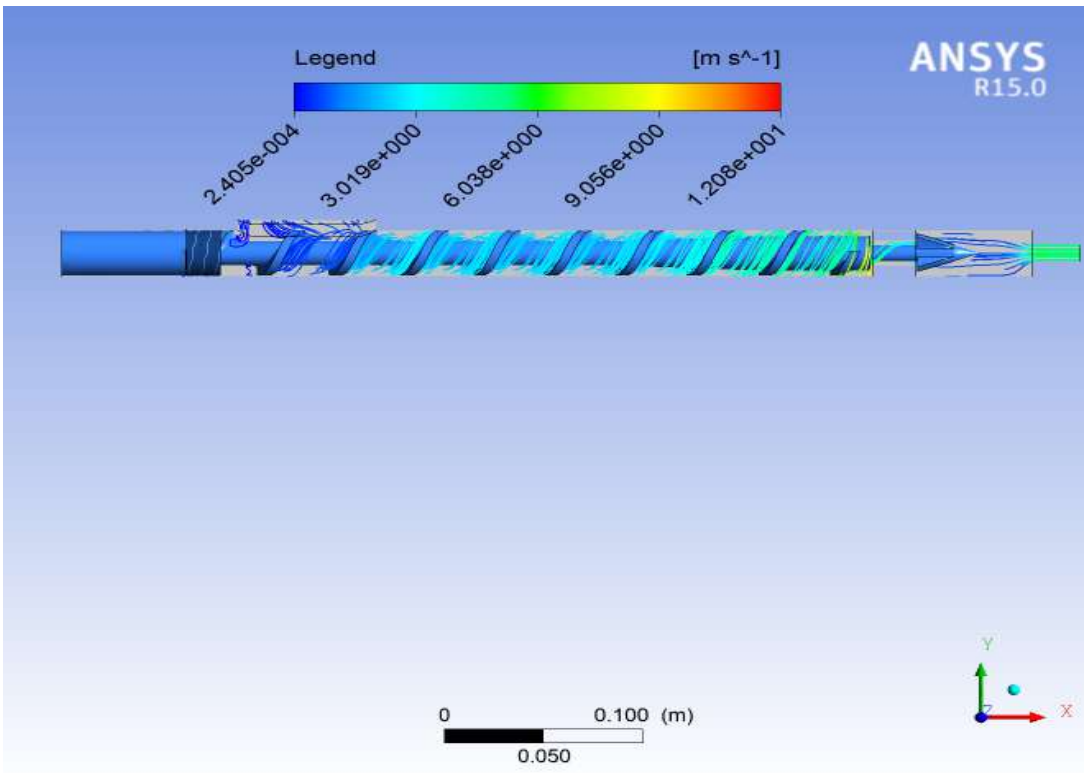



***Figure IV-29*:** les lignes de courant

## *Bibliographie*

**[1] LIAGHAT Tahere** « TWO-WAY FLUID-STRUCTURE COUPLING IN VIBRATION AND DAMPING ANALYSIS OF AN OSCILLATING HYDROFOIL » UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL 2014

**[2] Article** « ANALYSE DE L'INTERACTION FLUIDE STRUCTURE D'UN PROFIL AERODYNAMIQUE OSCILLANTE » Laboratoire de Mécanique Physique et Modélisation Mathématique (lmp2m), Université de Médéa

**[3] ANSYS 15**

**[4] Thèse de DOCTORAT «** Transferts de chaleur dans un écoulement de polymère fondu en régime non stationnaire – Application aux procédés d'extrusion et d'injection **»**Ecole polytechnique de l'Université de Nantes Année 2009

# La commande de la mini-machine

Chapitre

V

## Sommaire

**V.1. L'automate programmable industriel S7-300 de SIEMENS 82**

*V.1.1. Introduction 82*
*V.1.2. Définition générale 82*
*V.1.3. Architecture des automates programmables industriels 83*
*V.1.4 .Structure interne des automates programmables 83*
*V.1.4.1. Le processeur 84*
*V.1.4.2 .Liaisons de communication 84*
**V.2.. Présentation de la gamme SIMATIC de SIEMENS 84**

*V.2. 1 .Création d'un projet STEP7 pas à pas 85*
*V.2.2. Configuration du matériel 87*
*V.2.3. Edition des programmes 88*
*V.2.3.1. S7-GRAPH 89*
*V.2. 3.2. Avantages De L'utilisation Du S7- Graph 91*
**V.3. .Table des mnémoniques 92**

*V.3.1. Table des mnémoniques de la mini-machine d'injection plastique 92*
*V.3.2. GRAFCET de la mini-machine 93*
*V.3. 2.1. Etape 1 : démarrage 93*
*V.3.2.2. Etape 2 : dosage 93*
*V.3. 2.3. Etape 3 : injection 93*
*V.3. 2. 4. Etape 4 : recule de vis d'injection 94*
*V.3. 2.5. Etape 5 : refroidissement 94*
*V.3. 2. 6. Etape 6 : fin de cycle 94*
*V.3. 3. le GRAFCET globale de la mini-machine 95*

## V.1. L'automate programmable industriel S7-300 de SIEMENS

### V.1.1. Introduction

L'industrie moderne que l'on peut qualifier d'industrie de qualité et de quantité, ne cesse d'exiger un matériel de contrôle de plus en plus performant afin de réaliser les deux objectifs, simultanément. Et c'est pour cette raison qu'on voulait remplacer les dispositifs de commande classiques avec tous les inconvénients qui en découlent (logique câblée très compliquée, encombrement, difficulté d'entretien …) par un autre beaucoup plus performant et avantageux.

Ce serait certainement l'Automate Programmable Industriel qui devient de nos jours le cœur de toute unité industrielle moderne.

Le présent chapitre donne une description plus ou moins détaillée de l'API et de tout ce qui y est lié en terme de soft et de hard.

### V.1.2. Définition générale

L'automate programmable industriel A.P.I ou en anglais PLC (Programmable Logiciel Controller) est un appareil électronique programmable. Il réalise des fonctions d'automatisme pour assurer la commande de pré-actionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logiques, analogiques ou numériques. C'est aujourd'hui le constituant essentiel des automatismes. On le trouve non seulement dans tous les secteurs de

l'industrie, mais aussi dans les services et dans l'agriculture.

La force principale d'un automate programmable industriel API réside dans sa grande capacité de communication avec l'environnement industriel. Outre son unité centrale et son alimentation, il est constitué essentiellement de modules d'entrées/sorties, qui lui servent d'interface de communication avec le processus industriel de conduite. Et il a comme rôles principaux dans un processus :

- D'assurer l'acquisition de l'information fournie par les capteurs ;
- En faire le traitement ;
- Elaborer la commande des actionneurs ;
- Assurer également la communication pour l'échange d'informations avec l'environnement.

Selon la norme française EN 61131-1, un automate programmable est un :

« Système électronique fonctionnant de manière numérique, destiné à être utilisé dans un environnement industriel, qui utilise une mémoire programmable pour Le stockage interne des instructions orientées utilisateurs aux fins de mise en ouvre des fonctions spécifiques, telles que des fonctions de logique, de mise en séquence, de temporisation, de comptage, et de calcul arithmétique, pour commander au moyen

d'entrées et de sorties tout ou rien ou analogiques divers types de machines ou de processus. L'automate programmable et ses périphériques associés sont conçus pour pouvoir facilement s'intégrer à un système d'automatisme industriel et être facilement utilisés dans toutes leurs fonctions prévues »

### V.1.3. Architecture des automates programmables industriels

De forme compacte ou modulaire, les automates sont organisés suivant l'architecture suivante :

• Un module d'unité centrale ou CPU, qui assure le traitement de l'information et la gestion de l'ensemble des unités. Ce module comporte un microprocesseur, des circuits périphériques de gestion des entrées/sorties, des mémoires RAM et EEPROM nécessaire pour stocker les programmes, les données, et les paramètres de configuration du système.

• Un module d'alimentation qui, à partir d'une tension 220V/50Hz ou dans certains cas de 24V fournit les tensions continues + /- 5V, +/-12V ou +/- -15V.

• Un ou plusieurs modules d'entrées 'Tout ou Rien' ou analogiques pour l'acquisition des informations provenant de la partie opérative (procédé à conduire).

• Un ou plusieurs modules de sorties 'Tout ou Rien' (TOR) ou analogiques pour transmettre à la partie opérative les signaux de commande. Il y a des modules qui intègrent en même temps des entrées et des sorties.

• Un ou plusieurs modules de communication comprenant :

- Interfaces série utilisant dans la plupart des cas comme support de communication, les liaisons RS-232 ou RS422/RS485 ;
- Interfaces pour assurer l'accès à un bus de terrain ;
- Interface d'accès à un réseau Ethernet.

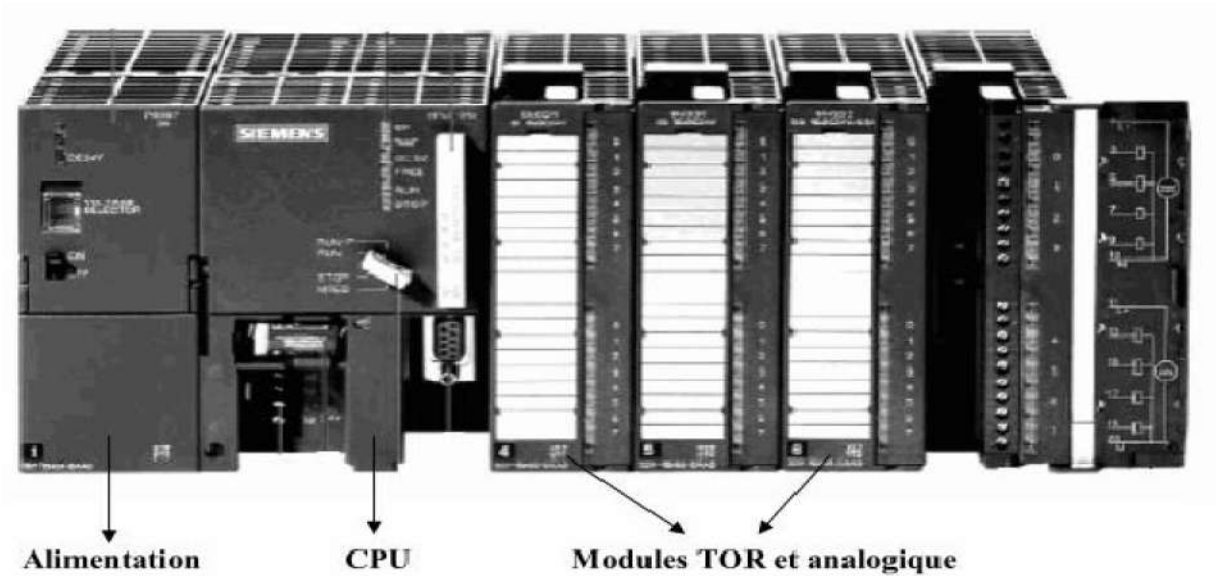



**Figure V.1 :** l'automate programmable siemens[3]

## Caractéristiques :

| | |
|---|---|
| Tension d'alimentation : | 220VCA, 24VCA, 24VCC |
| Taille mémoire RAM : | 8ko, 24ko |
| Nombres d'Entrées/Sorties : | 12E/8S, 24E/12S, .... |
| Temps de scrutation : | 20ms, 10ms... |
| Types de sorties : | Relais, Transistor, Tiristor |
| Encombrement et protection : | Dépend de l'implantation |
| SauvegardeMémoire : | EPROM, EEPROM, pile,... |
| Langages de programmation : | Langage propriétaire constructeur |
| Logique des Entrées TOR : | Logique positive ou négative |

## V.1. 4 . Structure interne des automates programmables

La structure matérielle interne d'un API obéit au schéma donné sur la figure ci dessous

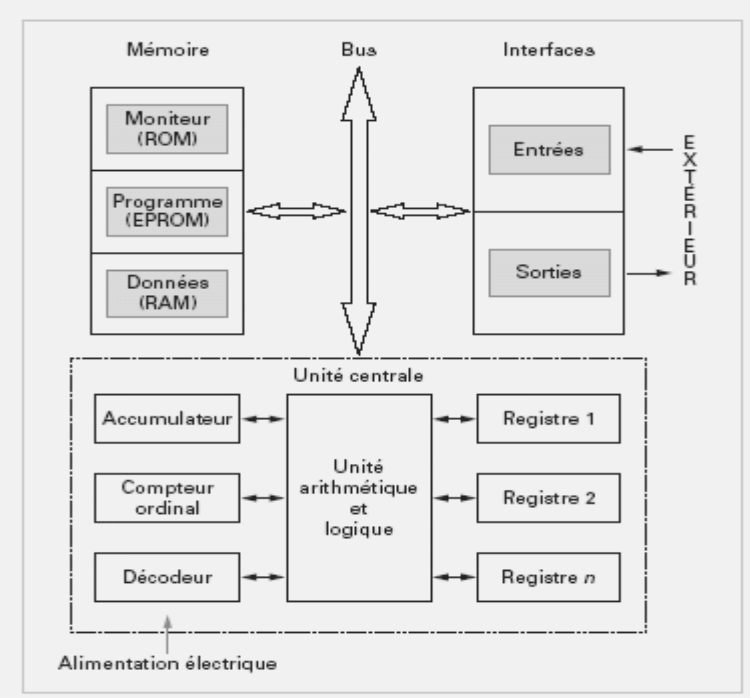



**Figure V.2 : structure interne d'un API** [3]

Détaillons successivement chacun des composants qui apparaissent sur ce schéma.

### V.1.4.1. Le processeur

Il Constitue le cœur de l'appareil dans l'unité centrale ; En fait, un processeur devant être automatisé, se subdivise en une multitude de domaine et processeur partiels plus petits, liés les uns aux autres.

### V.1.4.2. Liaisons de communication

Elles Permettent la communication de l'ensemble des blocs de l'automate et des éventuelles extensions, les liaisons s'effectuent **:**

• avec l'extérieur par des borniers sur lesquels arrivent des câbles transportant le signal électrique.

• avec l'intérieur par des bus reliant divers éléments, afin de d'échanger des données, des états et des adresses.

## V.2. Présentation de la gamme SIMATIC de SIEMENS

Siemens reste le seul à proposer une gamme complète de produits pour l'automatisation industrielle, par le biais de sa gamme SIMATIC**.**

L'intégration globale de tout l'environnement d'automatisation est réalisée grâce à :

• Une configuration et une programmation homogène des différentes unités du système.

• Une gestion cohérente des données.

• Une communication globale entre tous les équipements d'automatisme mis en ouvre.

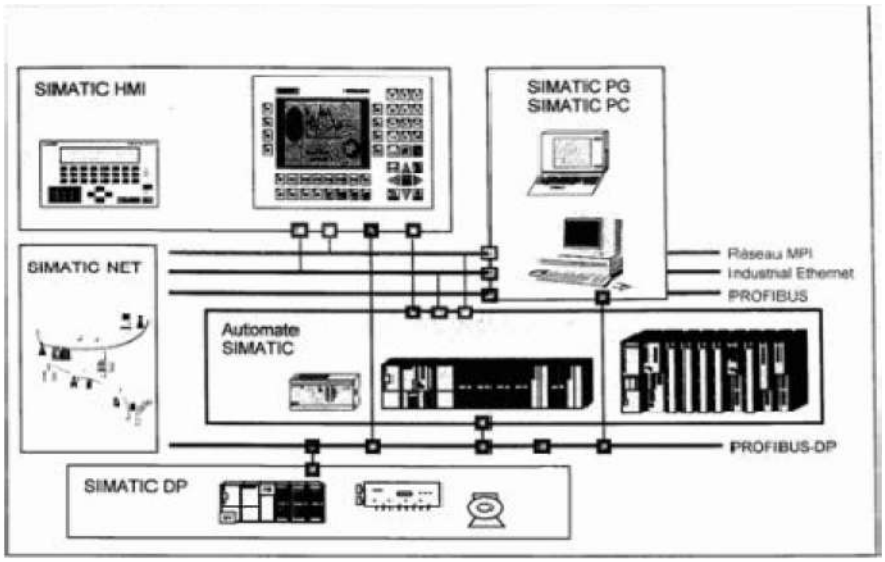



**Figure V.3 :** Présentation de la gamme de SIMATIC**[3]**

## V.2. 1 Création d'un projet STEP7 pas à pas

Un projet comprend deux données essentielles, les programmes et la configuration du matériel, on peut commencer par définir l'une ou l'autre, mais tout d'abord il faut démarrer le programme SIMATIC Manager. Ce programme est l'interface graphique qui permet la manipulation du projet et l'accès aux autres programmes de STEP7.

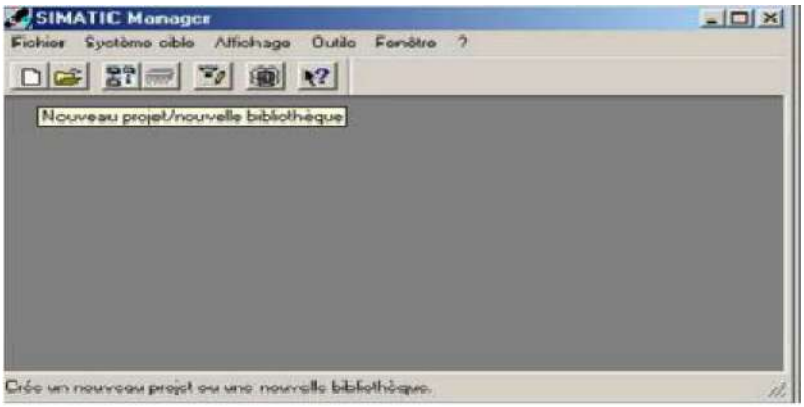



**Figure V.4 :** Création d'un nouveau projet

Pour en créer un nouveau, il suffit de cliquer sur le bouton 'Nouveau projet', attribuer un nom et valider. Ensuite il faut choisir une station de travail. Une station SIMATIC représente une configuration matérielle S7 comportant un ou plusieurs modules programmables. Il existe différents types:

- SIMATIC 400 : Automate à performances extrêmes, adapté à l'exécution de programme de lourds calculs.
- SIMATIC 300 : Automate à extensibilité modulaire.
- SIMATIC H : Automate insensible aux défaillances, il se compose de 2 CPU du même type, en cas de problème elle commute de l'une vers l'autre sans perte de données.
- SIMATIC PC : ou Station PC, représente un PC ou une station OS contenant des composants SIMATIC : des applications (WinCC, par ex.), un automate logiciel ou une carte CPU enfichée dans le PC.
- Autres stations : se sont soit des appareils d'autres fabricants ou bien des stations de SIMATIC S7 contenus dans un autre projet.
- SIMATIC S5 : liaison vers un projet S5.
- PG/PC : Outils de programmation pour contrôleurs SIMATIC **(figure II.10)**, c'est une console de programmation compatible avec le milieu industriel.




**Figure V.5 : Station PC et PG/PC** [2]

Par exemple on va choisir une station SIMATIC 300

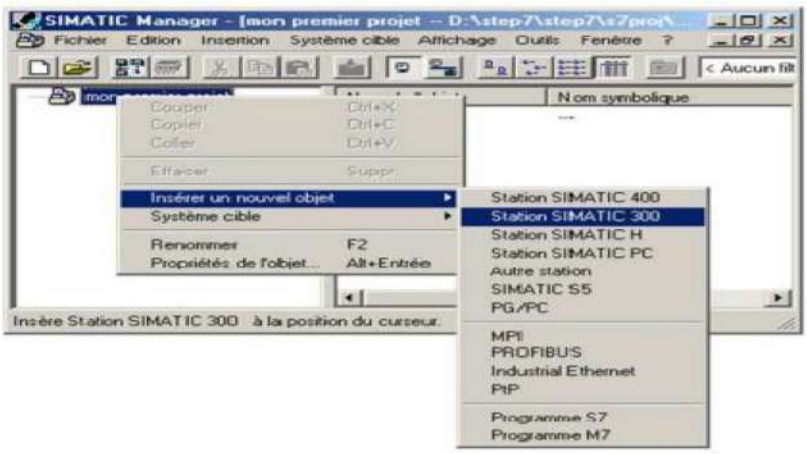



**Figure V.6 :** Choix de la station de travail

Pour commencer, le plus simple est de configurer le matériel, d'éditer les programmes puis les charger dans la CPU. Double clique sur 'Matériel' démarre l'application HW Config.

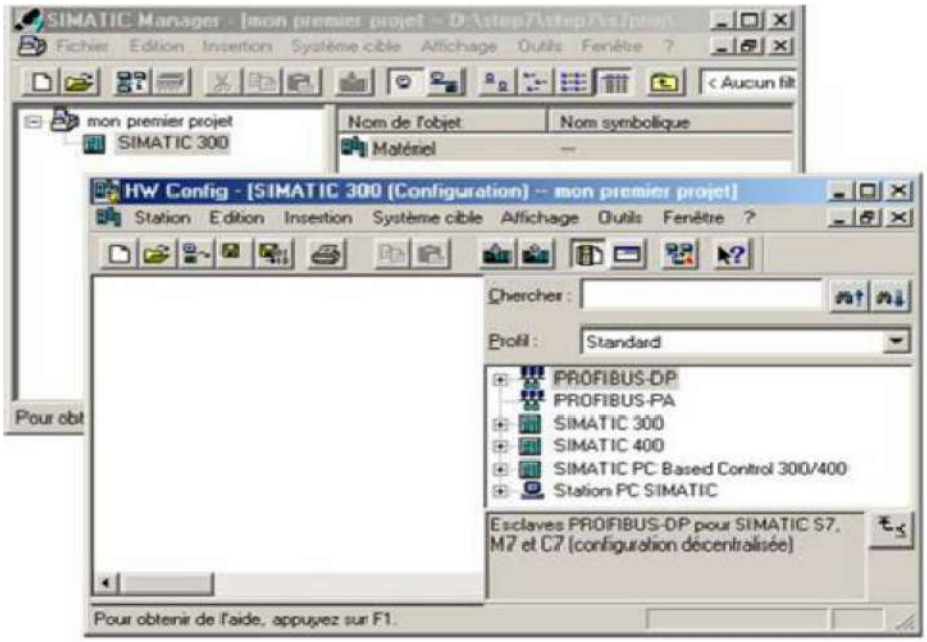



**Figure V.7 :** Configuration du matériel

## V.2.2 Configuration du matériel

Pour configurer le matériel, il suffit de faire glisser des éléments du catalogue dans l'emplacement approprié, on choisit le 'Rack', l'alimentation, la CPU et les E/S... Dans le catalogue on trouve les modules qu'on peut affecter à chaque type de station, on distingue:

- C7 : Système intégré compact qui regroupe automate programmable et interface homme-machine (pupitre opérateur) pour la réalisation de commandes de machines sous encombrement réduit.

- CP : Communication Processor, module de communication (PROFIBUS, Industriel Ethernet, Peer to Peer…).
- FM : Fonction Module, il regroupe les modules de fonctions (régulation, comptage…).
- IM : Coupleurs d'extension, il permet l'ajout d'autres modules.
- M7 : Modules d'extension et cartouches interface pour SIMATIC M7.
- PS : Module d'alimentation.
- Rack : Support mécanique.
- Routeur : Relie Industriel Ethernet à PROFIBUS.
- SM : Signal Module, c'est le module d'E/S, il contient le AI module d'entrées analogiques, le AO module de sorties analogiques, le DI module d'entrées TOR et le DO module de sorties TOR.
- CPU : L'Unité Centrale, noté CPU xxx a b. xxx est la famille de la CPU, a, b sont les propriétés de la CPU (éléments additionnels, port de communication…). Par exemple :
- C : compact, la CPU intègre des modules E/S ainsi que des fonctions spécialisées.
- P t P : Peer to Peer, la CPU intègre un port de communication Point to Point.
- H : Faut-tolérant, des unités de traitements insensibles aux défaillances
- DP : Decentralized Periphery, la CPU intègre un port de communication PROFIBUS

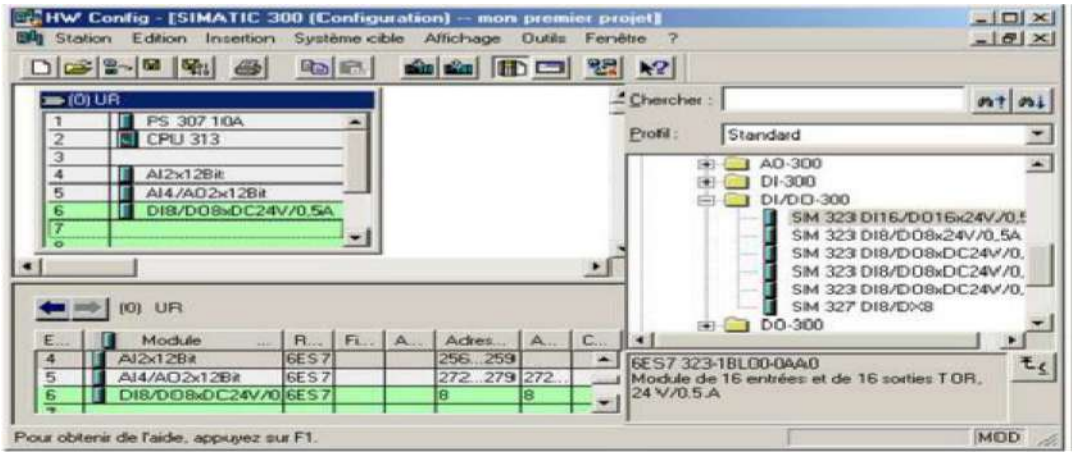



**Figure V.8 :** sélection des modules

Si l'insertion de l'élément choisie est possible dans le Rack, la case appropriée devient verte. Une fois le matériel choisi on sauvegarde, on compile et on charge dans la CPU.

## V.2. 3 Edition des programmes

Dans la section 'bloc' du SIMATIC Manager, on trouve par défaut le bloc d'organisation 1 'OB1' qui représente le programme cyclique. On peut rajouter d'autres blocs à tout moment par une clique droite dans la section Bloc de SIMATIC Manager

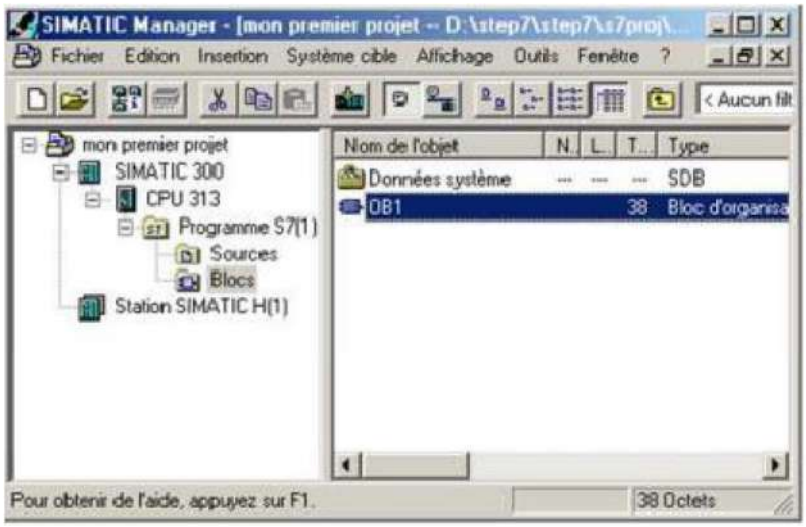



**Figure V.9 :** Edition des programmes

Deux programmes différents s'exécutent dans la CPU: le système d'exploitation et le programme utilisateur.

Le système d'exploitation, organise toutes les fonctions et procédures dans la CPU qui ne sont pas liées à une tâche d'automatisation spécifique. Il gère le déroulement du démarrage à chaud et du redémarrage, l'actualisation de la mémoire image des entrées et l'émission de la mémoire image des sorties,

l'appel du programme utilisateur, la gestion des zones de mémoire l'enregistrement des alarmes et l'appel des OB d'alarme…

Le programme utilisateur contient toutes les fonctions nécessaires au traitement des tâches d'automatisation spécifique. Ce programme doit être créé et chargé dans la CPU par l'utilisateur.

Il détermine les conditions pour le démarrage à chaud et le redémarrage de la CPU (par exemple, initialiser des signaux), il traite les données du processus (par exemple, combiner des signaux binaires, lire et exploiter des valeurs analogiques), il doit réagir aux alarmes et traiter les perturbations dans le déroulement normal du programme.

Le STEP 7 permet de structurer le programme utilisateur en le subdivisant en différentes parties autonomes ou dépendantes. Ceci permet d'écrire des programmes importants mais clairs, simples à tester et à modifier.

### V.2.3.1. S7-GRAPH

Cette application permet l'édition des blocs fonctionnels, en effet elle ne permet pas d'éditer des fonctions car elles n'ont pas des blocs de données associes pour mémorisé l'état des différentes transitions et étapes.

On va illustrer l'édition avec S7-GRAPH, par cet exemple :

Un chariot de transport dans une mine se trouve à l'état initiale au point A, en appuyant sur le bouton poussoir m on démarre le moteur M1, arrivé au point B on démarre M2 jusqu'au point C, on arrête M1 et on continu avec M2 jusqu'au point D, on arrête le chariot.

Pour satisfaire ce cahier de charge, on commence par créer un bloc fonctionnel et un autre de donnée d'instance dans le dossier Blocs du SIMTAIC Manager.

On choisit le GRAPH comme langage de programmation et on lance l'application.

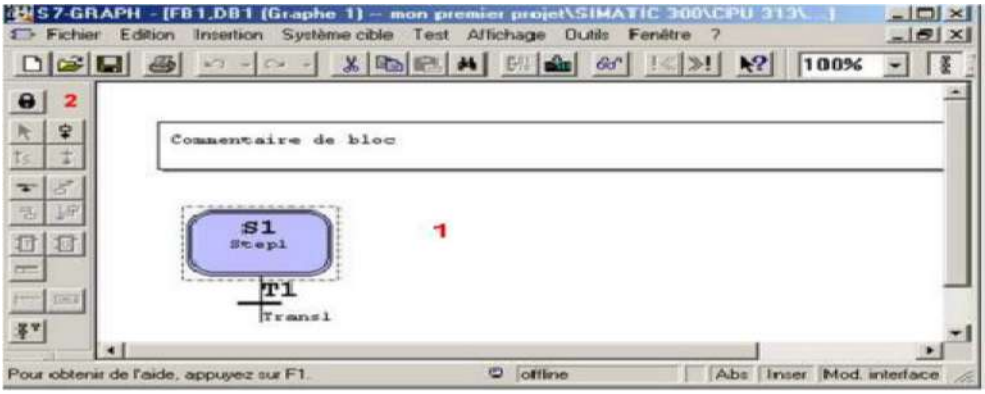



**Figure V.10 : Edition d'un bloc fonctionnel avec S7-GRAPH**

On remarque deux parties, la première est la zone d'édition, la deuxième inclus les éléments à ajouter (des transitions, des branchements, des étapes…).

Pour ajouter un élément à la zone d'édition, il suffit de cliquer sur l'emplacement souhaité puis sur l'élément.

Notre exemple de commande de chariot comprend cinq étapes et quatre transitions.

On commence par les crées

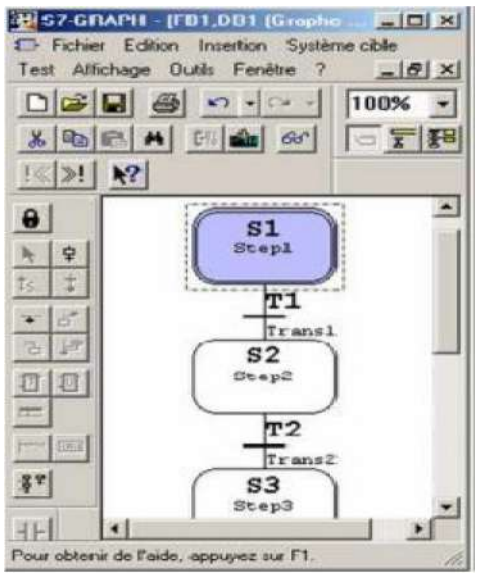



**Figure V.11 :** Edition du GRAPH

Ensuite pour l'édition des actions et des transitions on change l'affichage de 'Graph' à 'Étape'.

Pour ajouter une action, cliquer par le bouton droit de la souris sur la colonne à droite et choisissez 'insérer un nouvel élément' puis sur 'action'. Il existe différent type d'action, le tableau suivant présente les plus utilisées :

| Opération | opérande | Signification |
|---|---|---|
| N | A, E, M ou D | Tant que l'étape est active l'opérande est à 1. |
| S | A, E, M ou D | SET : Dès que l'étape est active, l'opérande est mis à 1. |
| R | A, E, M ou D | RESET : Dès que l'étape est active, l'opérande est mis à 0. |
| D | A, E, M ou D | Delay : n secondes après l'activation de l'étape, l'opérande se mis à 1 pour la durée de l'activation. |
| L | A, E, M ou D | Impulsion : quand l'étape est active, l'opérande se mis à 1 pendant n secondes |
| CALL | FB, FC, SFB ou SFC | Appel de bloc : tant que l'étape est active, le bloc spécifié est appelé. |

**Tableau V.1 : Les action dans le S7-GRAPH** [1]

Pour les transitions, elles peuvent être présentées en langage CONT ou LOG, cliquer sur la colonne à gauche et insérer des éléments (contacts…) depuis le catalogue.

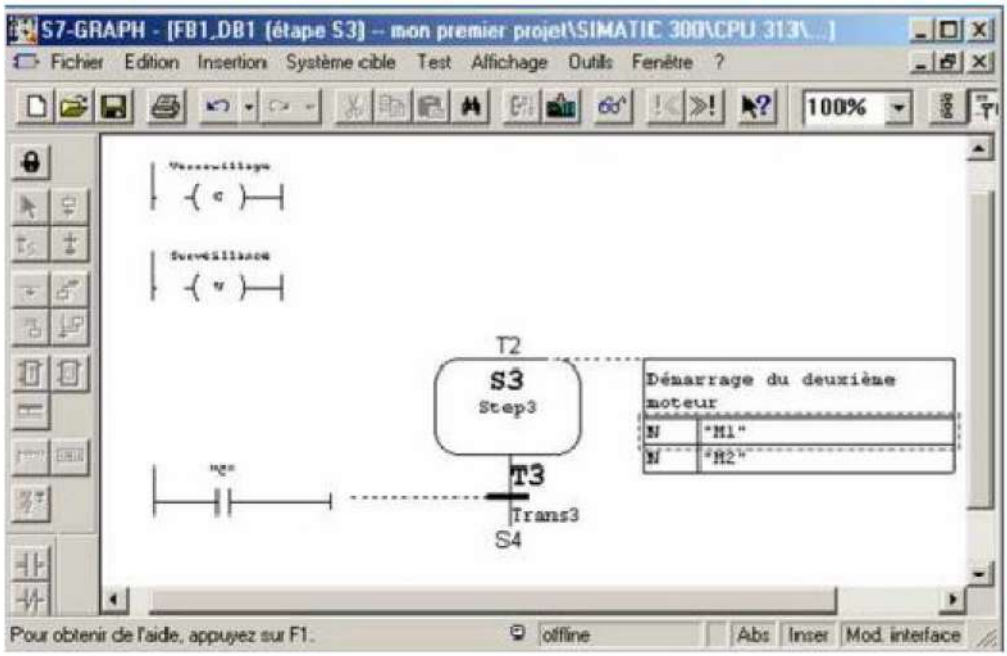



**Figure V.12 :** Edition des actions & transitions

En haut à gauche, on remarque deux autres éléments :

**1.** Verrouillage : l'Interlock, c'est une condition programmable servant à verrouiller une étape et influençant l'exécution de certaines actions.

**2.** Surveillance : Supervision, c'est une condition programmable servant à surveiller une étape et influençant l'évolution du graphe entre cette étape et la suivante.

### V.2.3.2.Avantages De L'utilisation Du S7- Graph

- Avec le langage de programmation S7-GRAPH, l'étendue des fonctions de STEP7 va être élargie à une programmation graphique pour l'enchaînement des commandes.
- Avec S7-GRAPH, vous pouvez programmer l'enchaînement des commandes clairement et rapidement.
- Le processus sera pour cela décomposé en unités et représenté graphiquement.

Dans les unités, les actions à accomplir seront définies.

- Les conditions de la prochaine étape (réceptivités) peuvent être programmées en

CONT ou en LOG.

Le langage de programmation S7-GRAPH correspond à la norme DIN EN 61131-3 (IEC 61131-3) définissant le langage SFC « Séquentiel Fonction Charte ».

## V.3 . Table des mnémoniques

La table de mnémonique a été définie à partir des entrées, sorties, mémentos (variables internes ou momentanées), tempos (variables temporelles), …, qui sont définies par les capteurs, les actionneurs, …, déjà existants dans l'installation initiales de la machine.

Pour mieux gérer le système global, on a préféré de le subdiviser en plusieurs sous-systèmes. Ceci permet de mieux tester et déboguer les programmes.

Ce choix se traduit par la réalisation de chaque partie du système soit par une subroutine soit par une fonction.

### V.3.1 Table des mnémoniques de la mini-machine d'injection plastique

Définition des mnémoniques utilisées pour le projet

| Etat | Mnémonique | Opérande | Type de données | Commentaire |
|---|---|---|---|---|
| | B_marche | E 0.0 | BOOL | bouton démarrage de cycle |
| | B_urgence | E 0.1 | BOOL | bouton arret d'urgence |
| | cycleExecution | OB 1 | OB 1 | |
| | ferméture de verin2 | A 0.4 | BOOL | retoure d'un vis d'injection |
| | ferméture verin1 | A 0.2 | BOOL | ouverture de moule |
| | G7_STD_3 | FC 72 | FC 72 | impultion moteur |
| | ouverture véin2 | A 0.3 | BOOL | opération d'injection |
| | ouverture vérin1 | A 0.1 | BOOL | ferméture de moule |
| | resistonce chauffement | A 0.5 | BOOL | opration de chaufage |
| | rotation de moteur | A 0.0 | BOOL | operation dosage |
| | T>=200°C | E 0.6 | BOOL | capteur de températeur |
| | TIME_TCK | SFC 64 | SFC 64 | Read the System Time |
| | verin1 ferme | E 0.3 | BOOL | fin de course vérin1 ouvert |
| | verin1 ouvert | E 0.2 | BOOL | fin de course vérin1 fermé |
| | verin2 ferme | E 0.5 | BOOL | fin de course vérin2 ouvert |
| | verin2 ouvert | E 0.4 | BOOL | fin de course vérin2 fermé |

**Tableau V.2** : table des mnémoniques

## V.3.2. GRAFCET de la mini-machine

- Le grafcet de fonctionnement du dérouleur est donné par la suite :

### V.3.2.1. Etape 1 : démarrage

- Fermeture de moule
- Ouverture de vérin électrique(V1)

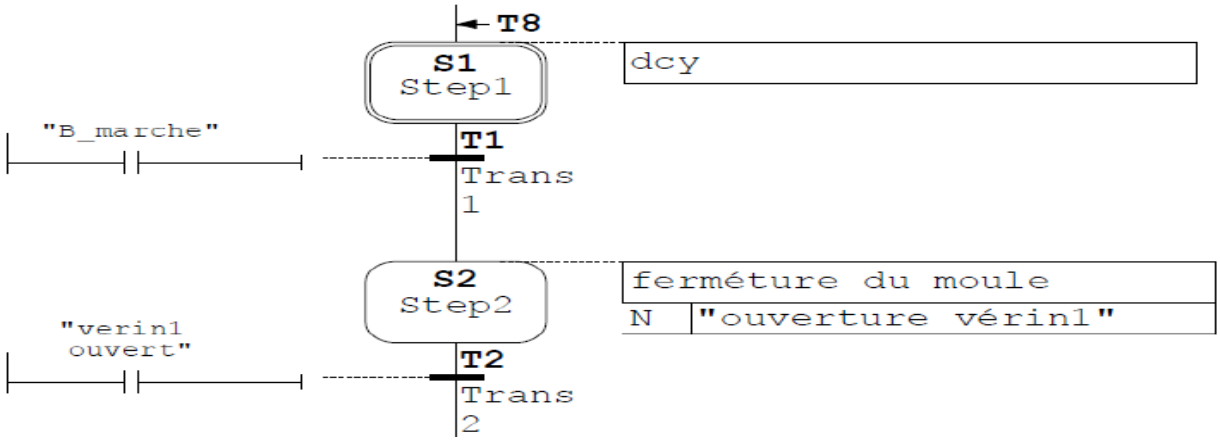



**Figure V.13 :** étape 1 démarrage

### V.3.2.2. Etape 2 : dosage

- rotation de moteur pas à pas

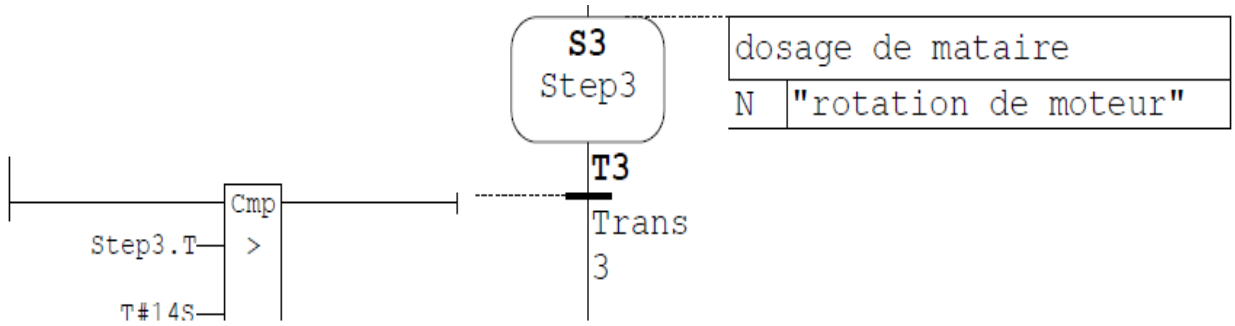



**Figure V.14 :** étape 2 dosage

### II.2.2.3. Etape 3 : injection

- Échauffement des résistances jusqu'à la température de 200 c
- Ouverture de vérin (V2)

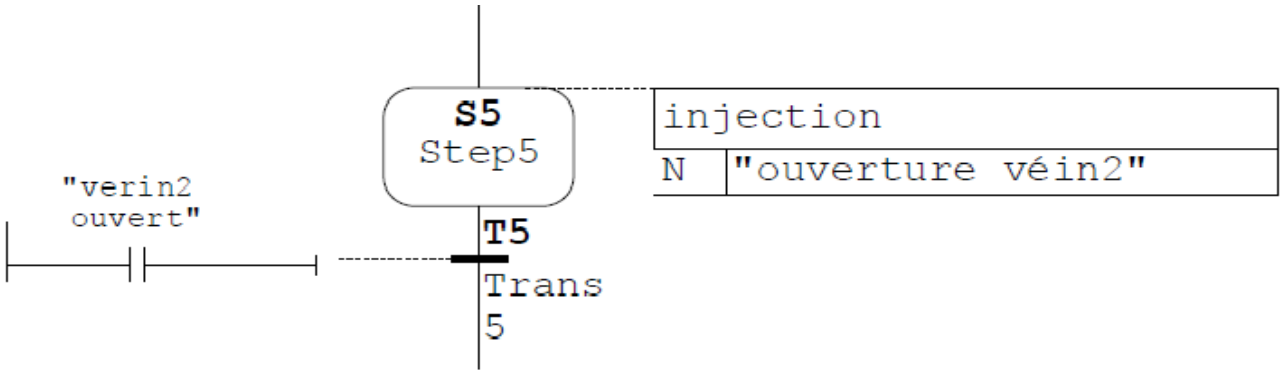



**Figure V. 15 :** étape 3 injection

### V.3.2.4. Etape 4 : recule de vis d'injection

- rotation de moteur pas à pas
- fermeture de vérin électrique(V2)

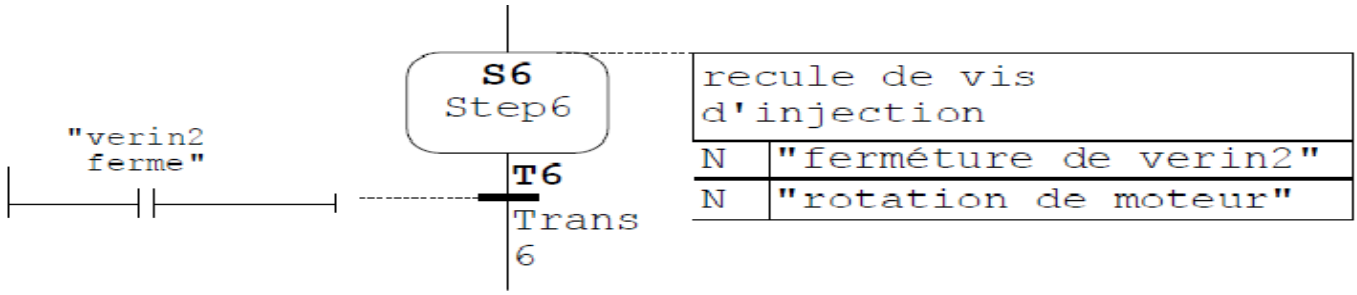



**Figure V. 16 :** étape 4 recule de vis d'injection

### V.3.2.5. Etape 5 : refroidissement

Eteindre des résistances d'échauffement

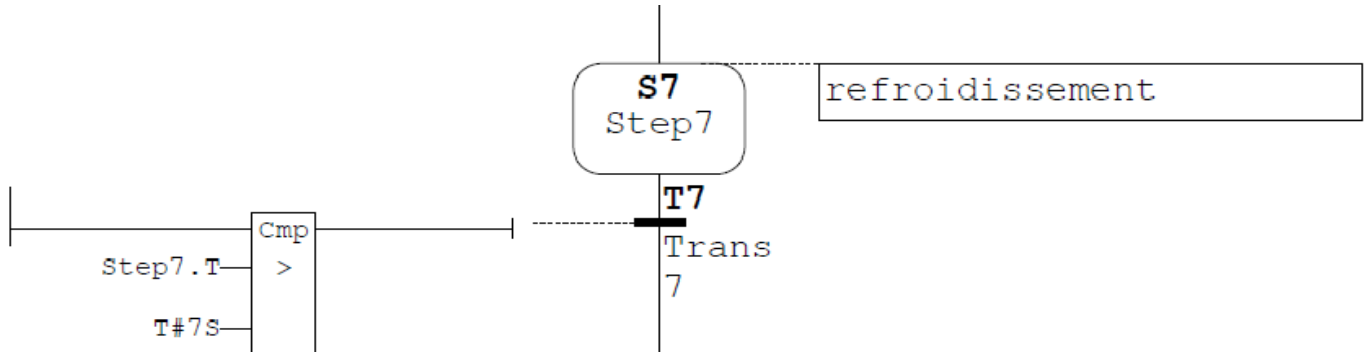



**Figure V.17 :** étape 5 refroidissement

## V.3.2.6. Etape 6 : fin de cycle

- Ouverture de moule
- fermeture de vérin électrique(V1)

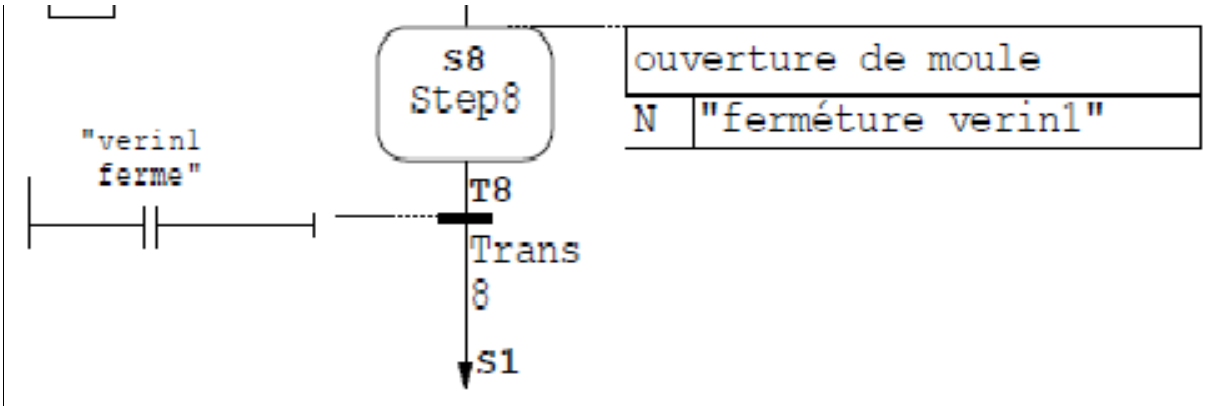
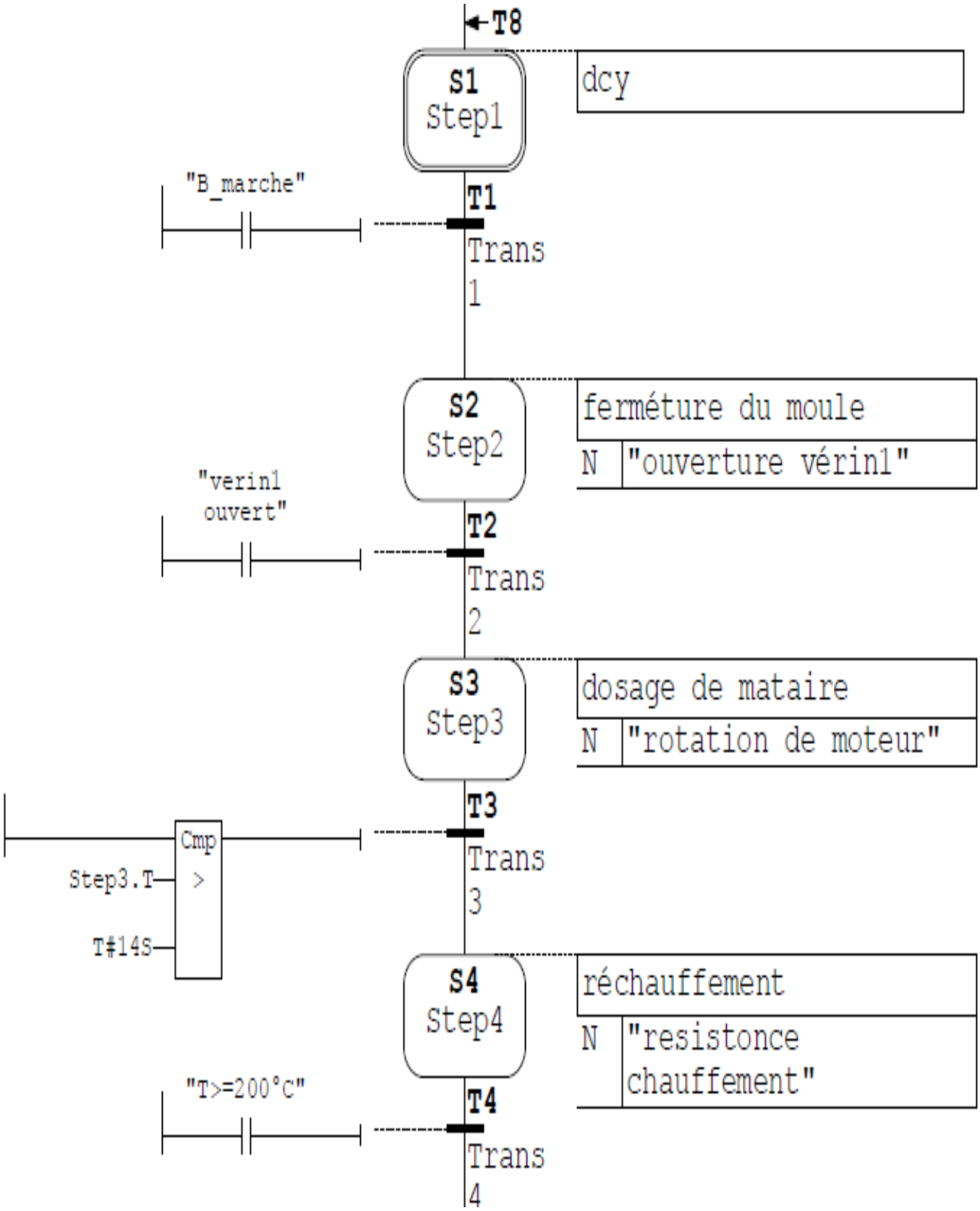



**Figure V.18 :** étape 4 fin de cycle

## V.3.3. Le GRAFCET globale de la mini-machine



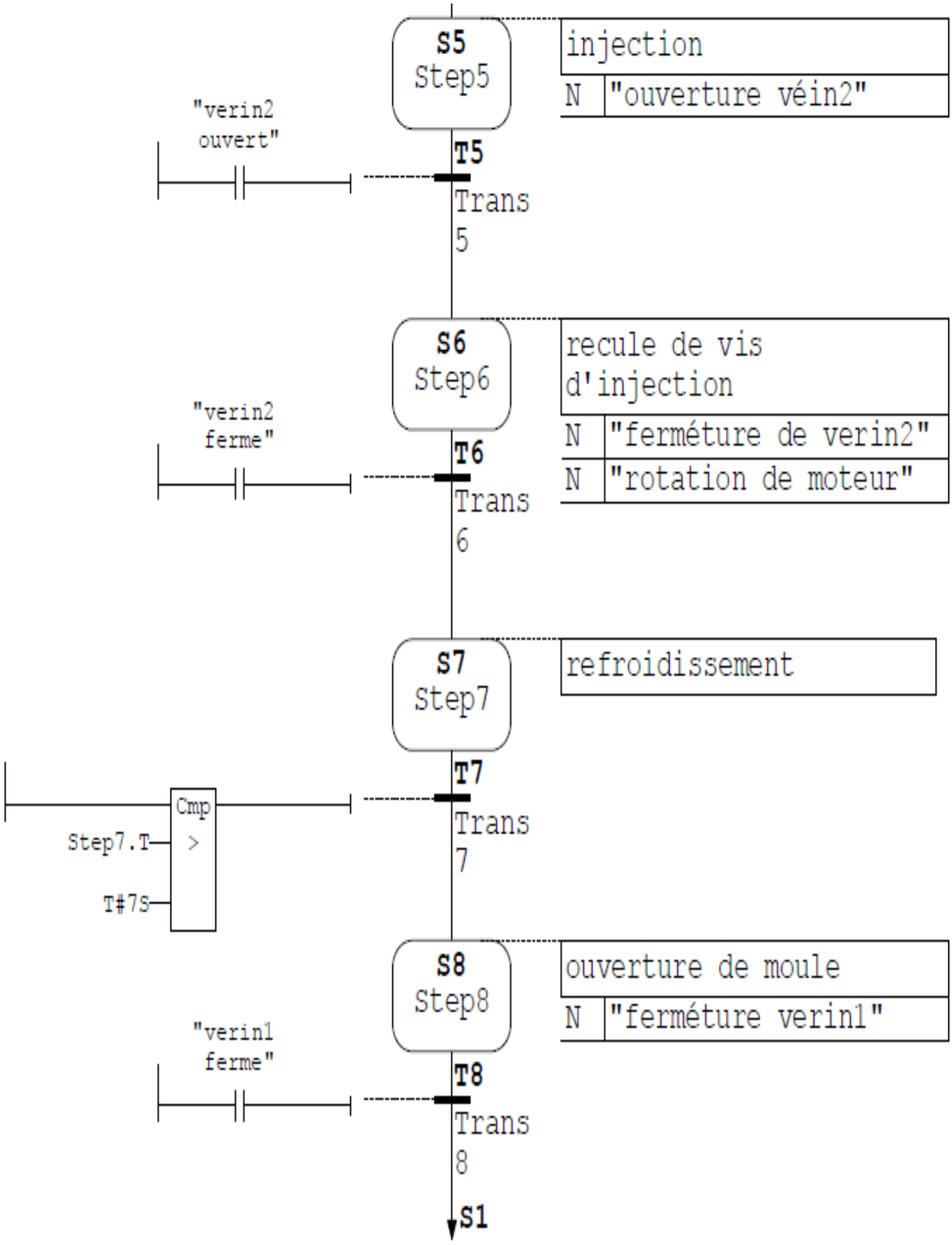



**Figure V.19 :** Le GRAFCET globale de la mini-machine

# *Bibliographie*

.

**[1] LOUNES Abdelaali , MEGHSEL Mohamed**, *Projet de Fin d'Etude « Réalisation de la commande d'une Mini-machine d'injection plastique »2015-2016*

**[2] R.BOUROUBI**, *«Mise en ouvre du logiciel STEP 7, application à l'automate programmable S7-314 IFM ».2008-2009*

**[3] Mr. BENZIANE Amine, Mr BERKANE Yahia** , *Projet de Fin d'Etude «Réalisation de la commande et d'une interface Homme-machine à base d'un automate programmable S7-300 de SIEMENS application à une machine profileuse», univ medea 2 0 1 2 - 2 0 1 3*

**[4] SIEMENS**, *«Programmation avec STEP 7 », SIMATIC.*

# Conclusion Générale

Dans nos jours, on nage dans les matières plastiques qui proviennent de l'injection. Les produits en matière plastique sont très présents dans notre vie quotidienne, on les trouve partout autour de nous : bouteille d'eau, cafetière, ventilateur, emballages, stylo, règle, équerre, calculatrice, chaise, couverture, de livres, poubelle

Le but de ce travail est l'amélioration de la conception d'une mini-machine réalisée dans le laboratoire LMP2M de l'université de Médéa dans le cadre des projets de fin d'étude :

1) **MENACER Sofiane, MOUSSI Abdallah**, *«Conception et Réalisation d'une Mini-Machine d'injection Plastique » projet de fins d'étude Université Dr yahia fares medea 2014-2015.*
2) **LOUNES Abdelaali , MEGHSEL Mohamed**, *Projet de Fin d'Etude « Réalisation de la commande d'une Mini-machine d'injection plastique »2015-2016*

On a amélioré la machine actuelle par l'ajout d'un vérin d'injection. Le travail a été devisé en :

- Calcul analytique de la couse, la pression d'injection, le temps d'injection et la force d'injection
- Le calcul des paramètres dans le système vis-fourreau avec l'utilisation du logiciel Ansys
- La conception de la nouvelle commande

En perspective, on propose de continuer le travail pour réaliser la machine d'injection.