

Chapitre II : Les Principaux Procédés de Mise en Forme

II-1 Introduction :

Plus que tout autre matériau, les matières plastiques offrent un large choix de techniques de transformation. Les produits initiaux [formulations complètes (nommées aussi matériaux polymères), compounds] se présentent sous forme de granulé, poudre, pastille, pâte ou liquide. Les matières hygroscopiques (PA, ABS, PBT, PMMA, etc.) subissent un préséchage avant la mise en œuvre afin d'éviter tout défaut lié à l'humidité sur les pièces plastiques. Les états plastique ou visqueux sont nécessaires pour mettre en œuvre les techniques de mise en forme des matériaux polymères. Les transformateurs réalisent les objets finis destinés aux utilisateurs à l'aide de matériels et de matières fournies par les producteurs de polymères ou les compoundeurs.

II-2 Le procédé d'injection

II-2-1 Présentation

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

❖ Paramètres d'injection

L'injection plastique est sur une presse d'injection est gouverné par plusieurs paramètres sur lesquels il faut agir et les optimiser, ces paramètres sont:

- Force de verrouillage ;
- Temps de dosage;
- Vitesse d'injection;
- Débit d'injection;
- Temps d'injection;
- Pression d'injection;
- Pression de maintien;
- Temps de maintien.

II-2-2 Les Presses d'injection

Une presse d'injection des thermoplastiques est composée par les ensembles suivants:

- Ensemble d'injection et de plastification (trémie, fourreau, vis) ;
- Ensemble de fermeture (moule, vérin de fermeture) ;
- Ensemble hydraulique (système hydraulique) ;
- La partie commande.

Une machine est caractérisée par :

- La force de fermeture qui est comprise entre 50 tonnes et 3000 tonnes ;
- La pression sur la matière injectée qui peut atteindre 2000 bars ;
- La capacité d'injection (en cm³ ou en kg)

Suivant le sens d'injection on distingue :

- Les presses verticales (faible capacité) ;
- Les presses horizontales (machines plus fréquentes).

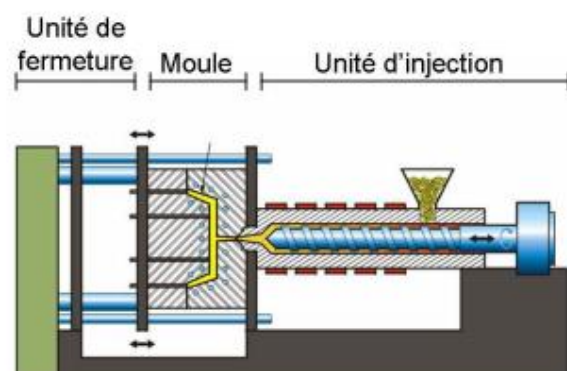
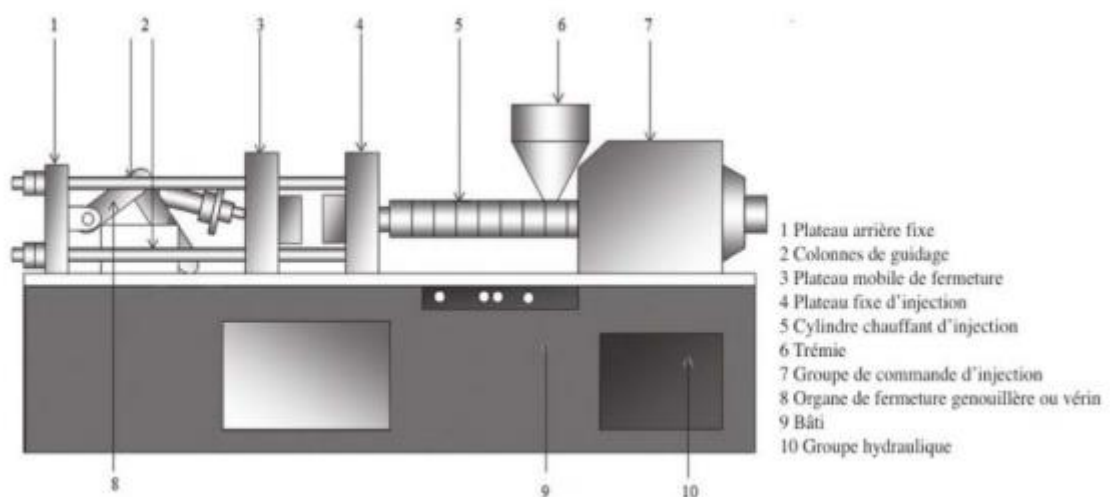


Figure II. 1. Les parties constitutives d'une Presse d'injection.



Figure II.2. Photo d'une presse d'injection industrielle.

II.2.3 Les phases d'injection

Les différentes phases du cycle d'injection se déroulent de la manière suivante (Figure II.3) :

1. Le polymère est fondu dans un dispositif vis-fourreau semblable à celui de l'extrudeuse monovis, mais dans lequel la vis possède une possibilité de mouvement supplémentaire.
2. Dans un premier temps, la buse à l'extrémité du fourreau étant obturée, la vis tourne en reculant et le polymère fondu s'accumule en tête de vis.
3. Une fois que la quantité de polymère nécessaire à la fabrication de la pièce a été fondue, la buse s'ouvre et la vis se transforme en piston qui injecte à grande vitesse le polymère chaud dans un moule fermé et froid : c'est la phase de remplissage.
4. Le refroidissement du polymère est lent du fait de sa faible conductivité thermique. Il est donc possible de compenser en partie la variation de volume spécifique du polymère en continuant à injecter du polymère liquide sous forte pression : c'est la phase de compactage.
5. Une fois que le canal reliant la buse de la presse à injecter au moule est solidifié, il n'y a plus de compactage possible. La pièce continue à se refroidir dans le moule puis, après éjection, à l'extérieur du moule.
6. Recommencer avec la prochaine pièce.

Pour réaliser ce cycle, les fonctions suivantes sont nécessaires :

- ✚ Alimenter la presse en granulés ;
- ✚ Faire fondre les granulés ;
- ✚ Doser le volume de matière fondue qui va être introduit dans le moule ;
- ✚ Introduire la matière fondue dans le moule...

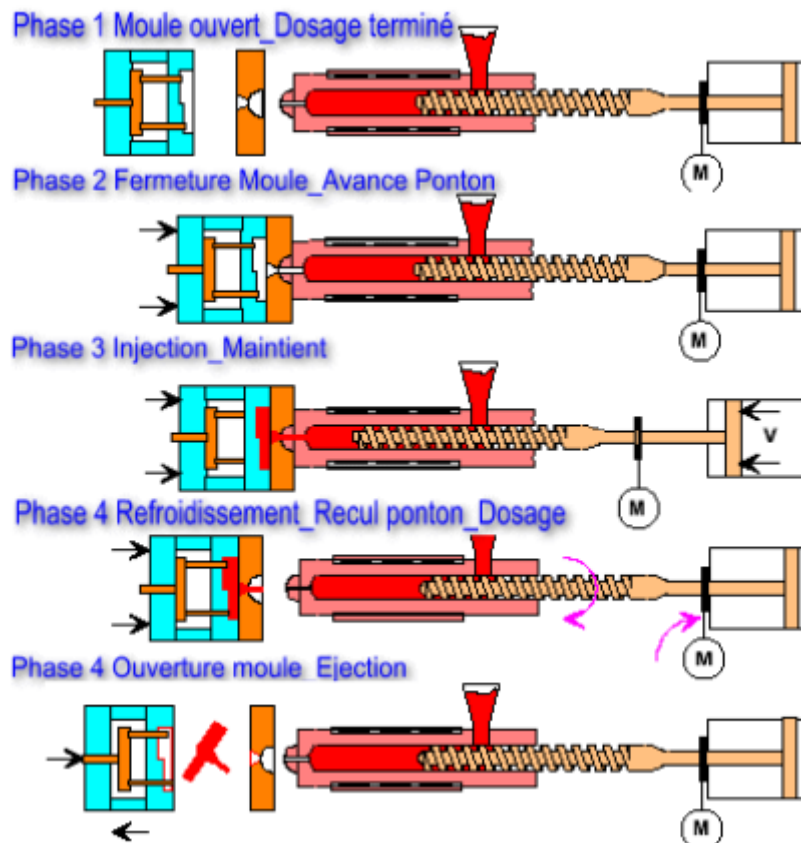


Figure II.3. Les différentes phases du cycle d'injection.

Quelques pièces plastiques injectées



II.2.4 Système d'injection à vis mobile

De loin le plus répandu, le système d'injection à vis mobile combine la plastification de la matière par un système vis-fourreau d'extrudeuse et l'utilisation de la vis de plastification comme piston d'injection.

Il se compose d'un fourreau thermo-régulé, d'un système d'alimentation en matière, d'une vis mobile, d'un système d'entraînement en rotation de la vis, d'un système d'entraînement en translation de la vis, d'un bâti mobile appelé ponton et d'un système de guidage et de mise en appui du ponton.

❖ Le **fourreau** est thermo-régulé afin d'avoir une température suffisante pour faire fondre la matière ou la maintenir à l'état fondu. Il comporte à une extrémité la buse d'injection et à l'autre extrémité le dispositif d'alimentation et les systèmes d'entraînement en rotation et en translation de la vis. La buse d'injection crée la continuité de l'écoulement entre le fourreau et le moule lors de l'injection, et assure son étanchéité au contact avec le moule.

❖ Le dispositif d'**alimentation**, généralement une trémie, alimente la presse en matière, essentiellement sous forme de granulés.

❖ Le système d'**entraînement en rotation de la vis** fait tourner la vis pour plastifier la matière pendant la phase de dosage. Lorsque la vis est entraînée en rotation, elle permet de transporter les granulés vers l'avant du fourreau, de faire fondre la matière et de faire progresser la matière fondue vers l'avant du fourreau. Elle agit comme un piston lors de l'injection, soit en exerçant une pression sur la matière fondue, soit en imposant un débit.

Elle comporte un clapet anti-retour à son extrémité antérieure, afin d'assurer l'étanchéité avec les parois du fourreau lors de l'injection.

❖ Le système d'**entraînement en translation de la vis** exerce une force sur la vis ou impose un déplacement afin de créer un écoulement de matière fondue dans le moule lors de l'injection.

❖ Le **ponton** est mobile afin de venir en appui sur le moule lors de l'injection et de pouvoir s'écarter du moule, pour les opérations de purge et de changement de moule. Le ponton mobile porte le fourreau contenant la vis, le système d'entraînement en rotation et en translation de la vis ainsi que le système d'alimentation en matière.

❖ Le **dispositif de guidage du ponton** assure le positionnement de la buse par rapport au moule. Il permet ainsi le bon alignement du canal de la buse et de celui du système d'alimentation du moule.

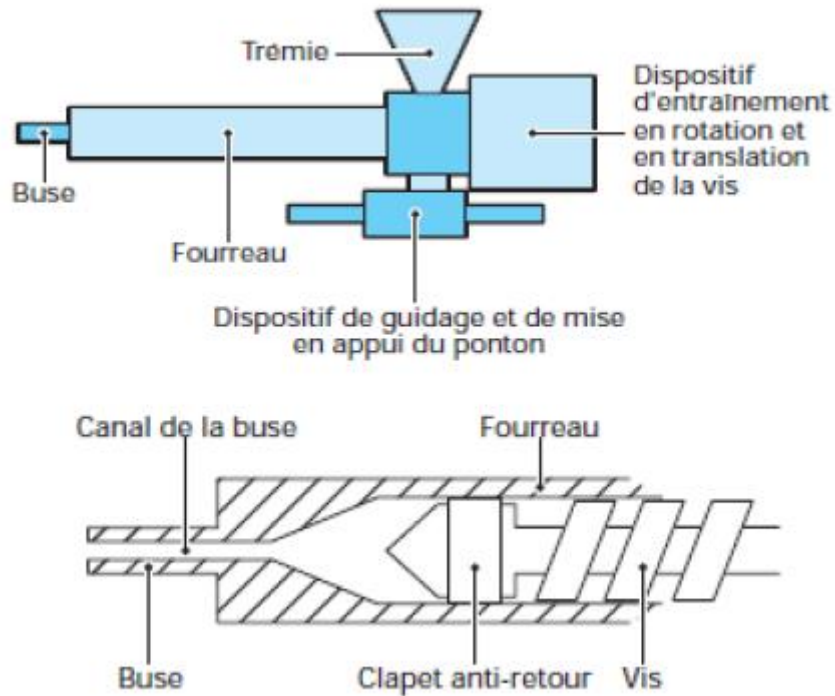


Figure II.4. Détail du système d'injection à vis mobile.

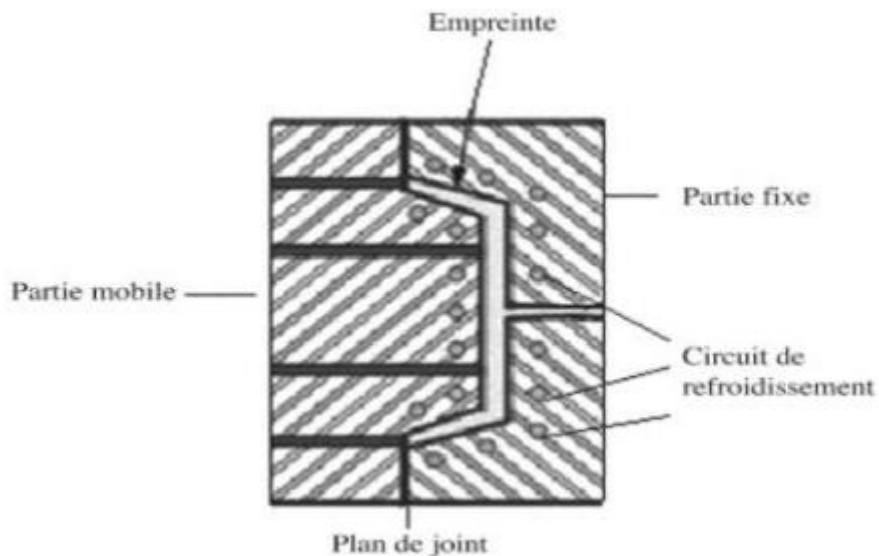


Figure II.5. Fonction du moule d'injection.

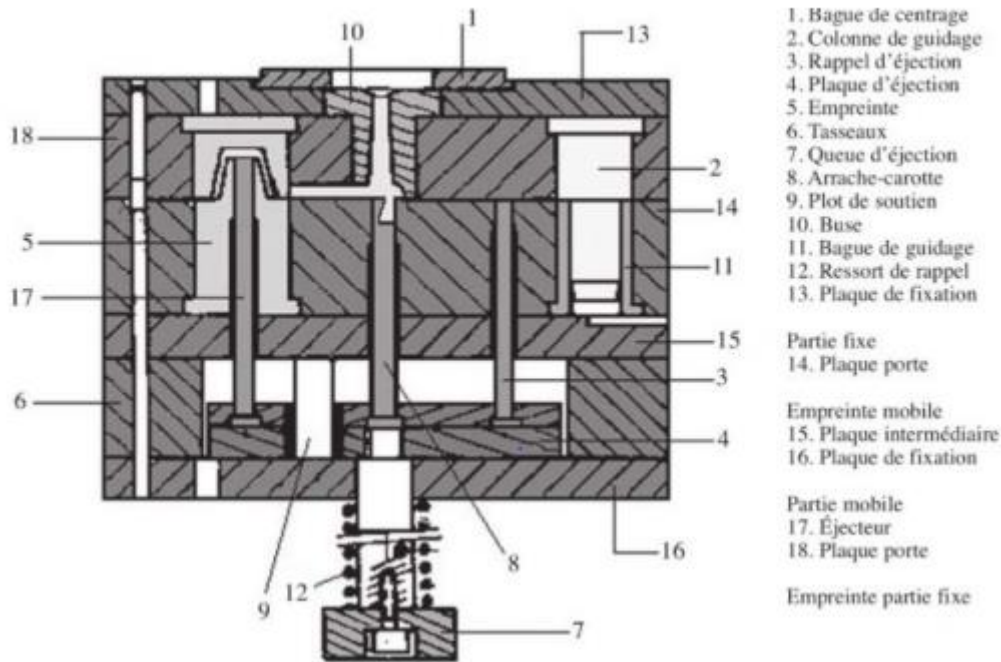


Figure II.6. Coupe d'un moule d'injection.

❖ Clapet anti-retour

Le clapet anti-retour permet à la vis de fonctionner comme un piston pendant l'injection et comme une vis d'extrusion pendant la phase de plastification. Lorsque la vis commence à avancer. La bague reste immobile grâce aux frottements sur le film de matière formé dans l'entrefer entre le fourreau et la bague. Lors de l'avancée de la vis, la pression créée dans la matière devant la vis plaque le clapet sur son siège.

La matière située entre la bague et le siège est chassée vers l'avant et vers l'arrière de la vis. On peut supposer que la matière s'écoule majoritairement vers l'arrière à cause de la pression créée par l'avancée de la vis.

Avant la fermeture complète du clapet, un écoulement de matière s'établit entre l'avant de la vis, mis sous pression par l'avancée de la vis, et l'arrière du clapet, débouchant sur le filet de la vis. Cet écoulement de matière diminue le volume injecté dans le moule et est assimilable à une fuite de matière vers l'arrière de la vis.

Si les fuites sont constantes d'un cycle à l'autre, le procédé sera stable. Cependant des variations sont inévitables car les fuites sont le résultat de la combinaison de plusieurs facteurs dont les propriétés rhéologiques de la matière.

Pour limiter les fuites de matière lors de la fermeture et leurs variations, la course de fermeture devra être aussi réduite que possible.

Lors de la phase de plastification, également appelée dosage, le système vis-fourreau fonctionne comme une extrudeuse dont la vis recule sous l'effet de la pression créée par le pompage de matière fondue devant la vis. La matière peut rester sans dommage à une température décroît rapidement avec l'élévation de cette dernière. Dans les endroits où la matière n'est pas renouvelée au cours des cycles d'injection, son temps de séjour est important et elle subit une dégradation. Pour cette raison, la conception du clapet anti-retour devra exclure toute possibilité d'avoir une stagnation de matière. Lors de la plastification, la vis est entraînée en rotation et se déplace axialement. Le clapet est entraîné en translation par les ailettes de la tête de la vis, alors que les frottements sur le film de matière adhérant au fourreau empêchent sa rotation. La vis est donc en mouvement relatif de rotation par rapport à la bague et le flux de matière sortant de la vis vient plaquer cette dernière sur les ailettes, provoquant une usure par frottement des ailettes et de la bague. La transformation de matière très sensible à la chaleur, comme le PVC, demande une pointe de vis sans clapet anti-retour afin d'éliminer toute stagnation et de minimiser les cisaillements. La même solution est adoptée pour éviter un échauffement par cisaillement des thermodurcissables.

La tête de vis comportant le clapet anti-retour est assemblée par vissage et centrée par une portée cylindrique dans la vis. Le filetage de la vis utilisé est choisi en sens contraire du sens de rotation de la vis, de façon à être vissé lors de la plastification.

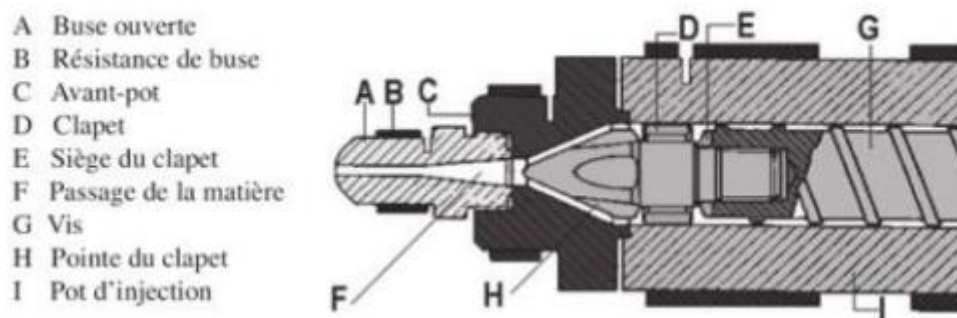


Figure II.7. Bus et clapet.

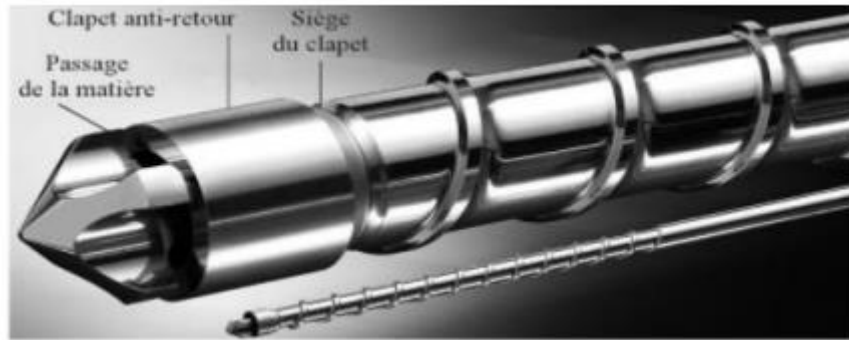


Figure II.8. Exemple de vis d'injection.

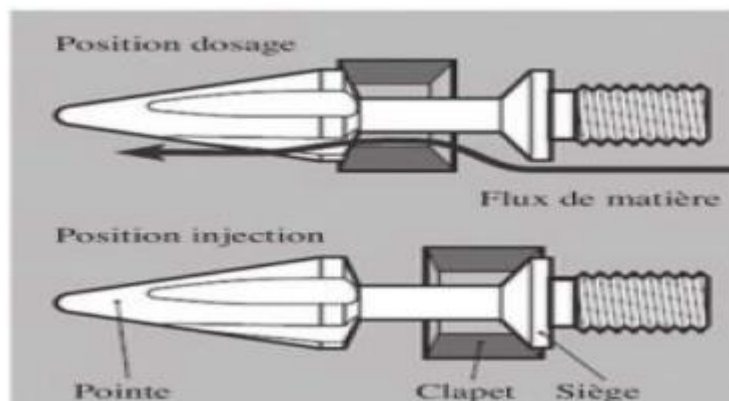


Figure II.9. Clapet anti retour.

Une presse d'injection est une machine dont les réglages sont complexes. La difficulté essentielle provient de l'interdépendance de certaines grandeurs d'entrée.