

### Chapitre 1. Généralités sur l'injection plastiques

#### I.1. Historique

La plasturgie existe depuis l'Antiquité avec notamment la caséine, mais elle se développe surtout au cours du 19<sup>e</sup> siècle avec la mise au point de nouveaux plastiques comme le Chlorure de Vinyle, les Celluloïds ou la Galalithe (à base de lait).

À ce stade, ces nouveaux matériaux permettent de fabriquer de petits objets et commencent à se substituer à des matériaux existants. Ils restent néanmoins souvent usinés et non moulés.

La première partie du 20<sup>e</sup> siècle voit les grandes découvertes de nouveaux polymères et des processus industriels. C'est notamment l'apparition de l'injection plastique. Sur cette période, on découvre la Bakélite, le Polychlorure de Vinyle - PVC, Polyméthacrylate de Méthyle - PMMA, le Polyéthylène Haute Densité - PEHD ou encore les Polyamides - PA. La demande pour ces nouveaux matériaux grandit notamment lors de la Seconde Guerre mondiale.

La deuxième partie du 20<sup>e</sup> siècle verra l'essor de la plasturgie et ses entreprises seront comme nos start-up actuelles. Bien que les principaux matériaux aient déjà été découverts, ils vont devenir de plus en plus performants et leur transformation industrialisée, notamment via l'injection plastique. Ainsi, la production de polymères est passée de 1.5 million de tonnes en 1950 à 48 millions de tonnes en 2017.

#### I.2. Le plastique : définition

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

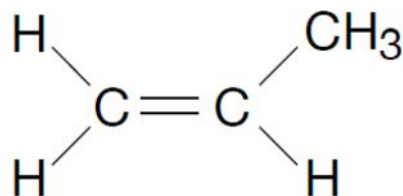


Figure 1. *Formule chimique du polypropylène*

Il existe deux grandes familles de plastiques. Les thermoplastiques et les thermodurcissables. Les thermoplastiques, majoritairement utilisés en injection plastique, extrusion, thermoformage, se déforment à la chaleur. Cette propriété leur confère d'être facilement moulables et d'être recyclables quasiment indéfiniment. À l'inverse, les thermodurcissables ne se déforment pas à la chaleur. Cette particularité leur confère de bonnes propriétés mécaniques, mais complexifie leur mise en application ainsi que le recyclage du matériau. Ils sont principalement utilisés dans des pièces très techniques ou de grandes pièces comme des coques de bateaux. Dans ce guide, nous nous concentrerons sur les thermoplastiques correspondant au procédé d'injection plastique mis en œuvre par Plastisem.

### I.3. Fonctionnement d'une presse à injecter

Le fonctionnement d'une presse à injecter pour la production de pièces est relativement simple. Des granulés de 2 à 3 mm de plastique sont versés dans la trémie. Ensuite, cette matière est ramollie en étant portée à 200°C – 250°C grâce à l'action combinée de la friction de la vis et des colliers de chauffe.

La matière ainsi malléable est poussée vers la buse puis injectée dans le moule grâce au vérin d'injection. La pression d'injection peut atteindre 2 500 bars. La matière se répartit de façon homogène dans la cavité de l'outillage pour prendre sa forme définitive. La pièce est ensuite refroidie en quelques secondes entre 50°C et 80°C afin de la solidifier.

La presse ouvre l'outillage et les éventuels tiroirs, la pièce est éjectée par la batterie d'éjection et chute dans un bac ou est saisie par un robot manipulateur. La presse se referme et le cycle recommence.

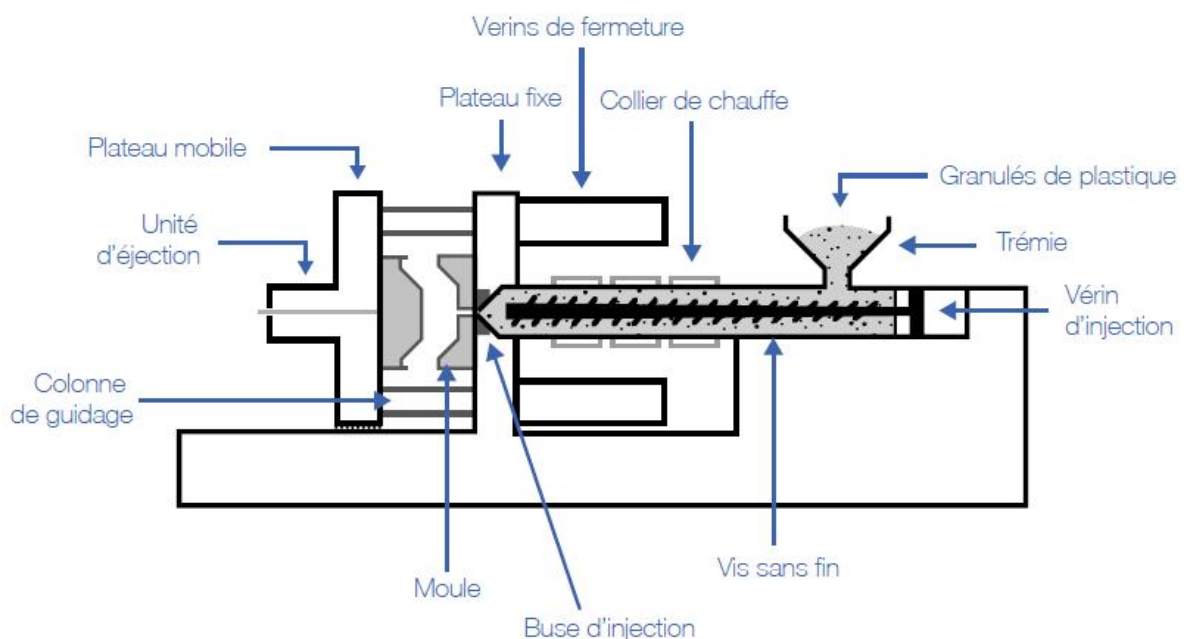


Figure 2. Presse à injecter

## I.4. Structure d'un moule

Le moule, également appelé outillage, est un élément déterminant dans le processus de fabrication d'une pièce injectée. C'est lui qui va donner la forme définitive à la pièce. Généralement fabriqué en acier, il va peser de quelques dizaines de kilos à plusieurs tonnes.

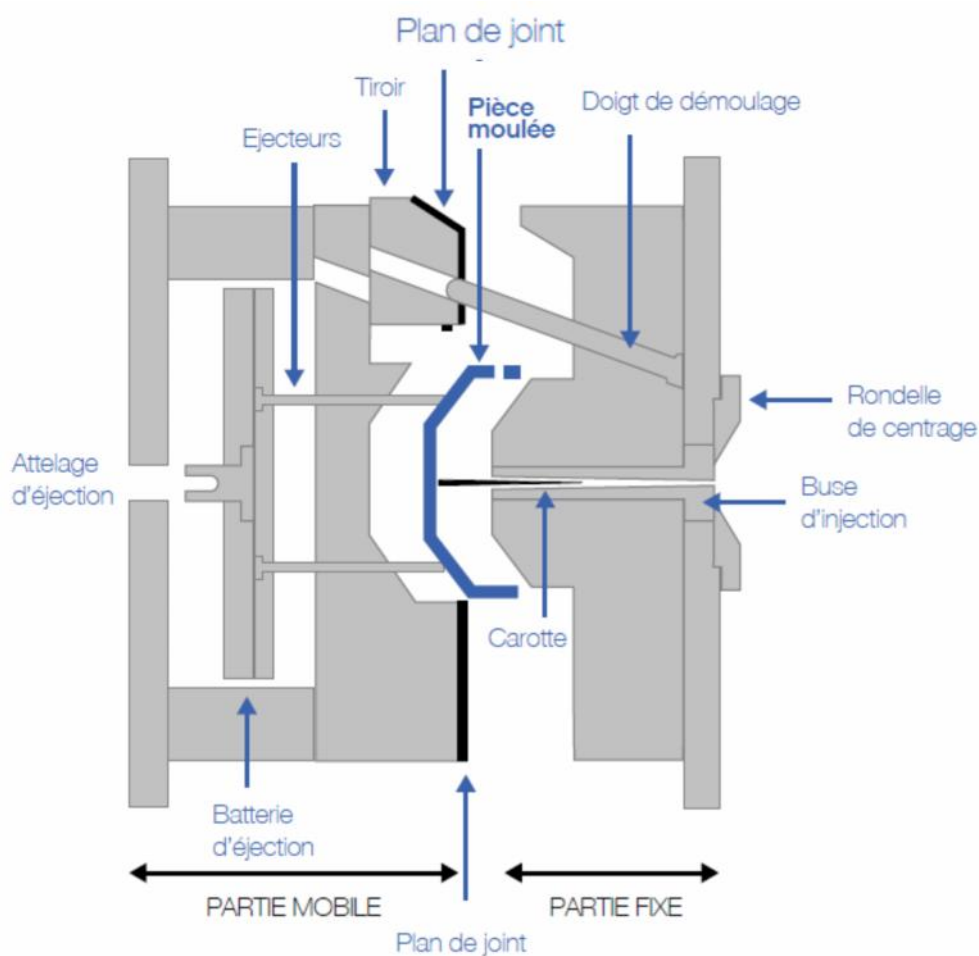


Figure 3. Structure d'un moule

**Partie mobile** : partie du moule bridée sur le plateau mobile qui se déplace pour l'ouverture.

**Partie fixe** : partie du moule bridée sur le plateau fixe de la presse.

**Batterie d'éjection** : ensemble des éléments mobiles servant à éjecter la pièce.

**Éjecteurs** : de forme cylindrique dans la plupart des cas, il en existe de toutes formes et vont servir à éjecter la pièce.

**Attelage d'éjection** : élément permettant d'atteler la batterie d'éjection à la presse.

**Plan de joint** : cette zone correspond à la jonction entre les différentes parties du moule.

**Tiroir** : utilisé si la pièce a des formes qui ne peuvent pas être démoulées naturellement.

**Pièce moulée** : il s'agit de la pièce une fois injectée et refroidie qui aura alors pris la forme de la cavité usinée.

**Buse d'injection** : le plastique fondu venant de la vis sans fin passe par la buse afin de remplir la pièce injectée. Le surplus de matière restant dans la buse et dans le canal d'alimentation est appelé carotte.

**Rondelle de centrage** : cette rondelle sert à aligner le moule et l'unité d'injection de la presse pour se recentrer rapidement et simplement.

### I.5. Caractéristiques d'une pièce injectée

Les pièces fabriquées via un processus d'injection plastique vont avoir quatre caractéristiques qui vont les différencier des pièces fabriquées via un autre processus :

- Le point d'injection correspondant à l'entrée de la matière dans la pièce
- Les traces d'éjecteurs nécessaires pour démouler la pièce de l'outillage
- La ligne de plan de joint au niveau des zones de fermeture du moule
- Les dépouilles, pour faciliter la sortie de la pièce de l'outillage en limitant les contraintes et sans la rayer.

#### I.5.1. Le point d'injection

Le point d'injection, c'est par là que la matière entre dans l'empreinte de l'outillage. Sur toute pièce en plastique injectée, il y a un point d'injection. Il se présente généralement sous forme d'un petit picot ou d'une nappe. À la conception de l'outillage,

Il est important de voir avec le mouliste où sera fait ce point d'injection et de quel type il sera, surtout si c'est une pièce d'aspect. Le choix du point d'injection est du ressort du mouliste. En effet, c'est lui qui dira où et comment le placer afin d'optimiser l'équilibre du moule et de bien remplir la pièce.

**Le point d'injection peut se trouver au centre de la pièce ou sur un bord extérieur.**

Avec un point d'injection au centre, les avantages sont un bon équilibrage des pressions lors de l'injection et une optimisation des dimensions de l'outillage. Ses principaux inconvénients sont la difficulté à couper la carotte d'injection pour les outillages sans buse chaude, et en cas de buse chaude, le coût de cette option qui peut s'avérer prohibitif pour des petites séries.

Le point d'injection au centre avec buse chaude est donc à privilégier pour des grandes séries, à contrario, l'injection au centre avec carotte est à privilégier pour la petite série de pièces techniques.

Un point d'injection sur le bord a également des avantages. Il permet notamment une coupe facilitée du canal d'injection, de faire à moindre coût des moules multi-empreintes et de mettre un point sous-

marin pour un égrappage automatique. Ses principaux inconvénients sont un potentiel déséquilibre du moule et des lignes de soudure qui peuvent-être plus visibles.

Le point d'injection sur un bord sera donc privilégié pour les pièces d'aspects en petite et moyenne série ou dans les cas de moules multi-empreintes à coût modéré.

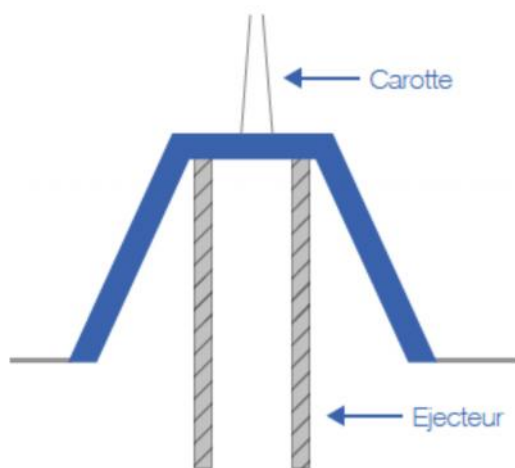


Figure 4.1. *Injection au centre avec carotte*

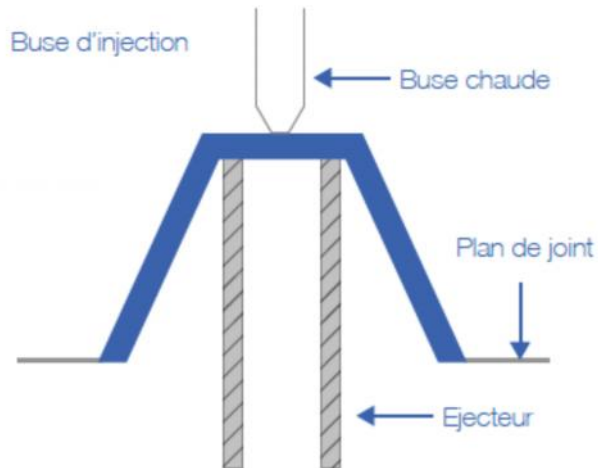


Figure 4.2. *Injection au centre avec buse chaude*

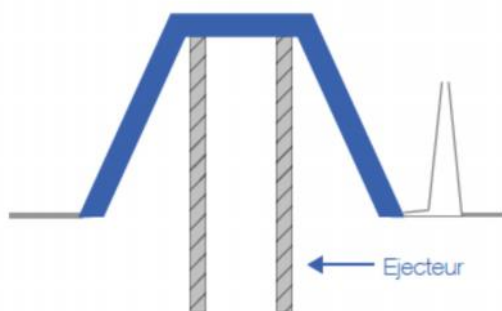


Figure 4.3. *Injection latérale en nappe*

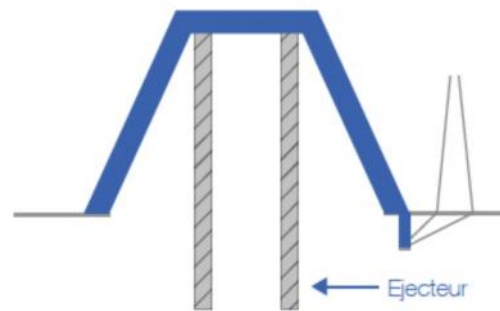


Figure 4.3. *Injection avec point sous-marin*

### I.5.2. Les traces d'éjecteurs

Lors de l'injection du plastique dans l'outillage, la matière va être soumise à de très fortes pressions qui vont la compresser et cette dernière va se rétracter de 0.5% à 3.0% lors du refroidissement et serrer le noyau central. Pour démouler la pièce, il faut donc la pousser via des éjecteurs guidés par une batterie d'éjection. La force nécessaire pour éjecter la pièce peut atteindre plusieurs tonnes. Les éjecteurs vont donc laisser sur la partie intérieure de la pièce de petites traces généralement de forme ronde ou rectangulaire. Ainsi, il est important de savoir de quel côté de la pièce il est possible de laisser ces marques sans altérer l'aspect ou les propriétés techniques de l'objet fabriqué.

Pour des cas spécifiques, par exemple une pièce d'aspect visible des deux côtés, il est possible d'utiliser d'autres techniques d'éjection : plaques dévétisseuses, éjection par air comprimé ou encore utilisation de tiroirs latéraux. Ces techniques, plus onéreuses, sont à réserver aux cas très spécifiques.

### I.5.3. Ligne de plan de joint

La ligne de plan de joint se forme sur la pièce au niveau de la rencontre des différents éléments mobiles de l'outillage. Elle forme une légère ligne continue qui fait le tour de la pièce, et au niveau de la jonction avec les tiroirs.

Lors de la conception de la pièce et du moule, surtout si c'est une pièce d'aspect, il faut trouver un endroit où faire passer cette ligne ou une façon de la masquer. Ainsi, sur un boîtier elle sera souvent mise à la base qui n'est pas visible. Elle peut être également fondue entre deux états de surface différents ou posée sur une légère boursouflure décorative.

### I.5.4. Les dépouilles

C'est la quatrième caractéristique d'une pièce fabriquée par la méthode de l'injection plastique. Contrairement aux trois précédentes qui sont principalement du ressort du mouliste, la pose des dépouilles est à prévoir lors de la conception de la pièce, cette partie-ci sera donc approfondie dans le chapitre « Concevoir sa pièce ». Il n'est pas possible - ou difficilement réalisable - de sortir une pièce d'un outillage avec des parois perpendiculaires au plan de joint. En effet, comme la matière se rétracte, et reste sous forte contrainte sur le noyau du moule, elle devient difficile à extraire sans déformation, casse ou rayure. Il faut donc mettre des dépouilles sur l'ensemble de ces parois avec des angles compris entre 1.0 et 5.0 degrés.