

CHAPITRE I

INJECTION DES THERMOPLASTIQUES

1. Injection classique
2. Le moule
3. Procédés spécifiques d'injection
 1. *Injection à grandes cadences*
 2. *Micro-injection*
 3. *Injection sous atmosphère neutre*
 4. *Injection lourde*
 5. *Injection sur insert*
 6. *Injection avec décor dans le moule (IMD)*
 7. *Injection avec écailles ou de marbrures*
 8. *Injection en creux*
 9. *Injection sur noyau fusible*
4. Les réglages machines
 1. *Estimation de la force de fermeture*
 2. *Estimation du profil de température*
 3. *Calcul de la vitesse rotation vis*

- Site : <https://choucheneslim.wordpress.com/>
- Article cours et TP : [10- Procédés de mise en forme des matières plastiques](#)
- PLAYLIST YOUTUBE « **Procédés - Injection des thermoplastiques** » :
<https://www.youtube.com/playlist?list=PLVdWnPZXu-OgS3fJqc1-JE5g3xQcyhQPv>

1.1 Principe

Le moulage par injection sur une presse est le principal procédé de transformation des thermoplastiques. Le principe général de fonctionnement est le suivant :

1. **Transformation** du thermoplastique solide en matière visqueuse injectable, c'est la phase de plastification-dosage,
2. **Injection**, c'est la phase de remplissage du moule avec la matière précédemment plastifiée,
3. **Refroidissement et solidification** de la matière dans le moule,
4. **Ejection** de la pièce.

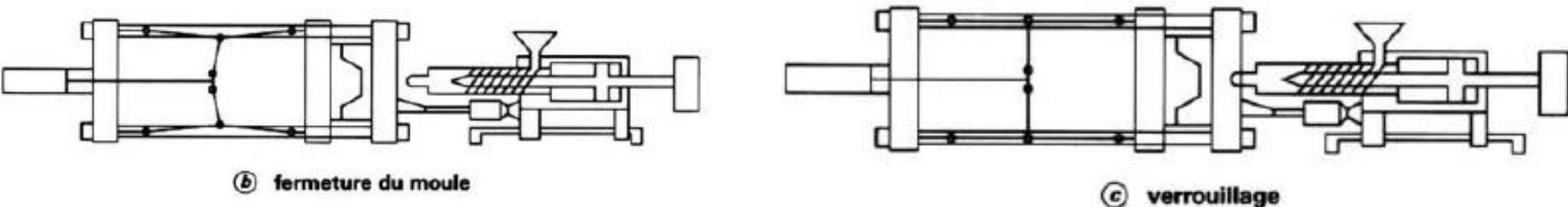
CHAPITRE I: INJECTION DES THERMOPLASTIQUES

1.2 Cycle de moulage

3

Les six phases essentielles du procédé de moulage constituant le cycle de fabrication.

Fermeture du moule : ce mouvement commence avec une vitesse lente puis rapide, et se termine de nouveau lentement pour éviter le choc entre les plans de joint et pour donner le temps d'agir au système de sécurité.



Verrouillage : Selon le système de fermeture, la force est créée par le produit de la surface et de la pression, ou par la mise en contrainte des colonnes.

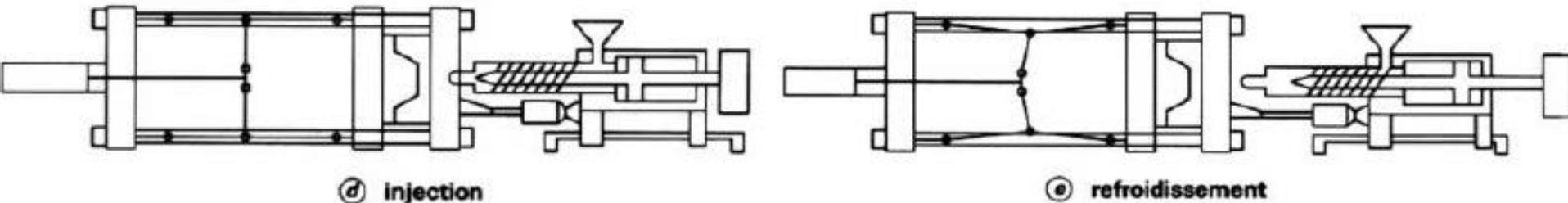
CHAPITRE I: INJECTION DES THERMOPLASTIQUES

1.2 Cycle de moulage

4

Les six phases essentielles du procédé de moulage constituant le cycle de fabrication.

Injection : c'est la phase de remplissage de(s) (l') empreinte(s) avec la matière plastifiée et le maintien sous pression pour compenser les retraits.



Refroidissement : il a lieu le temps nécessaire pour que le plastique se solidifie dans le moule. Dans la pratique, on plastifie souvent, pendant ce temps, la matière pour le prochain cycle. De plus, si nécessaire au cours de ce temps, on peut séparer la buse du cylindre d'injection et le moule.

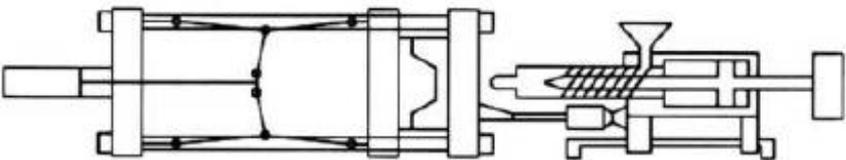
CHAPITRE I: INJECTION DES THERMOPLASTIQUES

1.2 Cycle de moulage

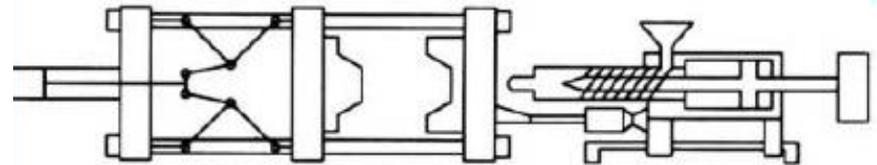
5

Les six phases essentielles du procédé de moulage constituant le cycle de fabrication.

Ouverture du moule : le plastique étant suffisamment refroidi pour pouvoir être démoulé, la partie mobile du moule s'écarte de la partie fixe.



(b) fermeture du moule



(a) démoulage

Démoulage : le moule occupe la position de fin d'ouverture qui assure à la pièce l'espace libre pour être éjectée.



Vidéos

CYCLE DE MOULAGE :

1. 1 INJECTION 0 simulation et réel dosage cycle de moulage bavure rôle de groupe fermeture
2. 1 INJECTION Presse d'injection
3. 1 INJECTION 0 Domaines d'ppl pièces injectées principe de l'injection simulation et réelle
4. 1 INJECTION 0 partie de la machine Molding Machine Components

1.2 calcul économique

7

- Tout calcul économique concernant les pièces moulées par injection est fondé sur la production horaire de la presse.
- La formule de base est donc :

$$\mathbf{PH = 3\ 600\ NE/C}$$

avec

PH (pièces/ h) production horaire,

NE nombre d'empreintes du moule,

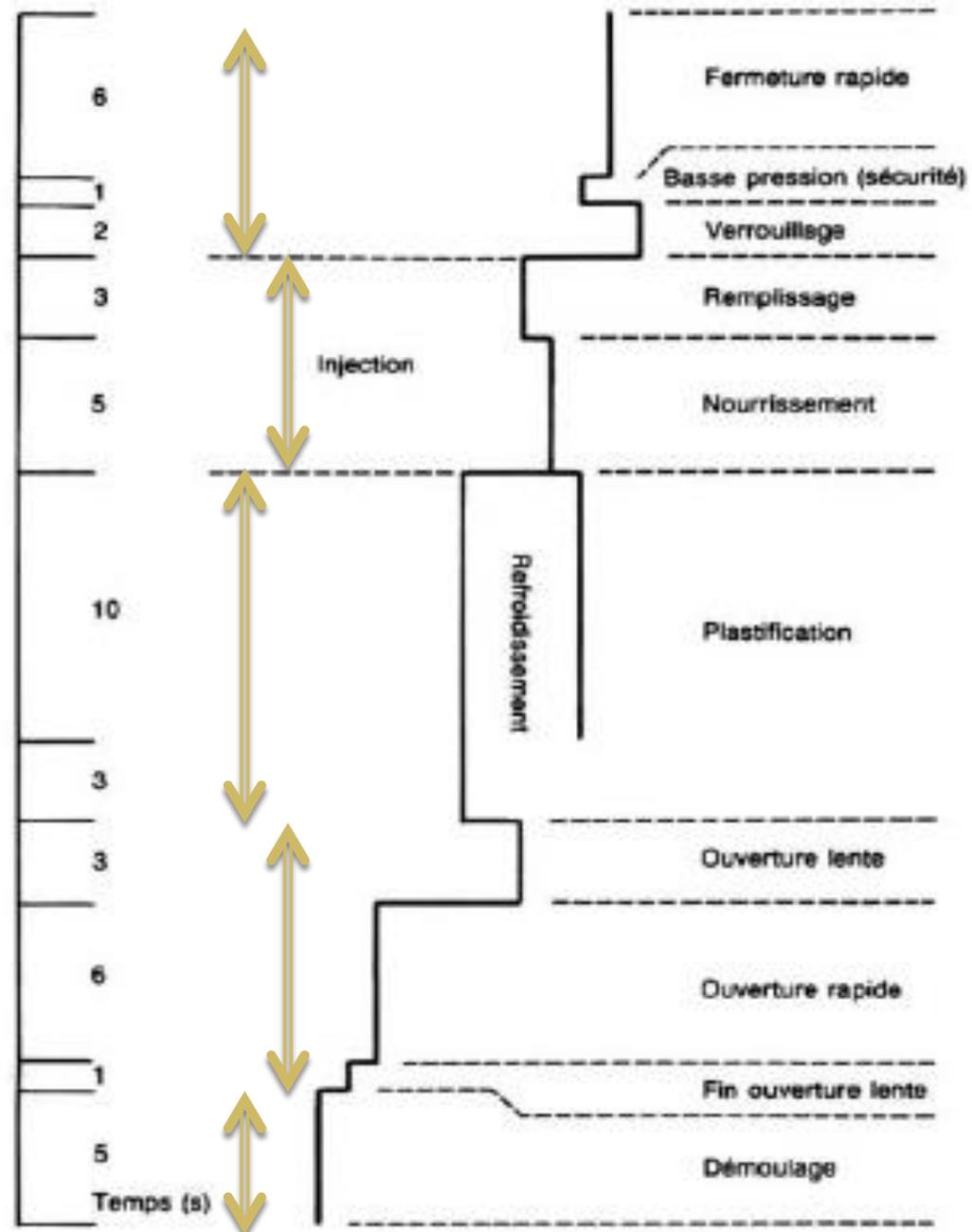
C (s) cycle de moulage.

CHAPITRE I: INJECTION DES THERMOPLASTIQUES

8

1.2 Durée des différentes phases de moulage

La durée des temps indiquée pourrait correspondre à une presse de 200 à 250 tf (2 000 à 2 500 kN) de fermeture.



CHAPITRE I: INJECTION DES THERMOPLASTIQUES

1.3 Conditions de mise en œuvre

9

Matières	Température matière °C	Température moule °C	Pression d'injection Pi(bars)	Pression de maintien (bars)
PE-HD	260/310	50/70	600 / Pmax	30 à 100% de Pmax
PP	250/270	40/100	600 / Pmax	50 à 100% de Pmax
PS	180/230 <250	20/60	1000 / Pmax	
ABS	220/280	60/80	800 / 1400	
PA 6.6	250/290	80/90	700 / 1200 //160	40 à 100% de Pi/// 75
PA 6	240/290	80/90	800 / 1300	20 à 60% de Pi
POM	180/220 <230	50/120	800 / 2000 ////1400	Pi Promenns : 1/2 Pi
PC	270/320	80/120	800 / 2000	70% de Pi
PVC	170/190	50/60	1200 / 1400	50 à 80% de Pi
PMMA	200/250	40/90	500 / 2000	Décroissante

1.4 Intérêt et limites

10

□ ***Intérêt***

- Cadences de production
- Homogénéité et précision des pièces moulées

□ ***Limites***

- Presses et moules onéreux (qui occasionne des frais importants) ;

2. Le moule

Les fonctions d'un moule sont les suivantes :

- Permettre l'obtention de la pièce à la forme et aux cotes désirées ;
- Recevoir la matière sortant de la vis de la presse, à l'état visqueux ;
- Permettre le convoyage de la matière jusqu'à l'extrémité de chaque empreinte
- Conformer la matière dans l'empreinte en une pièce telle que souhaitée (être indéformable : les empreintes ne doivent pas fléchir sous la pression d'injection
- Permettre la restitution de la pièce (démoulage) et du surplus de la matière solidifiée (carotte)

2. *Le moule*

12

Les fonctions complémentaires concernent :

- **La régulation de la température** : le moule doit être capable d'évacuer le plus rapidement possible la quantité de la chaleur amenée par le polymère liquide.
- **L'assemblage et la fixation** sur la presse
- **La récupération de la pièce** par un opérateur ou un bras manipulateur.

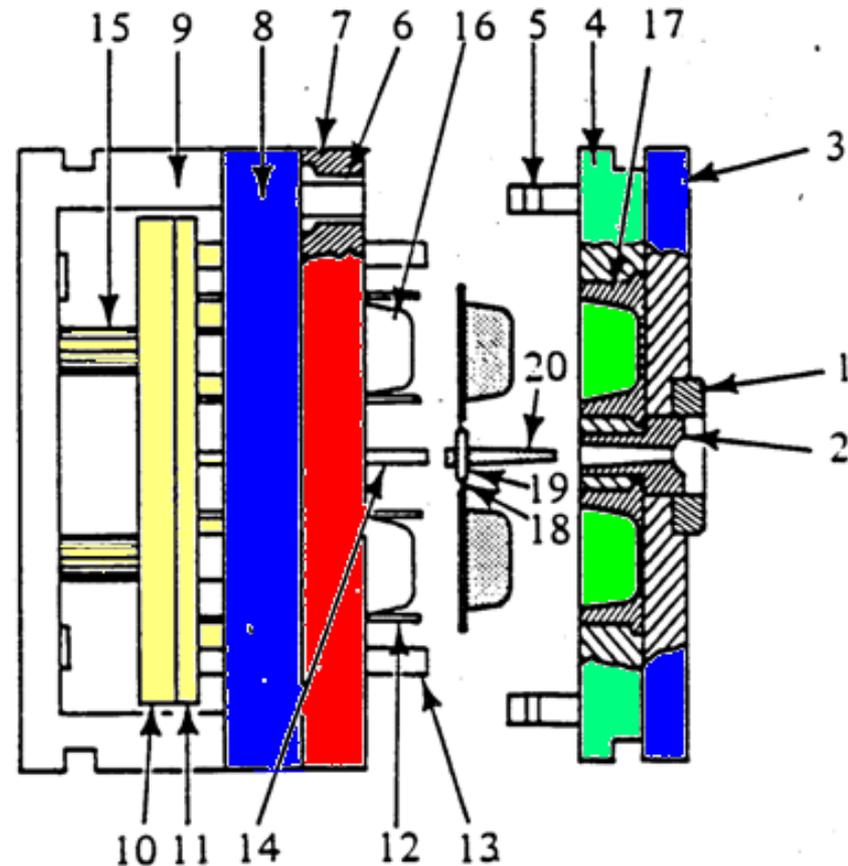
2.2 Constitution

13

Le moule est généralement constitué :

1. **D'un système d'alimentation** d'une ou de plusieurs empreintes
2. **D'un système de régulation thermique** qui assure le refroidissement de la pièce et le maintien de la température du moule
3. **D'un système d'éjection**

- 1) Rondelle de centrage
- 2) Buse d'injection
- 3) Plaque de fixation
- 4) Bloc porte-empreintes
- 5) Goujon de guidage
- 6) Bague de guidage
- 7) Bloc porte-noyaux ou porte-poinçons
- 8) Plaque support
- 9) Tasseau
- 10) Contre-plaque d'éjection
- 11) Plaque d'éjection
- 12) Ejecteur
- 13) Tige de rappel
- 14) Arrache carotte
- 15) Guidage de la plaque d'éjection
- 16) Noyau rapporté
- 17) Empreinte rapportée
- 18) Seuil d'alimentation
- 19) Canal d'alimentation
- 20) Carotte d'injection





Vidéos

Moule d'injection :

1. 1 INJECTION 0 Parties et fonctions du MOULE dépouille
2. 1 INJECTION moule à tiroirs
3. 1 INJECTION 10 Bouchons 2F rot int (moule spécifique rotation intérieure)
4. 1 INJECTION 10 Bouchons 2F rapides (moule spécifique)
5. 1 INJECTION 10 Bouchons 2F Stack Turn (moule empilé tournant-moule spécifique)
6. 1 INJECTION simulation du moule (En anglais)

3. Procédés spécifiques d'injection

- Pour pouvoir optimiser les pièces moulées, **l'injection s'est fortement diversifiée** en une bonne quinzaine de techniques distinctes faisant appel à un « savoir-faire » original qui constitue la spécialité d'un nombre réduit d'entreprises.
- D'abord, les procédés permettant d'accroître la productivité, la qualité, et la dimension des produits moulés.

3.1 Injection à grandes cadences

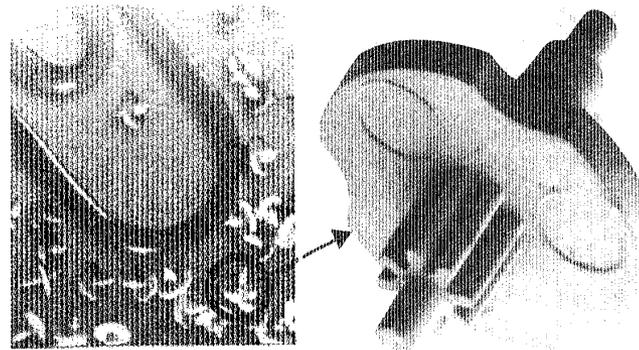
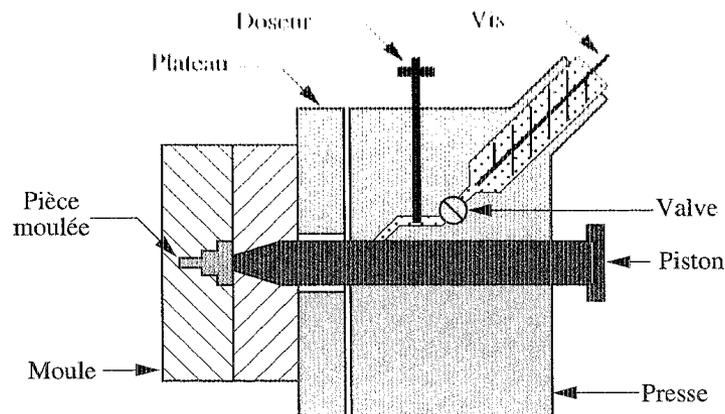
16

- Elle concerne les pièces de **faibles épaisseurs** et de **gros débits** (opercules, capsules, pots, pour l'industrie alimentaire, objets jetables, disques compacts).
- On utilise alors **des presses à vitesse d'injection rapide** et bien stabilisées pour éviter les vibrations, avec **des moules à multiples empreintes** et **des systèmes à canaux chauds** évitant le «décarottage» (les «carottes» de la pièce moulée restent chaudes et passent dans l'injection de la pièce qui suit).
- **Applications:** opercules, capsules, pots, **préformes de bouteilles** pour l'industrie alimentaire, objets jetables, disques compacts.

3.2 Micro-injection

17

- On réalise ainsi des **éléments d'un poids de 0,10 g**, voire moins (jusqu'à 0,001 g) la « carotte » représentant généralement 90 % de la moulée. Dans certains cas, il est alors nécessaire de faire le vide dans les micro-empreintes du moule, car, du fait de la précision de fermeture, l'évacuation de l'air occlus serait trop lente.
- On utilise **des petites presses** ($F < 10t$), comportant une vis de plastification de 10 à 12 mm de diamètre et **un piston de compression** pour pousser la matière fondue dans la microcavité.
- **Application :**
Éléments pour **électronique**, informatique, **horlogerie**, photo, vidéo, médical...



3.2 *Micro-injection*

- On réalise ainsi des éléments d'un poids **de 0,10 g**, voire moins (jusqu'à 0,001 g) la « carotte » représentant généralement 90 % de la moulée. Dans certains cas, il est alors nécessaire de faire le vide dans les micro-empreintes du moule, car, du fait de la précision de fermeture, l'évacuation de l'air occlus serait trop lente.
- On utilise **des petites presses** ($F < 10t$), comportant une vis de plastification de 10 à 12 mm de diamètre et **un piston de compression** pour pousser la matière fondue dans la microcavité.
- La **programmation poussée des presses et la climatisation** des ateliers sont souvent des conditions indispensables à la bonne réalisation de ces pièces dont **la précision** se mesure avec des écarts dimensionnels de $\pm 0,01$ mm, et la dispersion de poids reste inférieure à 0,02 %.



Vidéos

MICRO injection ::

1. [1 Machine MICROJECT mpg](#)
2. [1 INJECTION micro injection médicales CG Tec](#)

3.3 Injection sous atmosphère neutre

20

- Il est souvent complémentaire de la précédente car, pour mouler de **pièces exemptes de toutes souillures**, c'est-à-dire dans des conditions de sécurité absolue (=zéro défaut), *imposé par l'aéronautique, le nucléaire, l'électronique, ou le médical...*
- il faut opérer par injection en « **salle blanche** » et les opérateurs doivent eux-mêmes travailler avec des coiffes et **des gants pour éviter toute pollution** (70% des contaminations provenant du personnel).
- On utilise de plus en plus, pour ces dernières techniques, **des presses d'injection à commandes électriques** (précision, propreté).

Applications: composants électroniques, jetable médical, prothèses, disques compacts et DVD...

3.4 Injection lourde

21

- On parle de **très grosse injection** lorsque l'on utilise des **presses de plus de 2000 t** de force de fermeture (les presses les plus importantes existant dispose d'une force de fermeture jusqu'à 10 000 t,- ce qui représente l'équivalent en volume de deux locomotives - elle peut injecter **une centaine de kilogrammes**), La décomposition par typologie de matériel étant approximativement la suivante.

Type d'injection	Force de fermeture des presses (t)
Petite	< 200
Moyenne	200 à 800
Grosse	800 à 2 000
Très grosse	> 2 000

- Il est également possible d'associer, en parallèle, **deux grosses presses identiques sur un même moule** pour produire des pièces de grandes dimensions.

3.4 Injection lourde

22

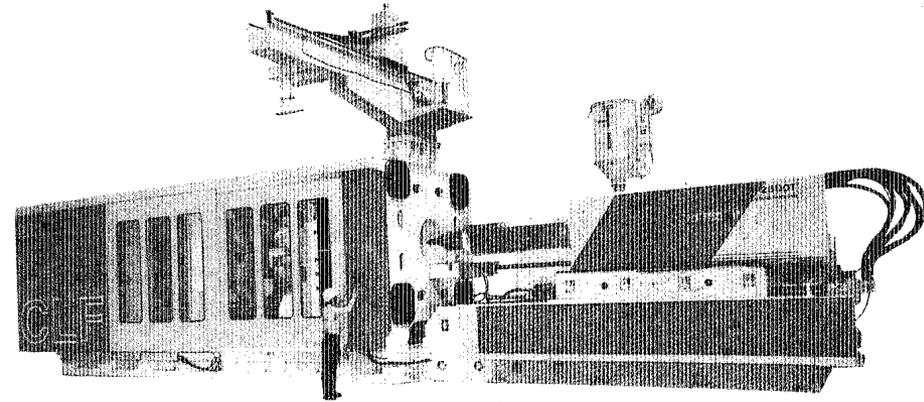
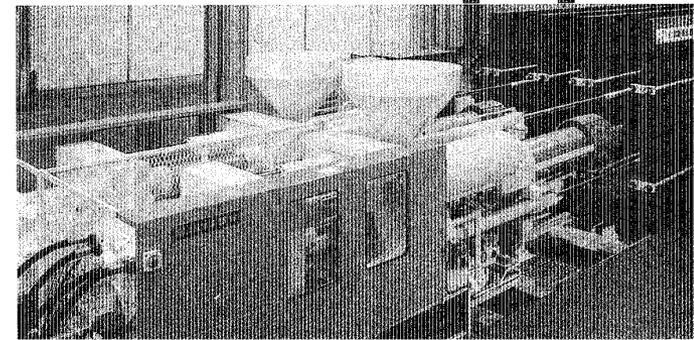
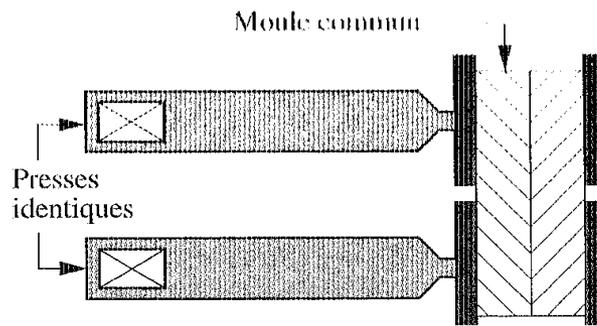


Figure 3.22. Grosse presse d'injection ($F > 5\,000\text{ t}$)

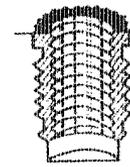
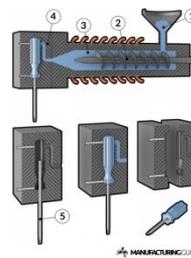
- **Applications:** on réalise ainsi de grosses pièces injectées pour les besoins de l'automobile (éléments de carrosserie), de la manutention (**bacs, palettes, poubelles**), et du **mobilier de jardin**, ou urbain.
- **EXEMPLE :** **Cabine de téléphone** (90 kg en PC), moulée par 3 presses de 2 500 t avec un moule de **2,3 x 3,7 x 3,2 m**.



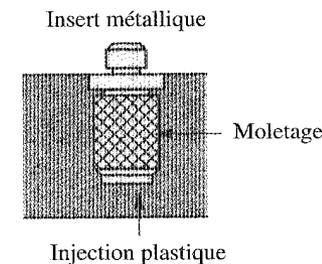
3.5 Injection sur insert

23

- La technique de **surmoulage d'inserts** permet de réaliser des pièces impossibles à mouler avec la technique d'injection standard, par exemple en raison de l'intégration de fonctions dans une partie de la matière.
- Il en résulte de **pièces composites**, associant divers matériaux à une matière plastique. *De telles combinaisons* sont nécessaires pour lier différentes caractéristiques de dureté, de conductibilité d'isolation ou de poids
- Il est d'un usage courant **d'emprisonner de petits éléments** métalliques dits « **inserts** » dans une pièce injectée, pour obtenir localement **une résistance mécanique améliorés** (pivots, filetages...) ou **créer une conduction électrique** (prise, connecteur...).
- **Application** : Axe, pivot, douille, ou filetage métallique sur pièce plastique injectée



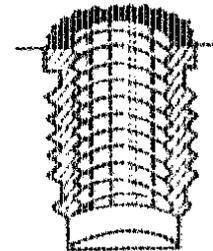
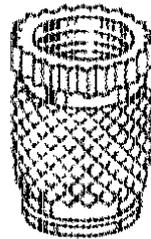
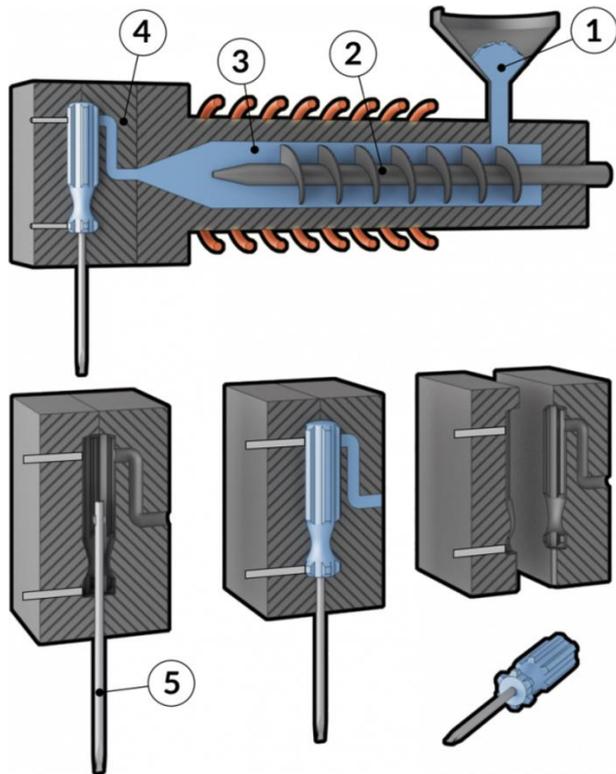
Insert posé au moulage



3.5 Injection sur insert

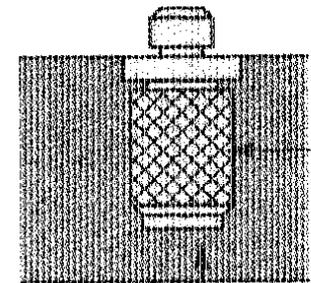
24

- **Application** : Axe, pivot, douille, ou filetage métallique sur pièce plastique injectée



Insert posé au moulage

Insert métallique



Moletage

Injection plastique

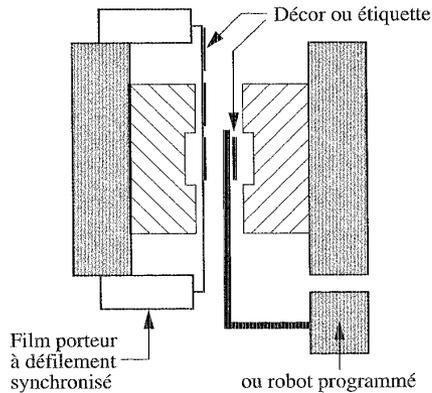


1 cm

3.6 Injection avec décor dans le moule (IMD)

25

- Le principe consiste à transférer un petit décor (emblème, étiquette...) souvent multi couleurs (héliogravure), porté sur un film transparent (de même nature que le polymère injecté), qui s'adapte à la forme de l'empreinte sous la sollicitation de la matière fondue et s'accroche sur celle-ci.
- Cette opération peut s'opérer en temps masqué grâce à la programmation de la presse et d'un robot porteur qui permet un réglage d'avance du film synchronisé.
- Par ce procédé, on évite les reprises classiques des dépôts et séchages de couleurs et les pollutions de décors (gain = 15 à 30 %), de plus, un recyclage éventuel reste possible.



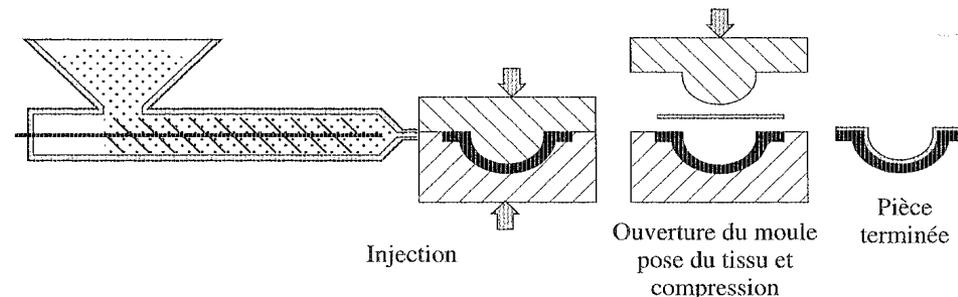
Applications: décors sur boîtes injectées ou flacons soufflés pour conditionnement, enjoliveurs, monogrammes, boutons de commandes, disques compacts, cassettes, téléphones portables, tableaux de façade (électroménager), parfumerie.

3.6 Injection avec décor dans le moule (IMD)

26

- On peut aussi **inclure un tissu-décor** sur **une pièce moulée** par injection basse pression en incorporant au textile de la poudre de fer, pour qu'il adhère parfaitement sur les parois du moule, lui-même aimanté (électro-aimant).
- Ou encore, poser un décor de grande surface par injection suivie de compression en procédant en deux temps: **former la pièce par injection** et ouvrir le moule avant refroidissement, **poser le décor puis le presser** sur la pièce chaude avant refroidissement.

Applications : ameublement, garnissage automobile...



[1 INJECTION 10 Injection avec décor dans le moule IMD](#)

Video

3.7 Injection avec écailles ou de marbrures

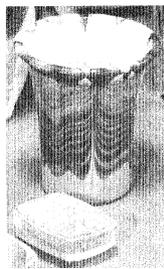
27

- On incorpore des polymères compatibles, mais d'un point de fusion légèrement différent et d'une granulométrie variable.
- Plus le granulé est gros, plus la tache produite aura un contour net et une surface limitées.
- Au contraire, plus le granulé est petit plus la tâche s'allonge et s'amenuise. L'opération s'effectue avec une presse à piston ou vis spéciale, et sous pression élevée.
- On peut aussi procéder par injection simultanée de plusieurs couleurs (nécessitant autant de têtes d'injection) regroupées dans un canal commun qui détermine la répartition des polymères colorés dans l'empreinte, ou bien encore, en injectant par intervalle. On obtient alors des aspects jaspés, marbrés, pétales de fleurs... avec une bonne reproductibilité.
- **Applications:** boîtages pour cosmétiques, brosseries, lunetterie, barrettes de cheveux, peignes, montures de lunettes, fleurs artificielles...

Peigne marbré



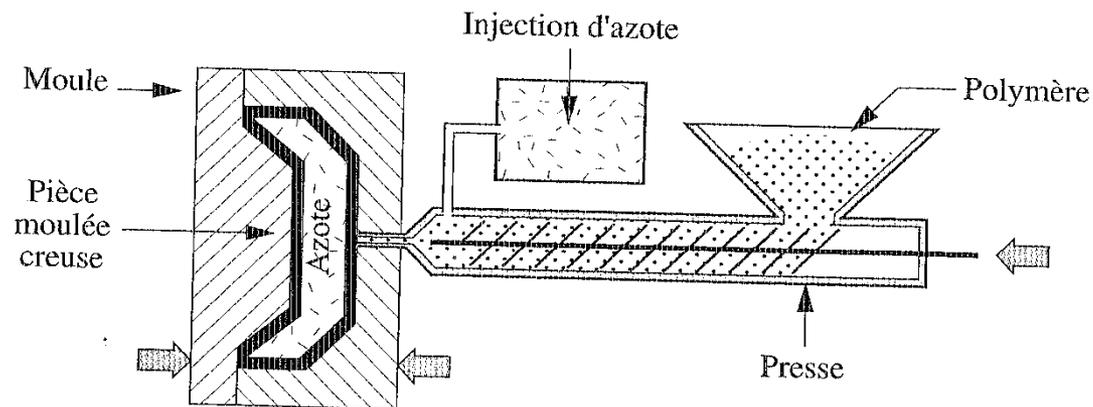
écaille



3.8 Injection en creux

28

- C'est un procédé dérivé du précédent, qui **consiste à introduire un gaz inerte** (azote) dans **la masse du polymère fondu** juste après son entrée dans le moule.
- Le gaz **ne se mélange pas au plastique** injecté, mais **se loge au milieu des sections épaisses** de la pièce moulée (tendance à aller vers le centre, là où la matière est plus fluide, et à rester dans les fortes épaisseurs) et, par sa pression interne, empêche la formation de retassures sur la surface visible de la pièce.

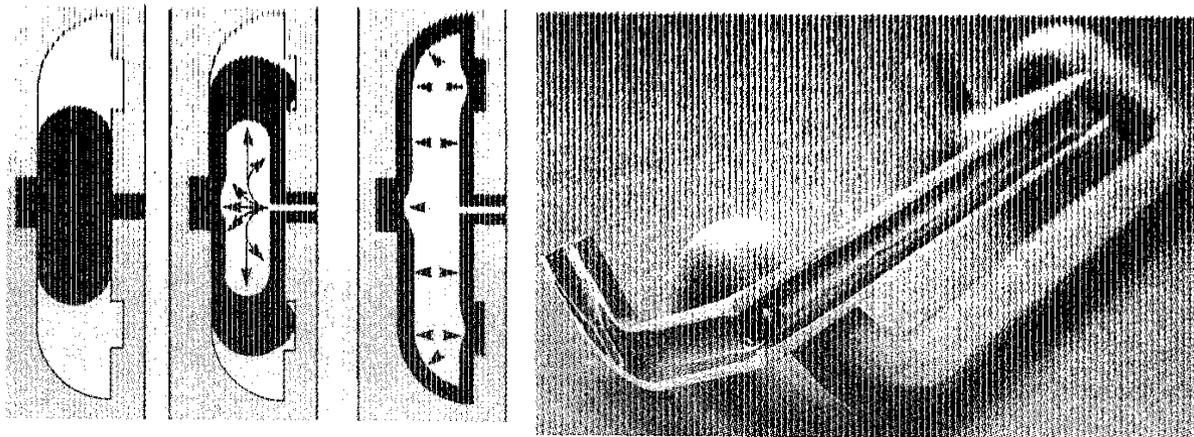


- On obtient ainsi, comme par soufflage, **des pièces creuses mais avec des parties injectées** (variation d'épaisseur, nervures. . .).

3.8 Injection en creux

29

- **Application** : Applications pour les deux procédés (azote et eau): pièces creuses avec variation d'épaisseurs pour automobile (**poignées, accoudoirs, becquets**), mobilier (sièges, pieds, bras), carénage (TV, électroménager), **talons de chaussures...**



becquets



Injection du gaz dans le moule ;

pièce type

3.9 Injection sur noyau fusible

30

□ C'est une variante de la fabrication de pièces creuses ou complexes qui concerne le moulage de pièces non démoulables. On pallie ceci **en injectant le polymère sur un noyau fusible** (par analogie avec la fonderie à noyau perdu). La technique comporte alors quatre phases :

1. **moulage en coquille d'un noyau métallique** (alliage étain-bismuth, point de fusion = 138 °C) ;
2. **injection du plastique sur ce noyau** (par exemple PA 6-6, fusion = 250 °C) ;
3. **fusion du noyau** (à 180 °C) par induction magnétique et bain d'huile ;
4. **récupération de la pièce** et de l'alliage fondu pour renoyautage.

□ **Applications:** pièces massives, avec surtout **collecteurs d'admission de moteur** thermiques, volutes de pompes centrifuges, corps de robinets... (avec de plus une réduction des pertes de charges).

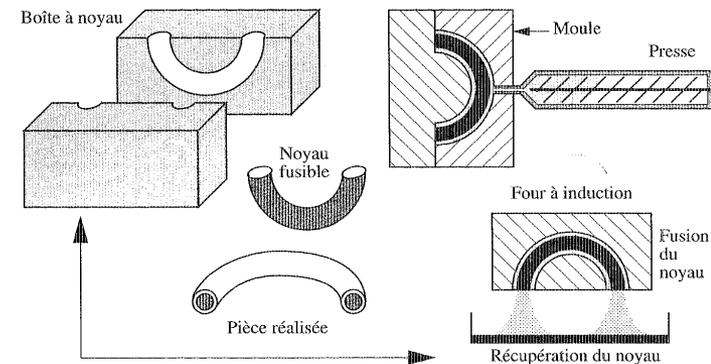
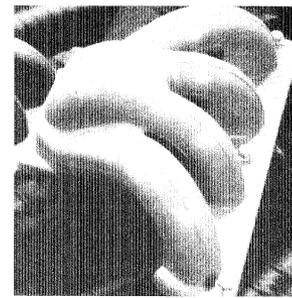


Figure 3.38. Principe de l'injection avec noyau fusible



TEST N°2

31

1. *Principe d'injection plastique*
2. *Cycle de moulage*
3. *Principales caractéristiques de Micro-injection. Citer 2 exemples de pièces*
4. *Principales caractéristiques de l'Injection à grandes cadences. Citer 2 exemples de pièces.*

CHAPITRE I: INJECTION DES THERMOPLASTIQUES

4. Les réglages machines

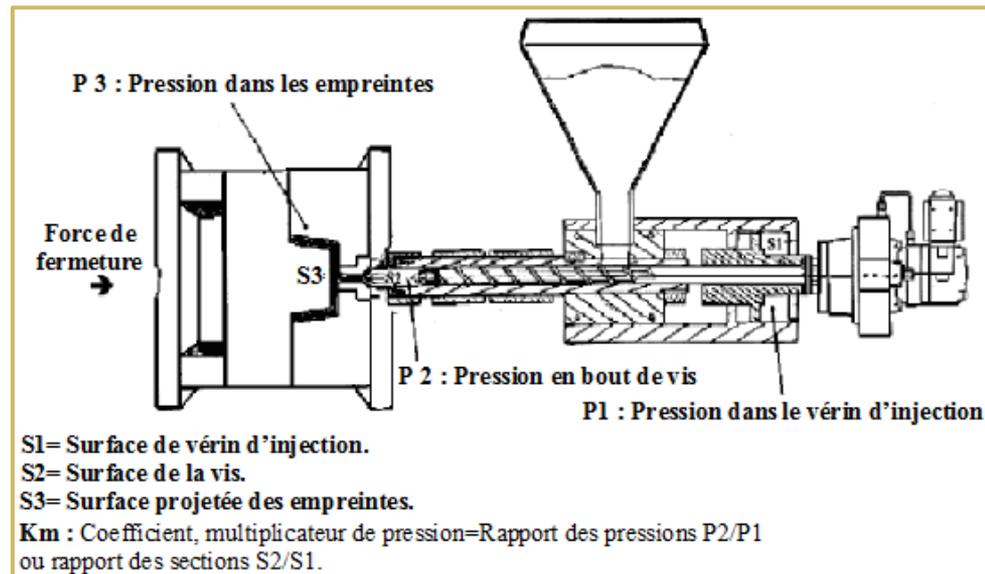
4.1 ESTIMATION DE LA FORCE DE FERMETURE

32

But : Estimer la force de fermeture mini pour éviter que le moule ne s'ouvre à l'injection.

Force de fermeture = $1.2 \times P \times S \times 0.001$.

- Force de fermeture (en tonnes).
- 1,2: Coefficient de sécurité (20%).
- S: Surface projetée des empreintes + canaux (en cm²).
- 0.001: Pour avoir le résultat en tonnes.
- P: Pression dans les empreintes en bars.



La pression dans les empreintes varie entre 300 et 500 bars.

- 300 bars pour les matières à faible viscosité.
- 400 bars pour les matières à viscosité moyenne.
- 500 bars pour les matières à forte viscosité.

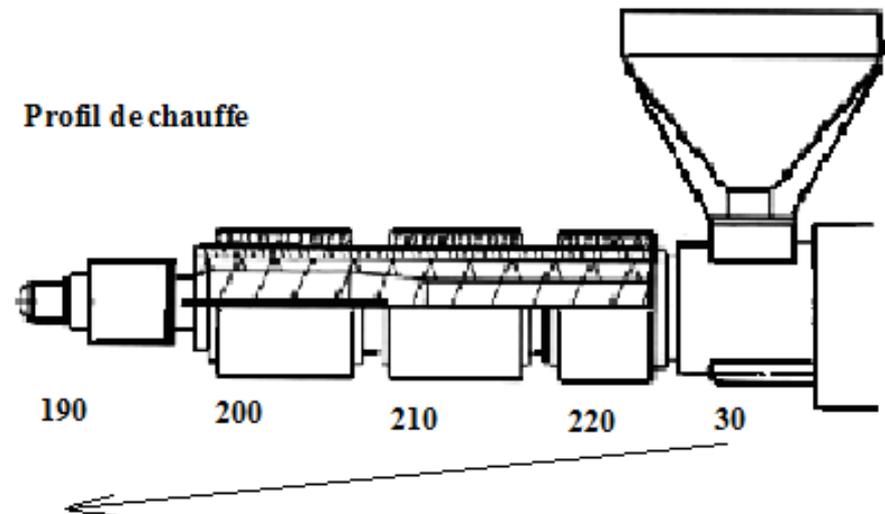
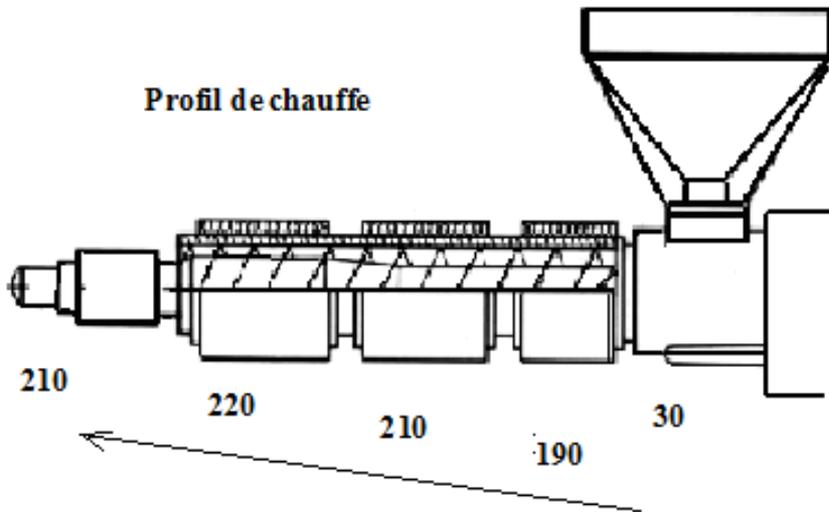
CHAPITRE I: INJECTION DES THERMOPLASTIQUES

4. Les réglages machines

4.2 ESTIMATION DU PROFIL DE TEMPERATURE

33

But : Adapter un profil des chauffes du cylindre / volume à injecter.



Profil de chauffe **croissant** si:
 $R = \text{Volume injecté} / \text{Volume injectable maxi de la presse} < 60\%$.

Profil de chauffe **décroissant** si:
 $R = \text{Volume injecté} / \text{Volume injectable maxi de la presse} > 60\%$.

CHAPITRE I: INJECTION DES THERMOPLASTIQUES

4. Les réglages machines

4.3 CALCUL DE LA VITESSE ROTATION VIS EN Tr/Min.

34

Quelque soit son diamètre, la vitesse d'avance sur la périphérie de la vis doit toujours être la même.

La vitesse de rotation en tours/min changera en fonction du diamètre de la vis.

$$N \text{ (tr/mn)} = (V \cdot 60\ 000) / (\pi \cdot \Phi \text{ Vis})$$

Φ Vis en mm.

V: Vitesse circonférentielle en m/sec.

0.1 m/sec pour matière sensibles.

0.3 m/sec pour matières standard.

0.5 m/sec pour matières nécessitant un fort échauffement.

RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

(4 pages manuscrites max)

35



1. **Schéma d'une PRESSE d'injection plastique**
2. **Éléments du système de plastification**
3. **Éléments du système de fermeture et d'ouverture**