

## Chapitre IV

# CONCEPTION DES MOULES D'INJECTION DES MATIERES PLASTIQUE

## 1. Introduction

Le procédé d'injection plastique occupe une place particulière par rapport aux autres procédés de mise en forme des matières plastique, il transforme le quart des produits en plastique et exploite la totalité des ressources.

Pour obtenir une pièce par injection plusieurs ressources sont utilisées, outre le personnel qualifié pour des opérations de réglages, contrôle et suivi, on trouve les presses d'injection plastique, qui peuvent être horizontale, verticale, bi-vis ou des presses spéciales, enfin le moule qui constitue le composant de base puisqu'il offre à la matière la forme de la pièce voulue.

Dans ce qui suit on tente de développer les techniques de conception des moules d'injections des thermoplastique, cette conception doit intégrer toutes les fonctions dans sa réalisation par le choix de l'alimentation, du bloc empreinte, de l'éjection, du refroidissement, de la cinématique, de l'adaptation à la machine et des fonctions sécurité et maintenance et de manutention. Cette étude doit fournir le dessin d'ensemble, la nomenclature des éléments constitutifs avec les aciers et les traitements [1].

A nos jours des entreprises se spécialisent dans la fourniture d'une large gamme de choix des éléments standards constituant les moules, elles offrent même des blocs de moules avec des modèles et des dimensions variable, les modèles CAO sont fournies.

## 2. Les facteurs influençant la conception

Les facteurs influençant la conception d'un moule et le choix des solutions sont à retenir par les intervenants dans le cycle de vie d'un moule

- **Concepteur moule** : spécialiste des dessins d'étude moule (CAO), de l'organisation du moule, de sa cinématique et avoir une bonne connaissance des éléments standards et de leur utilisation. Il doit aussi maîtriser le choix des aciers, la thermique et des améliorations de l'aspect et des performances de la pièce injectée (tensions internes, ligne de soudure, brûlures) [2].
- **Le spécialiste de l'usinage adapté au moule** : parcours d'outil en CNC, faisabilité en électro érosion, contrôle et métrologie.
- **Le processus d'exploitation** : le responsable de production, les réglers qui veillent au démarrage, réglages et la production et le service de maintenance associé

Ces facteurs influençant forment l'environnement du moule ils peuvent être des familles suivantes :

- **Pièce** : formes, poids, épaisseur, nombre, cadence, tolérances, versions, aspect
- **Facteurs humains** : les idées nouvelles
- **Matière** : caractéristiques rhéologiques et thermiques, coloration, nature, prix
- **Le mouliste** : le parc machine, la capacité des machines
- **Le délai** : utilisation de carcasse standard avec l'empreinte rapportée en prétraité.
- **Les facteurs économiques** : l'investissement, l'amortissement :

- **La presse** : le parc disponible, le montage
- **La main d'œuvre** : qualification, disponibilité, habitudes, coût :
- **Les accessoires** : robots, tapis, convoyeur, régulateur, frigo :

### 3. Terminologie des moules

Le moule est l'outil utilisé en injection des matières plastiques, qui remplit plusieurs fonctions et il a pour but de donner à la matière une forme finale nommée pièce ou article. Un moule est constitué principalement de composants illustrés par les figures suivantes :

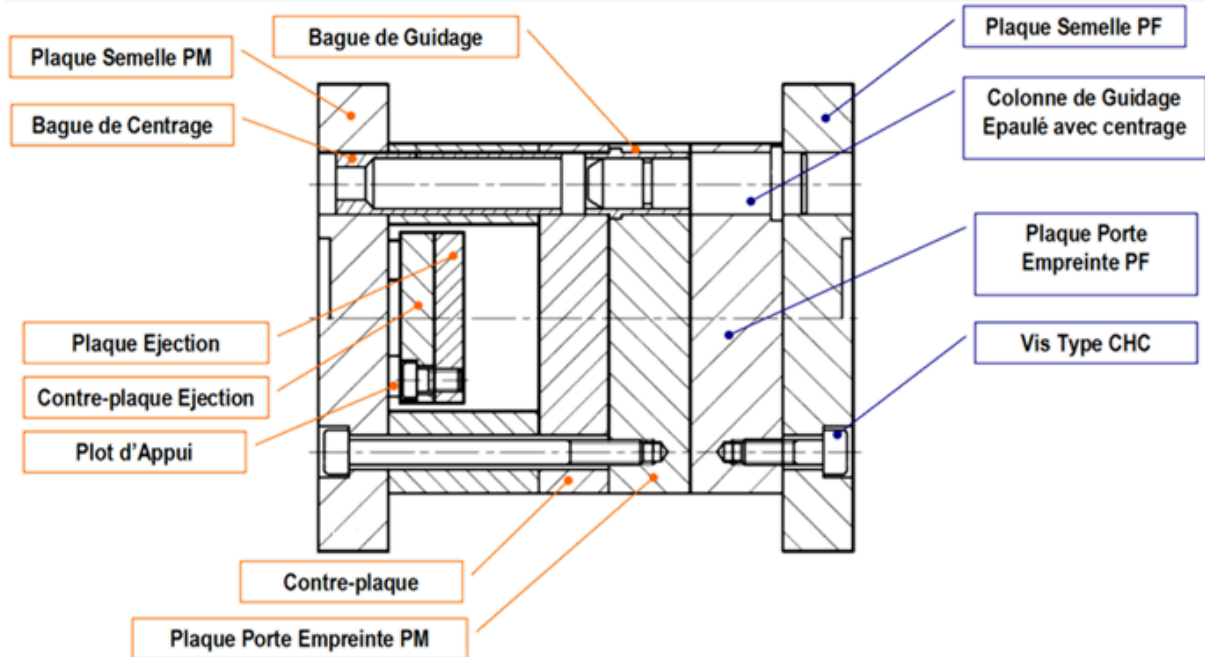


Figure IV- 1. Les différentes parties d'un moule d'injection plastique

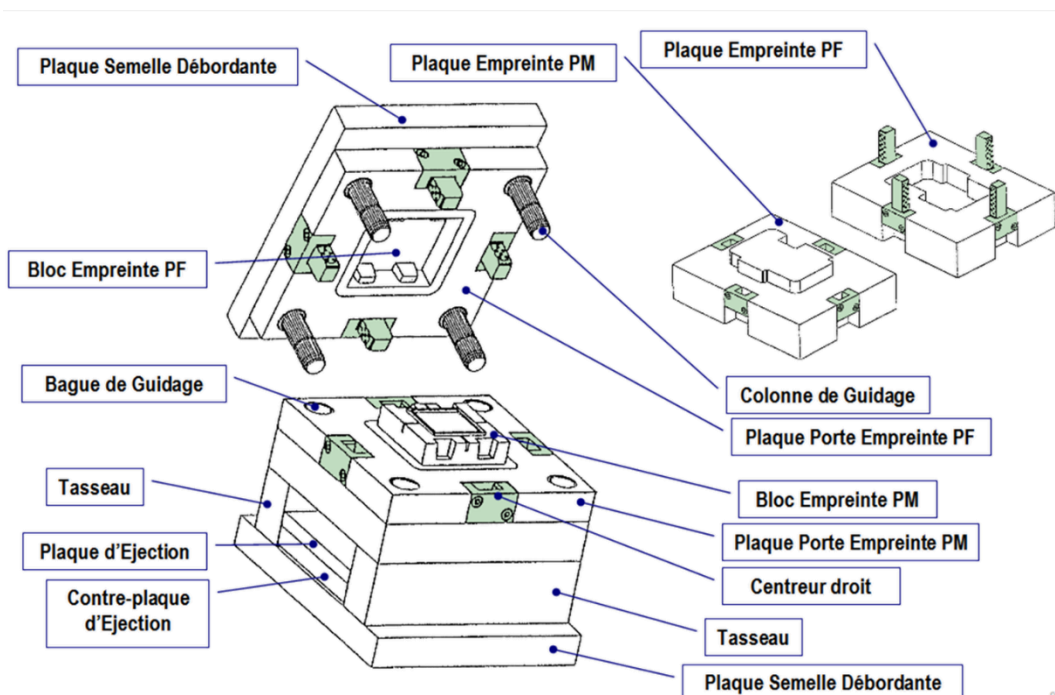


Figure IV- 2. Une vue en 3D d'un moule d'injection plastique

## 4. Les différents familles des moules

### 4.1. Introduction

Un moule doit généralement remplir des fonctions, de moulage, éjection, guidage et refroidissements, plusieurs familles de moules trouvent leurs justifications en fonction du.

- Le nombre d'empreintes (1, 2, 4, 8, 16, 32 ...). [3]
- Son architecture : nombre de plaques, tiroirs, coquilles
- Le système d'alimentation : carotte perdue, canaux chauffants
- Le type d'alimentation des empreintes : pin point, en masse, en parapluie, sous-marine, en ligne, en "n" points
- L'éjection des pièces (par éjecteur, bloc d'éjection ou autres)
- La régulation de la température
- La durée de vie (choix des matériaux)

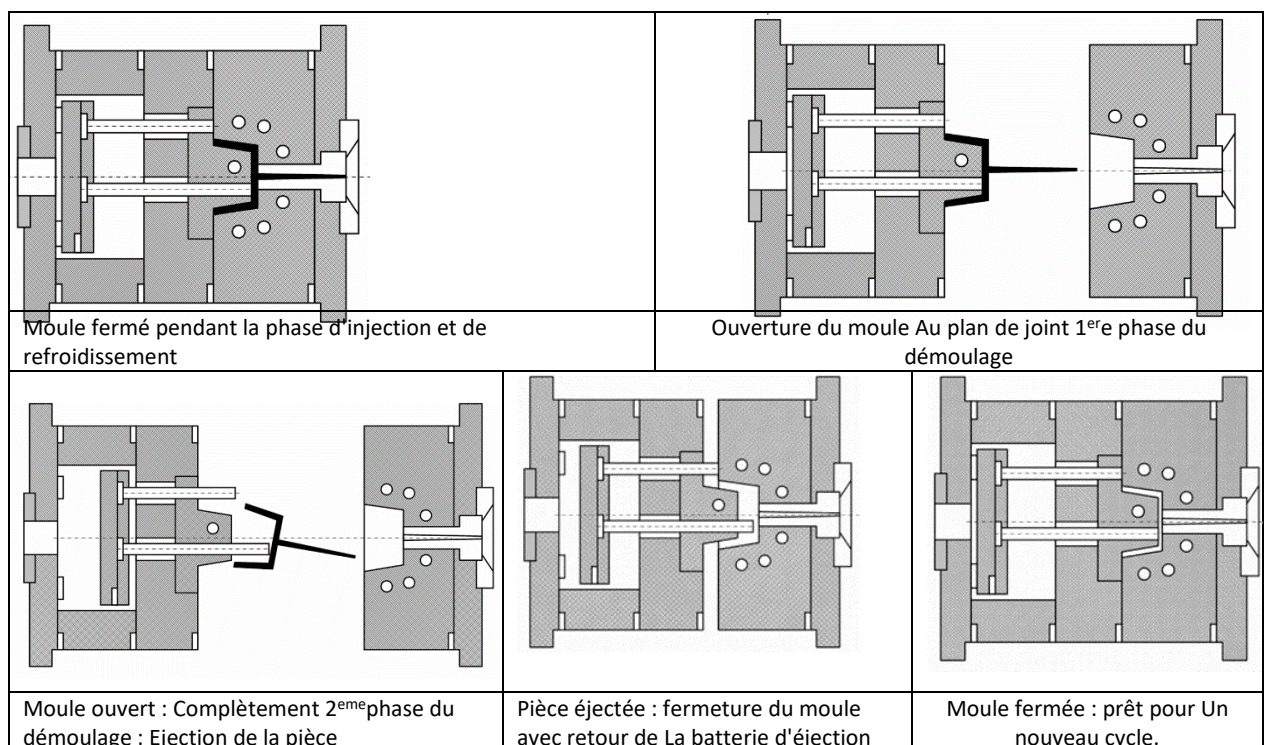
En fonction de ces paramètres on site les grandes familles de moules sont :

- Moule standard (cylindrique ou cubique)
- Moule 3 plaques, Moule multi plaque
- Moule à dévêtissage
- Moule à tiroir, Moule à coins

### 4.2. Moule à deux plaques

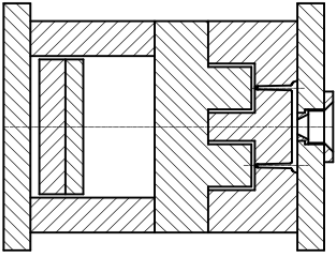
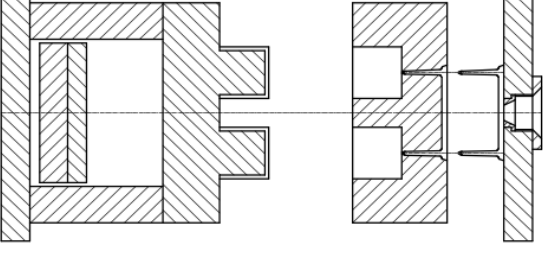
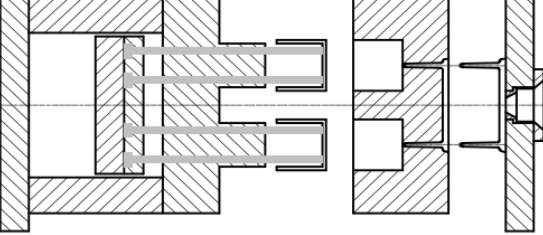
Le tableau suivant illustre le fonctionnement d'un moule à deux plaques, par les schémas associés.

Tableau IV- 1. Fonctionnement d'un moule à deux plaques



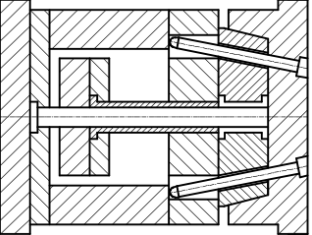
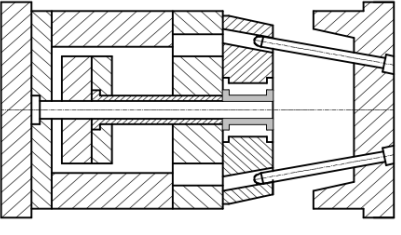
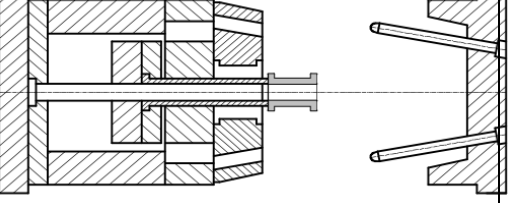
### 4.3. Moule à trois plaques

Le tableau suivant illustre le fonctionnement d'un moule à trois plaques, également on rencontre dans l'industrie des moules à plusieurs plaque utilisant le même principe, la chronologie des ouvertures, se fait les priorités définies par le concepteur, principalement on a un plan de joint carottes et un plan de joint pièce.

<p>le moule à 2 plans de joint : 1 plan de joint pour la carotte 1 plan de joint pour la pièce.</p>	
<p>1ère ouverture au niveau du plan de joint carotte (impératif pour une bonne casse du point d'injection) 2<sup>ème</sup> ouverture au niveau du plan de joint pièce</p>	
<p>Ejection de l'article, par les batteries d'éjection (des éjecteurs cylindriques).</p>	

#### 4.4. Moule à tiroir

Les moules à tiroir et à les moules à coins forment des solutions particulières pour permettre d'injecter des pièces présentant des contre dépouilles, leur fonctionnement est présenté par le tableau suivant [2].

<p>Moule fermé et les deux plaques portes empreintes fermées</p>	
<p>La partie du moule recule, les doigts de démoulage guident les deux plaques portes empreintes lors de leurs ouvertures par l'intermédiaire des ressorts</p>	
<p>Les batteries d'éjection avance sous l'effet du vérin et les éjecteurs tubulaire poussent les articles pour les éjecter</p>	

#### 4.5. Moule à canaux chauds

La matière dans les canaux de transfert reste à la température de moulage jusqu'à l'entrée de l'empreinte, ce qui se traduit par une diminution des pertes de matière et un gain de productivité, en effet le temps de solidification de la matière n'est plus que celui propre de la pièce, de même que l'on gagne le temps de remplissage du système d'alimentation. [4, 5]

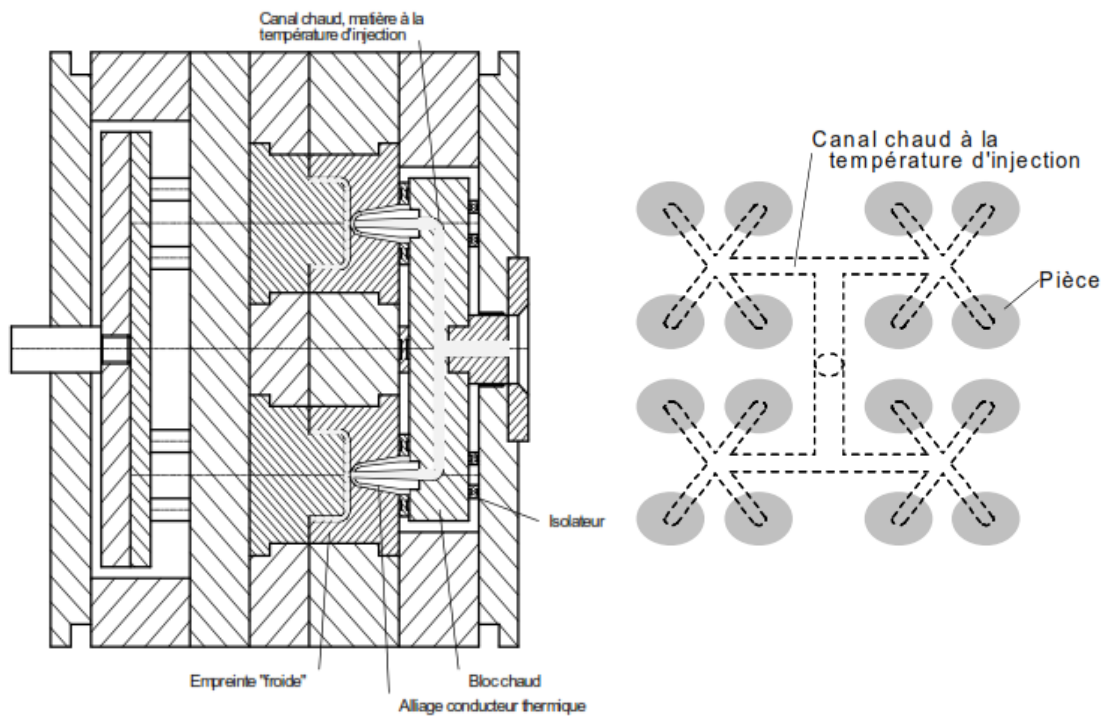


Figure IV- 3. Moule multi-empreintes Canal chaud – bloc chaud

Dans cette technique une partie des éléments de transfert garde la matière chaude tandis qu'une autre solidifie des petits canaux (cas des petites pièces ou d'injections latérales décalées de l'axe de la machine). Ce compromis permet de limiter les investissements, notamment sur les busettes. Les petits canaux ne produisant que peu de déchet, ne perturbent pas le temps de refroidissement.

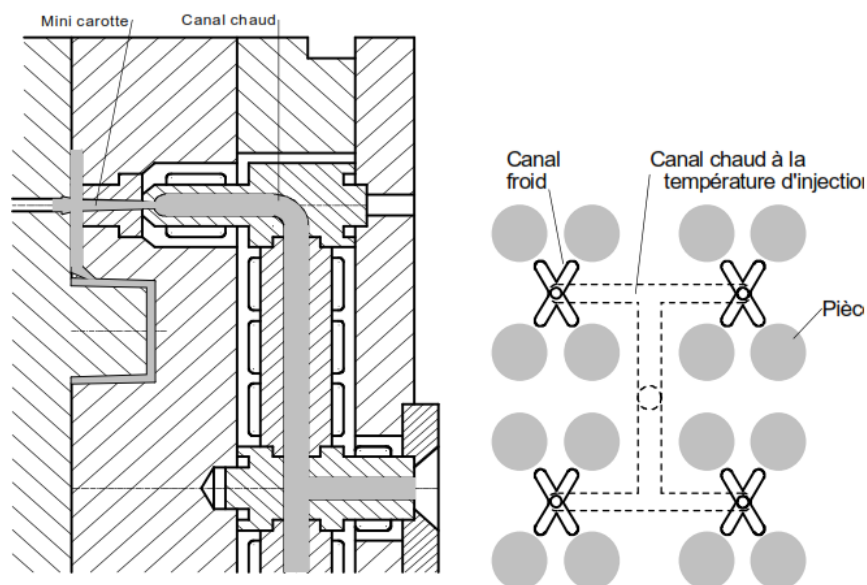


Figure IV- 4. Moule multi-empreintes Alimentation mixte : canaux chauds + canaux froids

## 5. Fonctions d'un outillage d'injection

### 5.1. Introduction

La majorité des moules sont fabriqués à partir des éléments standard vendus dans le marché par différents constructeurs comme DME, HASCO, RABOURDIN, STRACK, etc.

Chaque moule, quel que soit son type, se compose ou fait appel à un certain nombre de sous-ensemble fonctionnel pour remplir les fonctions suivantes [5, 6].

- **Fonction alimentation** : Le moule doit conduire la matière en fusion depuis la buse de presse jusqu'à l'empreinte.
- **Fonction mise en forme** : C'est la forme et les dimensions des parties moulantes qui déterminent la forme et les dimensions de la pièce plastique.
- **Fonction éjection** : Pour démouler les pièces plastiques, il faut souvent faire des mouvements plus ou moins complexes puis l'éjecter pour sortir la pièce de l'outillage.
- **Fonction régulation thermique** : La matière entre en fusion dans les parties moulantes. Il faut donc la refroidir pour qu'elle se solidifie. C'est souvent le refroidissement qui est le temps le plus important dans un cycle de moulage.
- **Fonction guidage / positionnement** : Le moule étant composé de plusieurs parties séparées par le plan de joint, à la fermeture du moule celui-ci doit être guidé et recentrer pour que les parties moulantes de la pièce soit en correspondance entre les différentes parties du moule.
- **Fonctions manutention, stockage, sécurité et liaison machine** : Ces fonctions assure la relation correcte entre la presse et les différents périphériques ainsi que le stockage et la manutention des moules.

### 5.2. La Fonction alimentation

#### 5.2.1. Définition

Elles assurent le transfert de la matière fondue sortie de l'unité de plastification par la buse « machine » jusqu'à la pièce par la buse « Outillage » soit directement ou par un canal d'alimentation.

Pour certains cas, la buse outillage est directement remplacé par la buse machine (suppression de la carotte, généralement pour les outillages 3 plaques). Pour certains cas particulier, la buse outillage ou buse directe, est définie par la matière injectée.

Le transfert peut se faire au plus proche de la pièce grâce à des systèmes dit « BLOC CHAUD »

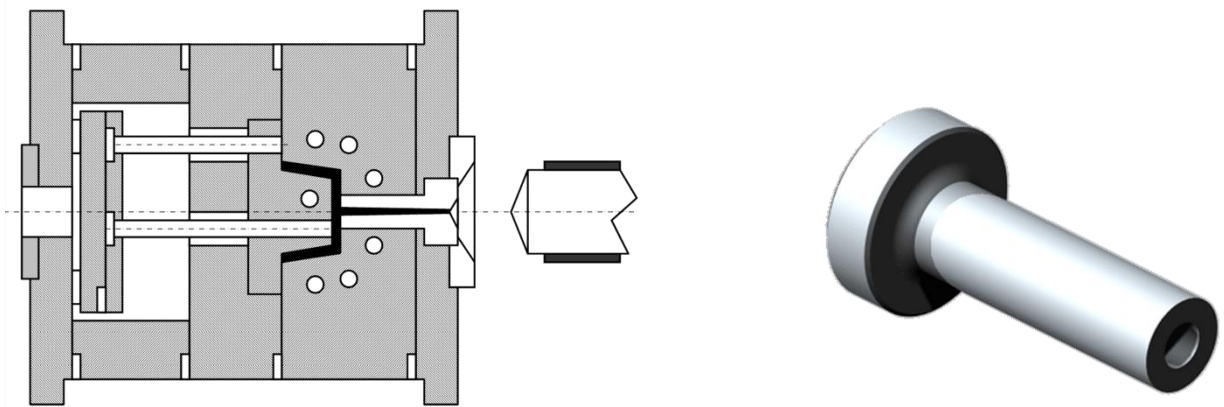


Figure IV- 5. Principe d'alimentation buse machine-buse moule

### 5.2.2. Les différents types de buses moules

On distingue plusieurs types de buse moule en fonction de la pièce, la matière et le moule.

- Buses Directes
- Buses Chauffantes Directes.
- Buses Chauffantes à Obturation.
- Blocs Chauds et Busettes d'alimentation directes
- Blocs Chauds et Busettes à Obturation

### 5.2.3. Buses Directes

On a choisi de présenter cette famille des buses d'injection directe puisque c'est la plus répandue dans le marché dont les caractéristiques générales :

- Ce sont les plus utilisées.
- Possibilité d'injecter directement sur la pièce mais nécessite une reprise (coupe de la carotte) ou directement sur le canal d'alimentation au plan de joint.
- Elles comportent une dépouille suffisante, un état de surface polie et une dureté de minimum 55HRC.
- Le  $\varnothing$  d'entrée doit être supérieur au  $\varnothing$  de la Buse machine
- Généralement  $\varnothing 4$  pour les petites pièces et  $\varnothing 8$  pour les grosses pièces
- Une régulation efficace est nécessaire autour de la buse pour que le cycle de démoulage ne dépende pas du temps de refroidissement de la carotte.

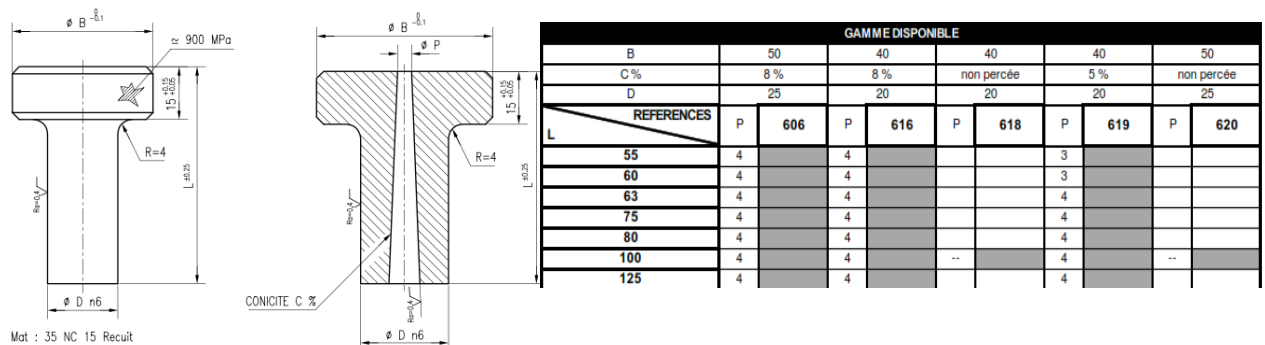


Figure IV- 6. Gamme de buse moule et paramètres de choix<sup>1</sup>

### 5.2.4. Forme des Canaux d'alimentation

Le canal d'alimentation est composé principalement de [2]:

- La carotte
- Le canal principal
- Les canaux secondaires
- Les seuils

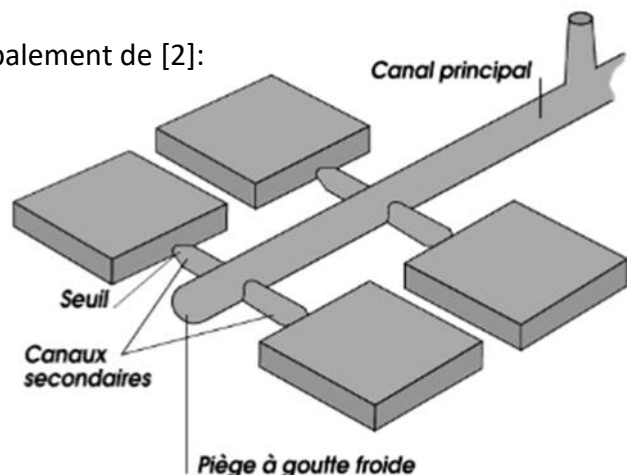


Figure IV- 7. Composition d'un canal d'alimentation de moule

<sup>1</sup> RABOURDIN Industrie : gamme des buses d'injection

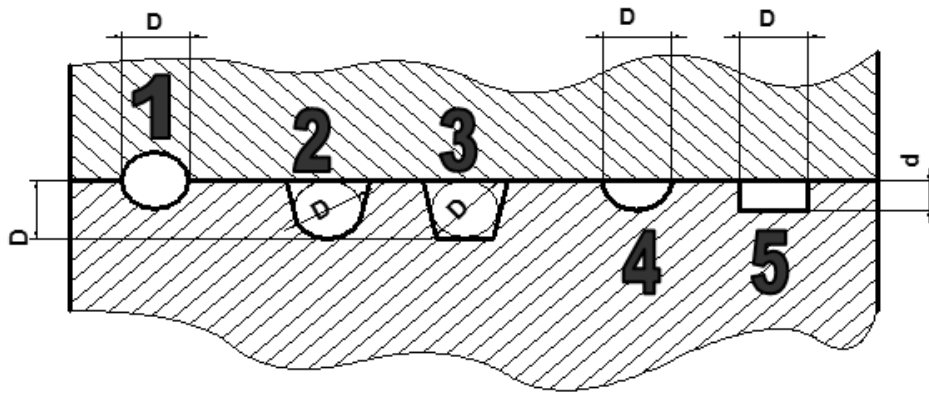


Figure IV- 8. Les différents types de canaux d'alimentation et leurs usinages associés

Tableau IV- 2. Critères de choix des différents types de canaux

		Avantages	Inconvénients
1	<b>Canal cylindrique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ C'est le canal le plus performant,</li> <li>▪ Il offre une section d'écoulement maximale pour un périmètre minimal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Usinage sur 2 plaques du moule. Cependant avec les machines à commande numérique cet inconvénient disparaît.</li> <li>▪ Utilisation difficile avec les moules 3 plaques.</li> <li>▪ Impossibilité dans le cas de canaux sous chariot</li> </ul>
2	<b>Canal cylindrique plus dépouille pour déporter le plan de joint</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Usinage sur une seule plaque</li> <li>▪ Utilisation avec les moules 3 plaques.</li> <li>▪ Idéal pour le choix de canaux sous chariot</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Difficulté pour la réalisation de l'outil spécial : affutage délicat.</li> <li>▪ Obligation d'utilisation d'outil non-standard</li> <li>▪ Perte de matière par rapport au canal rond</li> </ul>
3	<b>Canal trapézoïdal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Usinage sur une seule plaque</li> <li>▪ Utilisation avec les moules 3 plaques.</li> <li>▪ Outil spécial plus facile à affuter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Perte de matière par rapport au canal rond</li> <li>▪ Obligation d'utilisation d'outil non-standard</li> </ul>
4	<b>Canal ½ cylindrique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Simplicité d'usinage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mauvais écoulement</li> </ul>
5	<b>Canal rectangulaire</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Facilité d'exécution</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mauvais démoulage</li> <li>▪ Mauvais écoulement</li> </ul>



### 5.2.5. Equilibrage des écoulements dans le canal

Les caractéristiques des canaux d'alimentations sont :

- Le canal principal doit être supérieur au  $\varnothing$  d'entrée de la buse outillage pour faciliter la phase maintien lors de l'injection.
- La dimension des canaux dépend généralement du  $\varnothing$  du seuil.
- On utilise  $2x$  à  $3x$   $\varnothing$  seuil pour le  $\varnothing$  du canal d'alimentation du seuil.
- Pour limiter l'effet des pertes de charges, le ratio entre le canal principal et les canaux secondaires doit être de :
- $\varnothing$  Principal =  $1.3$  à  $1.5 \times \varnothing$  Secondaires

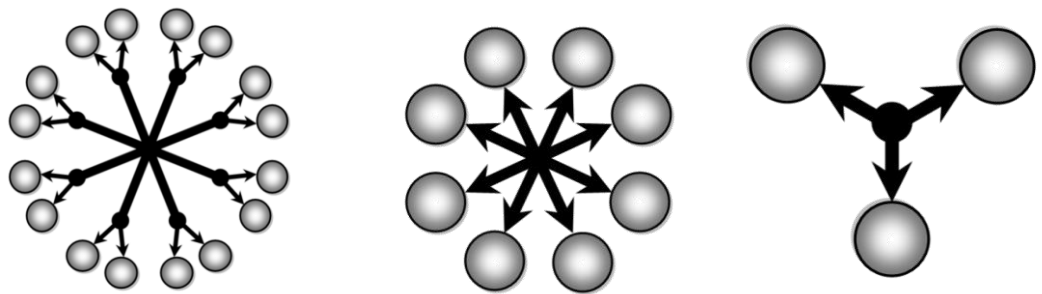


Figure IV- 9. disposition circulaire des empreintes dans un moule

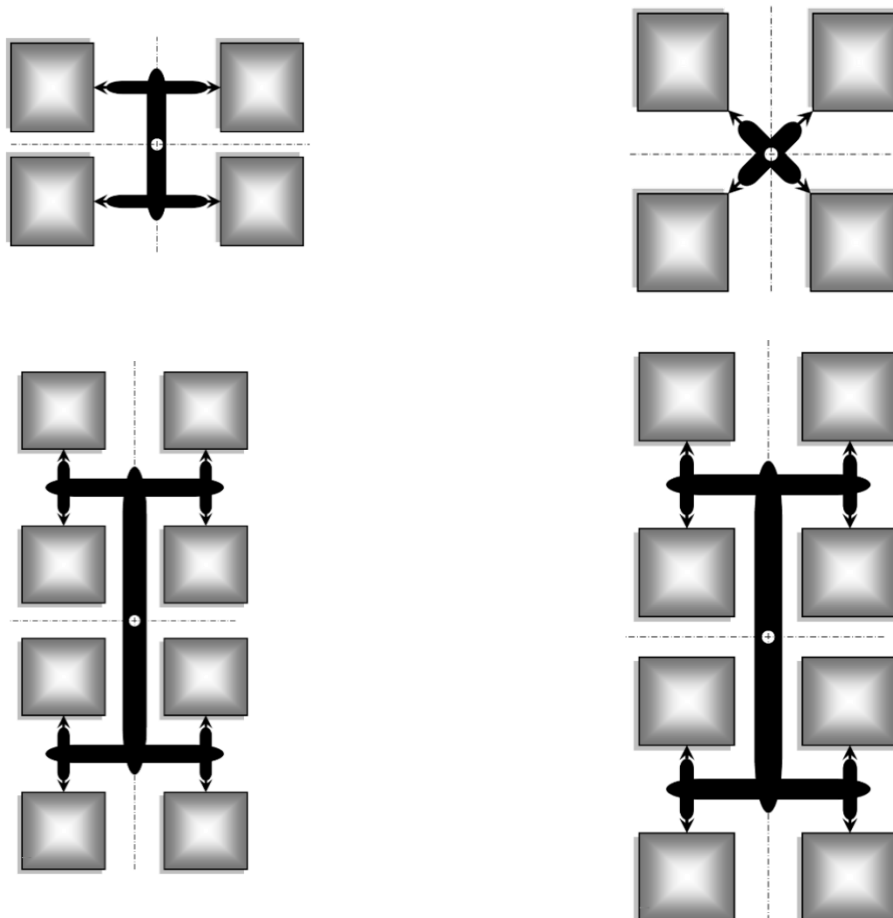
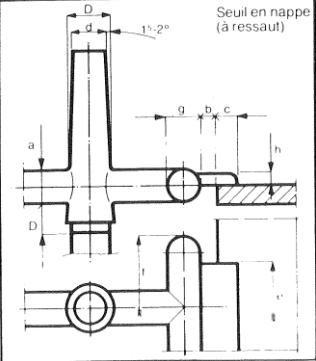
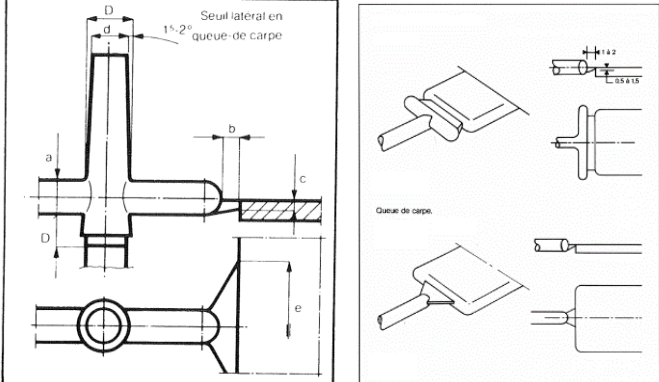
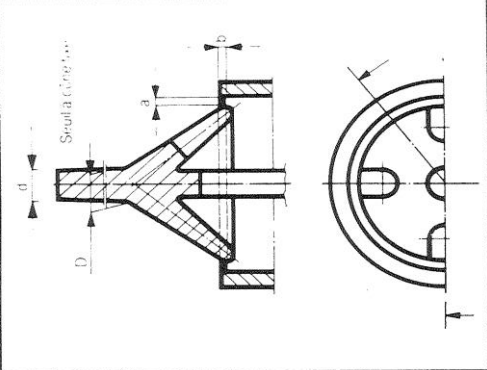
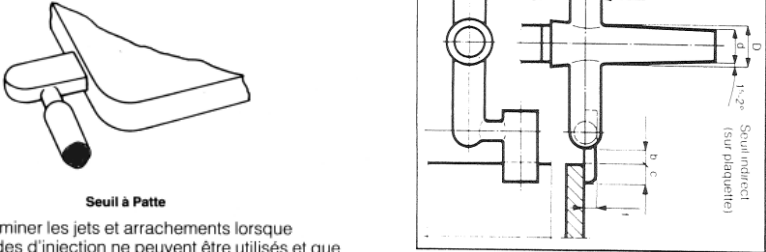
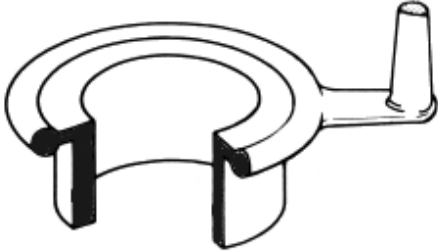


Figure IV- 10. Disposition linéaire des empreintes dans un moule

5.2.6. Types de seuil des canaux

Nous pouvons distinguer plusieurs types de seuil :

Type de seuil	Schéma associé
<b>Seuil direct</b>	
<b>Seuil Capillaire</b>	
<b>Seuil dit Sous-marin ou en Tunnel</b>	
<b>Seuil dit en Courge ou Tunnel courge</b>	
<b>Seuil dit en Toile</b>	

<p><b>Seuil dit en Nappe</b></p>	
<p><b>Seuil dit en queue de carpe</b></p>	
<p><b>Seuil dit Entrée Conique</b></p>	
<p><b>Seuil dit Indirect</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>Seuil à Patte</b></p> <p>Utile pour éliminer les jets et arrachements lorsque d'autres modes d'injection ne peuvent être utilisés et que l'on désire un seuil de petites dimensions. Permet de réduire les contraintes au voisinage du seuil.</p>
<p><b>Seuil annulaire</b></p>	

### 5.3. Fonction mise en forme

#### 5.3.1. Introduction

Les formes de la pièce, sa disposition dans l'outillage, orientent sur les dépouilles nécessaires au démoulage correcte de la pièce. Dans certains cas, le démoulage ne se fait pas naturellement et ces contre-dépouilles nécessitent un élément rapporté particulier. Ces éléments mobiles par rapport au reste de l'empreinte sont réalisés soit mécaniquement, soit hydrauliquement. Ces mouvements permettent de classer l'outillage suivant un type (cales montantes, noyaux, etc.).

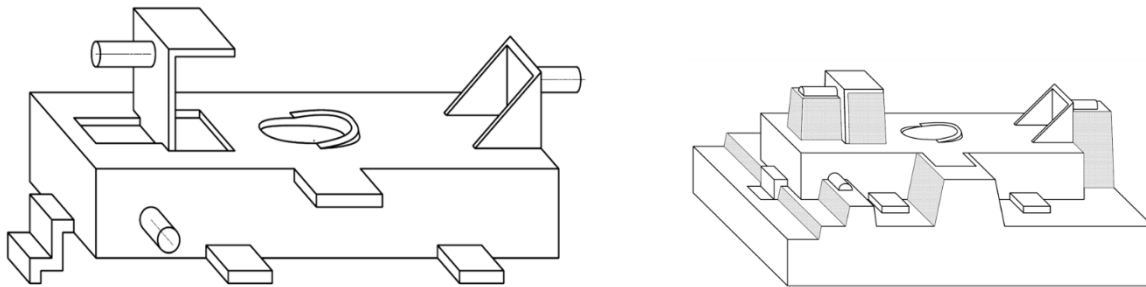


Figure IV- 11. Le plan de joint : Pièce sur la partie mobile du moule.

#### 5.3.2. Les dépouilles

Pour faciliter le démoulage de la pièce, le moule doit avoir des dépouilles qui doivent être intégrées dans la forme de la pièce. La dépouille dépend essentiellement de l'état de surface de la pièce et de la précision de la géométrie des surfaces (grainage, poli glace, planéité, rectitude...). Dans une moindre mesure la dépouille dépend aussi de l'élasticité du thermoplastique. [4]

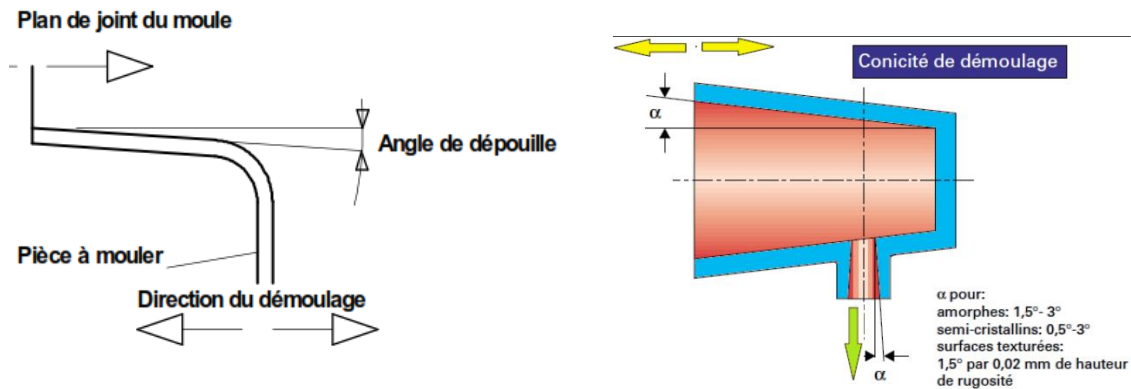


Figure IV- 12. Les Dépouilles qui faciliter le démoulage de la pièce chois et valeurs

#### 5.3.3. Le retrait

On entend par retrait les processus qui conduisent à la réduction des dimensions de la pièce par rapport à celles du moule froid.

Le retrait exerce une influence directe sur les dimensions d'une pièce moulée par injection. Un retrait différentiel provoque des déformations (gauchissement ou voilage).

Lors de la conception des pièces on doit appliquer un coefficient de correction des dimensions de l'empreinte qui tiennent compte du retrait de la matière.

La représentation schématique du retrait de moulage  $R_m$ , du post-retrait  $P_r$  et du retrait total  $R_t$

Le retrait de moulage est indiqué en % 
$$R_m = \frac{M_f - L}{M_f} \times 100$$

La diminution de volume de la pièce moulée n'est pas encore terminée. Le retrait se poursuit dans le temps et tend vers une valeur "définitive" d'autant plus vite atteinte que la température de stockage est élevée. [2]

Ce phénomène, essentiellement dû à une post-cristallisation, est appelé Post-retrait  $Pr$ . Selon la norme DIN 53464, on entend par post-retrait la différence calculée entre la cote  $L$  de la pièce moulée et la cote  $L1$  de cette même pièce après un traitement ultérieur à une température donnée.

Le post-retrait est indiqué en %  $Pr = \frac{L-L1}{L} \times 100$

Le post-retrait des matières plastiques partiellement cristallines est toujours inférieur au retrait de moulage.

La somme du retrait de moulage et du post-retrait est appelé retrait total  $Rt$ .  $Rt = Rm + Pr$

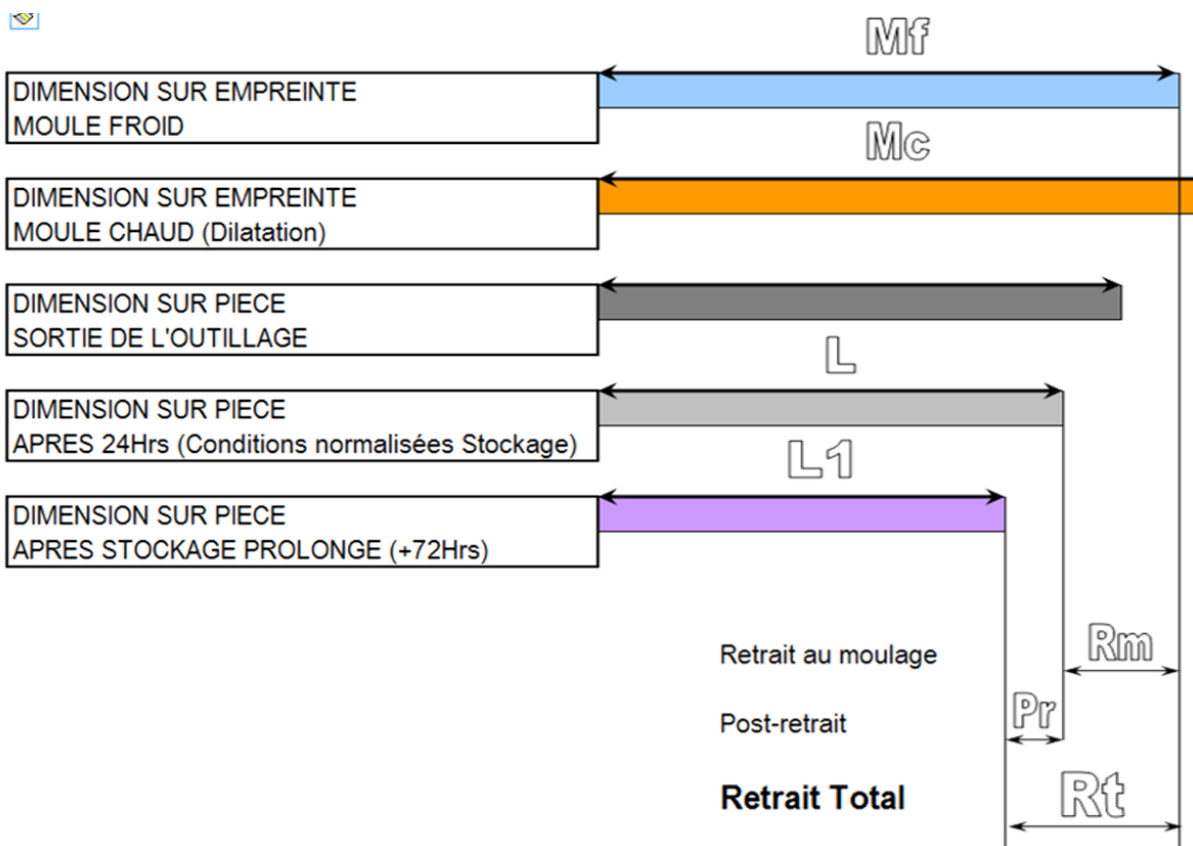


Figure IV- 13. Diagramme récapitulatif des retraits

### 5.3.4.L'éventation

Le remplissage de la cavité, par le polymère, chasse l'air qui s'y trouve. Sans possibilité d'échappement de celui-ci, l'air sous pression s'échauffe. La température atteinte peut provoquer des brûlures sur la pièce (effet diesel). Il est donc nécessaire de réaliser des mises à l'air libre des empreintes et de tous les endroits de fin de remplissage (nervures, clips, etc.) que l'on souhaite remplir correctement. Les éléments rapportés permettent également d'éventer l'outillage.

Un jeu de 0.02-0.03 est étanche au passage du polymère mais pas à l'air. [4]

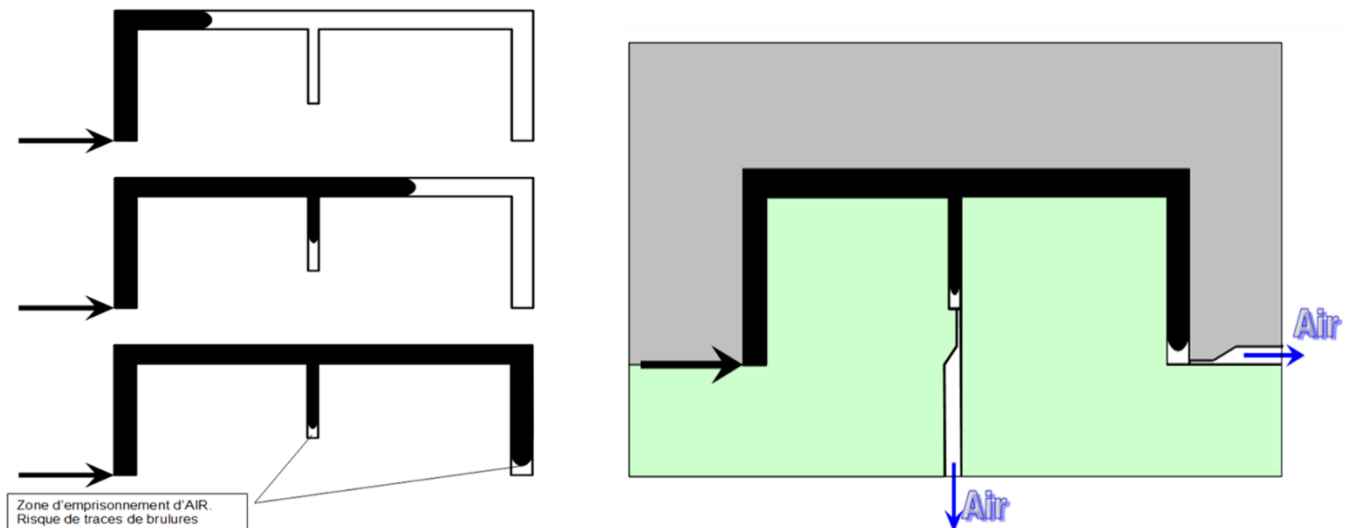


Figure IV- 14. Les problèmes d'éventation et les solutions d'échappement de l'air

## 5.4. Fonction éjection

### 5.4.1. Introduction

Cette fonction assure l'extraction correcte des pièces et suivant besoin de leur système d'alimentation hors de l'outillage. L'étude des plans de joint et du sens de démoulage détermine la partie de l'outillage sur laquelle s'opérera la retenue globale de la pièce. Cette partie est dans la plupart des cas la partie mobile où sont implantés les dispositifs d'éjection de pièce :

- Hydraulique
- Pneumatique
- Mécanique

Grace à l'action de la presse ou par un système indépendant. Il peut arriver de devoir positionner l'éjection coté fixe. Il est aussi possible de faire de séquence d'éjection avec multi-batterie d'éjection pour éjecter la carotte avant la pièce ou inversement ou bien d'autres possibilités existent.

Cette fonction prend en compte les paramètres suivants :

- Les possibilités mécaniques du polymère :
- Un calcul d'effort d'éjection peut être fait faisant entrer en compte :
- Les formes et dimensions des zones de retenues :

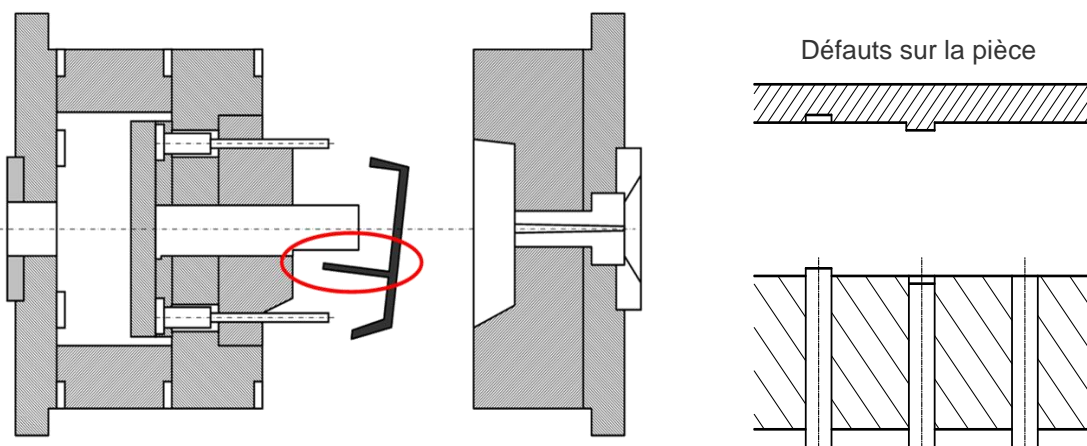


Figure IV- 15. Éjection par Bloc d'éjection ou pavé d'éjection et les défauts à éviter

### 5.4.2. Le rôle de l'éjection

Les fonctions associées aux éjecteurs peuvent être :

- Démouler la pièce après ouverture du plan de joint.
- Remise à zéro des plaques d'éjection.
- De démoulage de la carotte par un arrache carotte.
- De retenir la carotte lors de la séparation des plaques.
- D'évents ou de Soupape.
- D'accroche lors de mouvement latéraux.

### 5.4.3. Solutions constructives d'éjection

Il existe plusieurs formes standards de solution d'éjection :

Ejecteurs	Schéma associé
Ejecteurs Cylindriques	
Ejecteurs Epaulés	
Ejecteurs à Lames	
Ejecteurs Tubulaires	

<p>Pavé d'éjection Ou Cale d'éjection</p>	
<p>Ejection Par air</p>	
<p>Ejection Par devetissage</p>	
<p>Ejecteurs élastiques</p>	

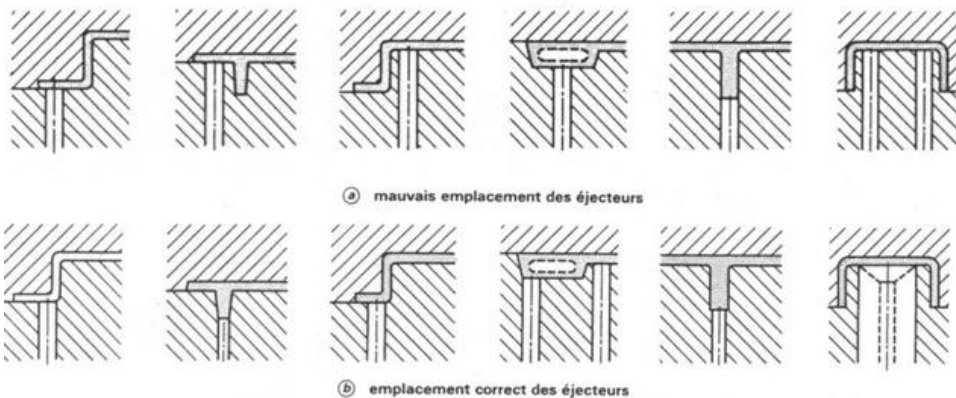


Figure IV- 16. Quelques règles à respecter lors du choix des éjecteurs et leurs positions



## 5.5. Fonction régulation thermique (refroidissement)

### 5.5.1. Introduction

Assurer la régulation de l'outillage pour permettre une solidification correcte du polymère. Cette fonction est nécessaire pour obtenir une structure optimale du polymère injecté et un temps de production minimum. Ces deux objectifs sont généralement contradictoires. La réalisation de cette fonction est assurée par la circulation dans l'outillage (circuits de régulations) d'un fluide caloporteur.

### 5.5.2. Les trous de refroidissement

On refroidit les moules par rapport à la température d'injection du polymère. Bien souvent la température des moules est comprise entre 40°C et 100°C. La plupart du temps, on perce des trous pour faire circuler un liquide de refroidissement. Les diamètres couramment utiliser vont de  $\varnothing 6$ ,  $\varnothing 8$ ,  $\varnothing 10$ ,  $\varnothing 12$  au-delà les diamètres créés un flux laminaire néfaste à l'absorption des calories. L'importance du standard des raccords de raccordement peut aussi jouer sur le dimensionnel.

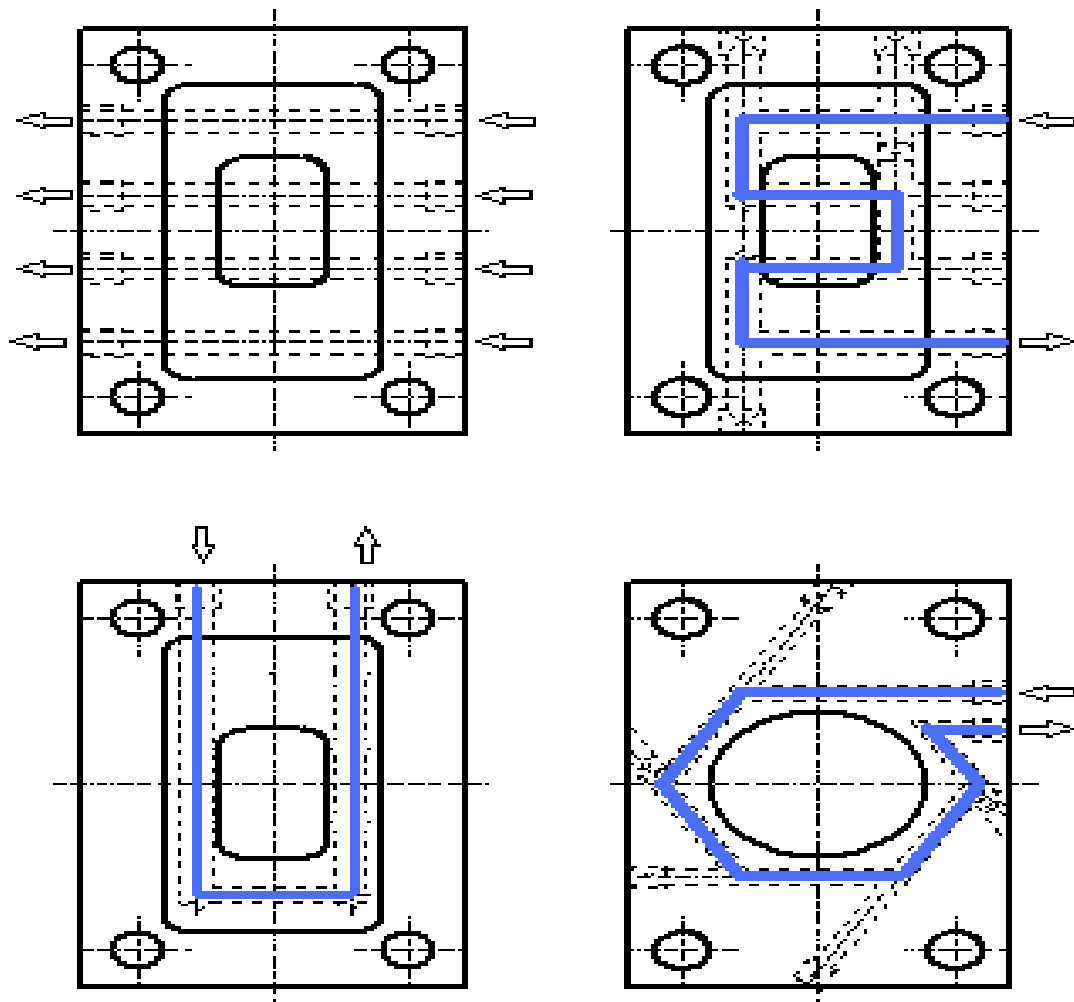
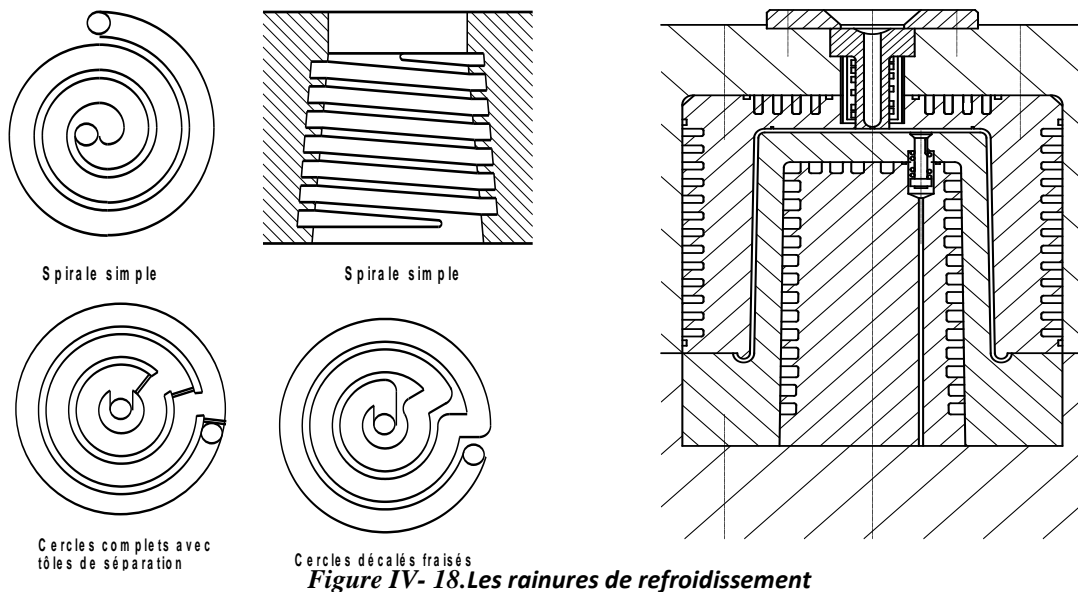


Figure IV- 17. Circuit de refroidissement des plaques de moules

### 5.5.3. Les rainures de refroidissement

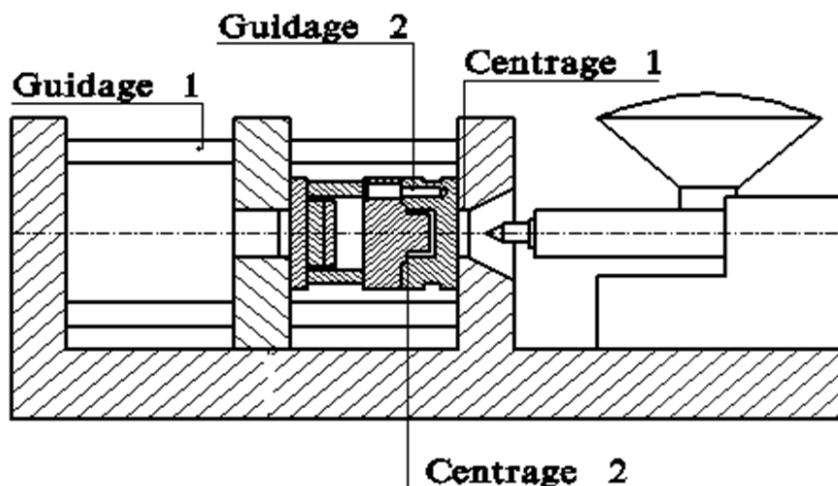
Une autre technique consiste à faire des rainures soit sur un fond, soit sur le périmètre d'une pièce circulaire.



### 5.6. Fonction guidage et positionnement

#### 5.6.1. Introduction

Le moule étant composé de plusieurs parties séparées par le plan de joint, à la fermeture du moule celui-ci doit être guidé et recentrer pour que les parties moullantes de la pièce soit en correspondance entre les différentes parties du moule. Cette fonction assure le guidage et le positionnement de la partie mobile de l'outillage par rapport à la partie fixe. [2, 4]



*Figure IV- 19. Les centrages et les guidages à assurer sur une presse/moule*

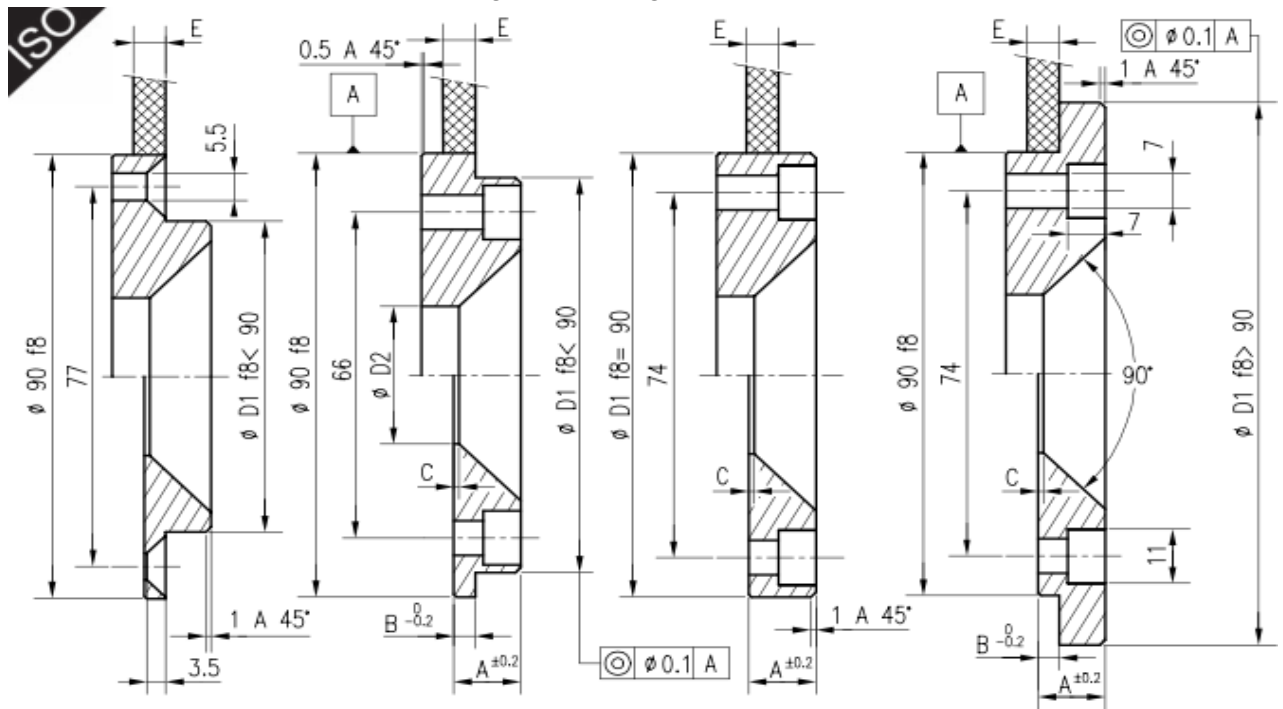
Bilan des centrages et des guidages :

- Guidage 1 : Mouvement linéaire du plateau mobile sur les colonnes presse
- Guidage 2 : Mouvement de la Partie Mobile (PM) avec la Partie Fixe (PF) de l'outillage
- Centrage 1 : Mise à l'axe de l'Axe Outillage sur l'Axe Presse
- Centrage 2 : Mise à l'axe de l'Axe de la Partie Mobile (PM) avec l'Axe de la Partie Fixe (PF) de l'outillage

### 5.6.2. Centrage moule/presse

Présentation des formes de Bague de centrage sans épaulement et Bague de centrage épaulée. Elle est propre à la configuration de la presse.

Tableau IV- 3. Bagues de centrage du moule choix et dimension<sup>2</sup>



GAMME DISPONIBLE											
FORME	B	C	E	A	D2		25	28	32	40	
					D1						
	4	1	-	12,5	60						
	10	7	6	18,5							
	14	11	10	22,5							
	4	1	-	12,5		63					
	10	7	6	18,5							
	14	11	10	22,5							
	4	1	-	12,5	80						
	10	7	6	18,5							
	14	11	10	22,5							
	-	1	-	12,5	90						
	-	7	6	18,5							
	-	11	10	22,5							
	4	1	-	12,5	100						
	10	7	6	18,5							
	14	11	10	22,5							
	4	1	-	12,5	110						
	10	7	6	18,5							
	14	11	10	22,5							
	4	1	-	12,5	125						
	10	7	6	18,5							
	14	11	10	22,5							
	4	1	-	12,5	160						
	10	7	6	18,5							
	14	11	10	22,5							

<sup>2</sup>RABOURDIN Industrie : gamme des bagues de centrage

### 5.6.3. Centrage du plan de joint moule (Partie Mobile / Partie Fixe)

La pression dans l'empreinte peut entraîner un glissement entre la partie fixe et la partie mobile.

Le centrage évite le glissement entre les deux parties du moule.

Les formes de l'empreinte dans le moule peuvent faire s'excentrées la partie mobile de la partie fixe sous l'effet de la pression matière.

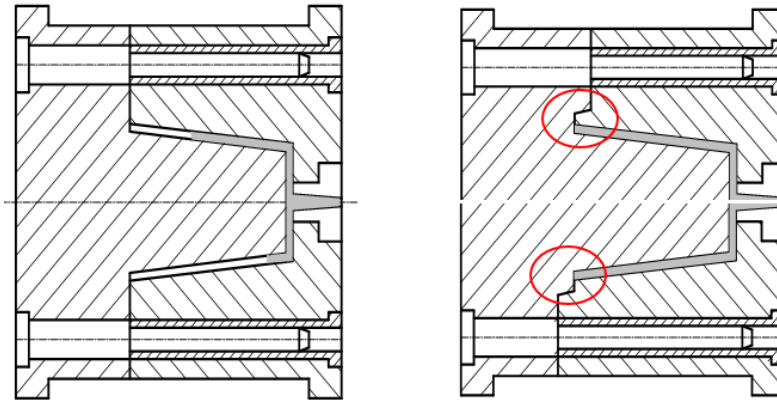
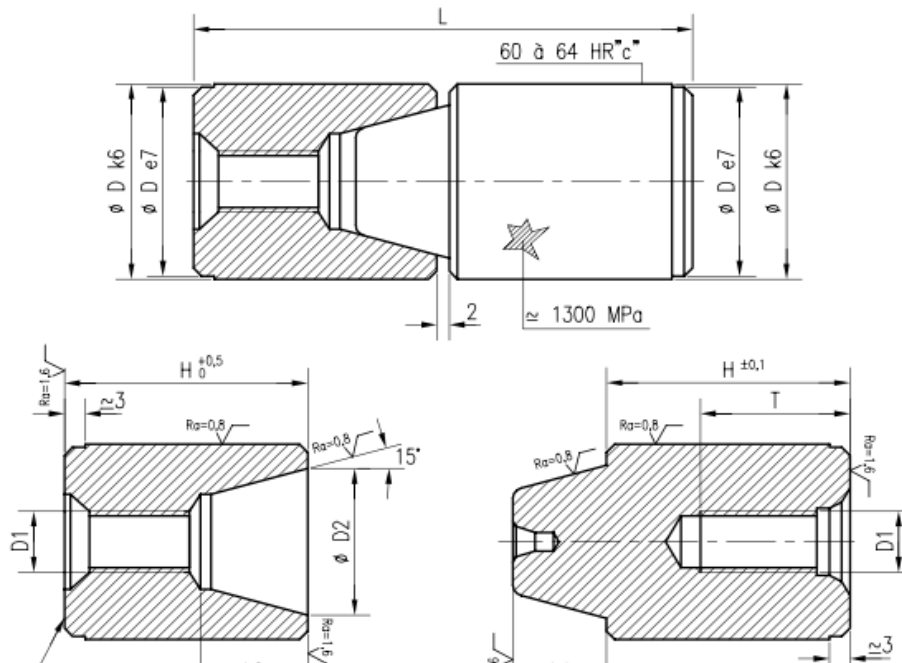


Figure IV- 20. .Centrage par le plan de joint incliné du moule

Pour éviter une excentration des deux parties du moule, on procède à un recentrage :

- Soit par un "cône"
- Soit par des faces inclinées.
- Soit par des centreurs coniques ou droits.

Tableau IV- 4. Centreur conique des moules choix et dimension<sup>3</sup>



GAMME DISPONIBLE							
T	12	13	20	20	24	24	24
L2	8	10	14	15	21	26	26
L1	5	8	10	12	15	20	20
D2	8	11	14	18	24	30	40
L	40	50	64	64	80	100	100
H	19	24	31	31	39	49	49
D1	M4	M5	M8	M8	M10	M10	M12
D	12	16	20	25	32	40	50
REF. 611							

<sup>3</sup> RABOURDIN Industrie : gamme des centreurs coniques

### 5.6.4. Le guidage des parties fixe et mobile du moule

Le guidage et le positionnement seront obtenus suivant les tolérances imposées à la pièce et aux parties rentrantes fragiles ou non, par différents systèmes :

- Soit un ensemble de colonnes et douilles de guidage permettent d'assurer la fonction complète,
- Soit un ajout de centreurs coniques ou droit seront nécessaires afin d'assurer cette fonction avec plus de précision.

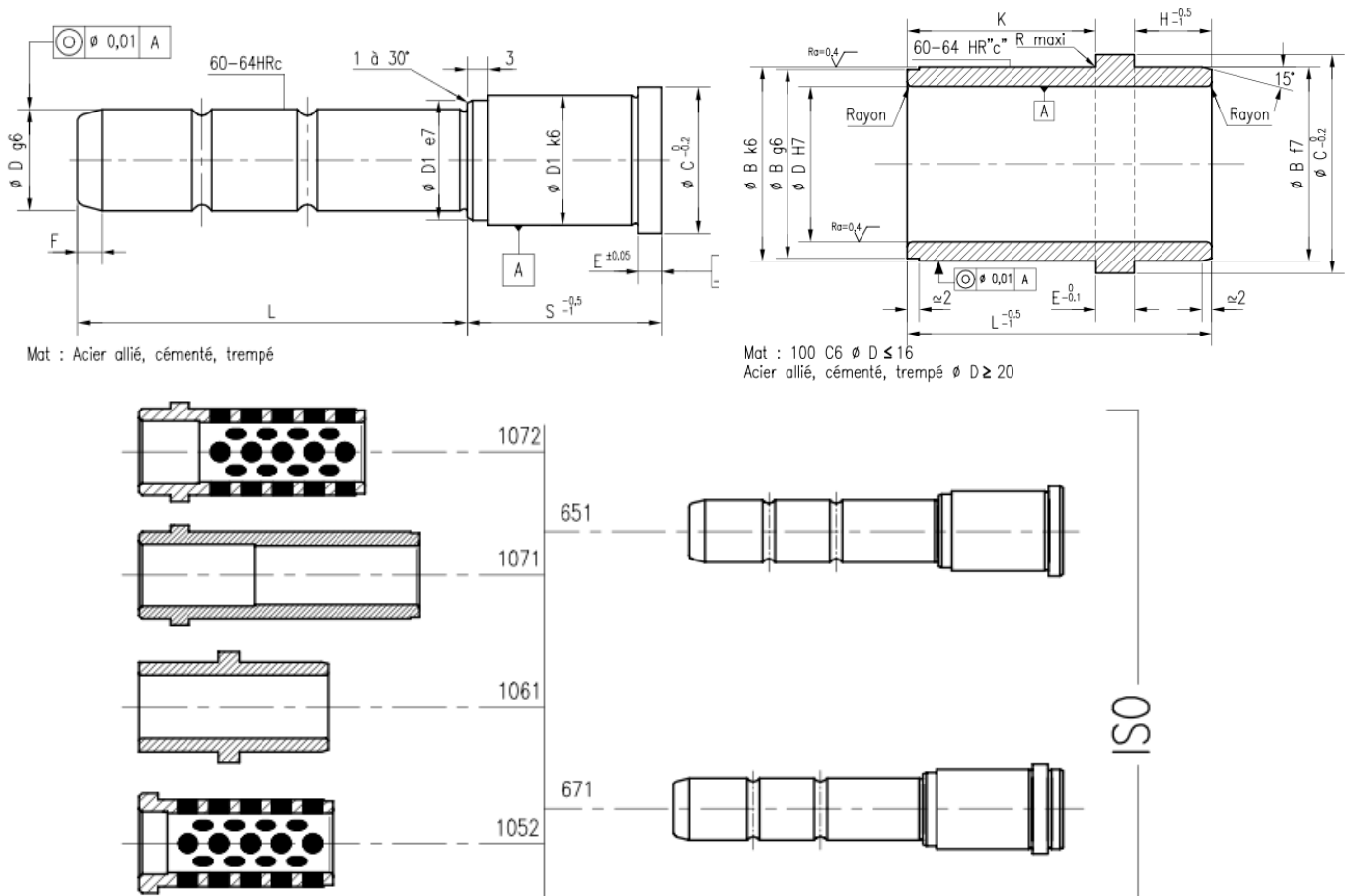


Figure IV- 21. Colonnes et bague de guidage des parties fixe et mobile des moules<sup>4</sup>

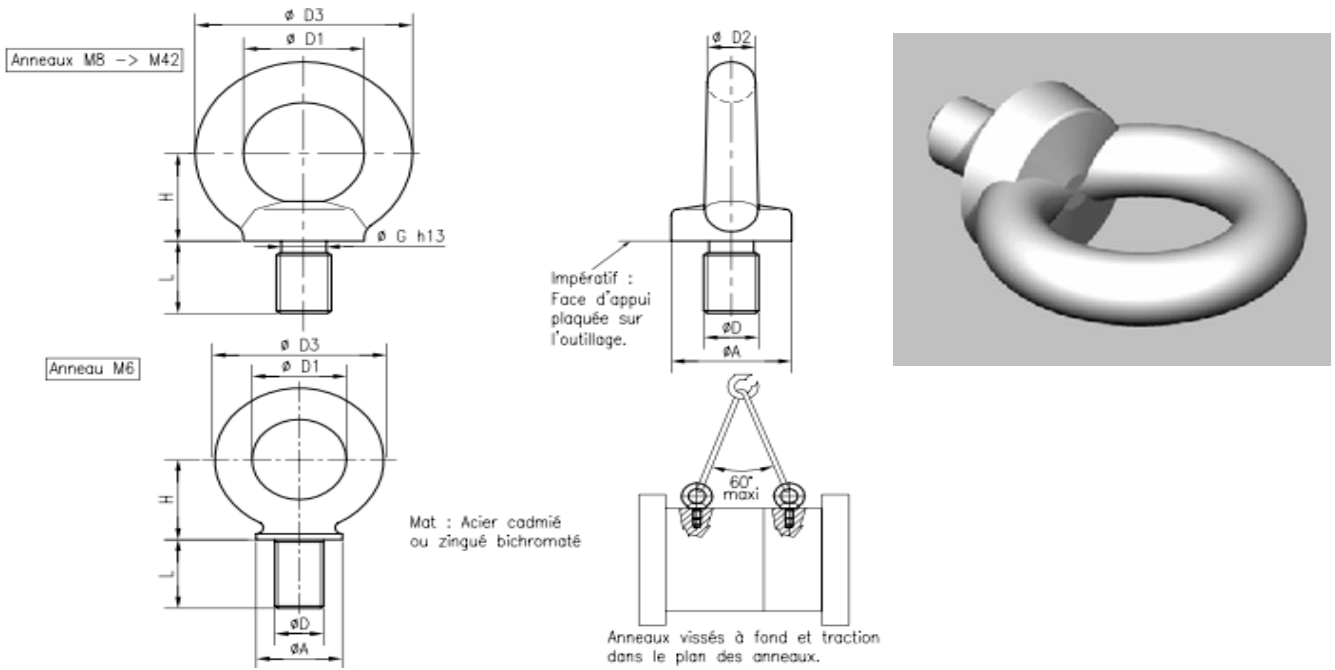
### 5.7. Fonctions manutention, stockage, sécurité et liaison machine

Afin d'éviter toute détérioration de l'outillage, il est impératif qu'à la fermeture du moule le dispositif d'éjection soit rentré. Les systèmes permettant le retour de la batterie d'éjection sont

- Les ressorts
- Les vérins
- Les éjecteurs de remise à zéro
- Les capteurs

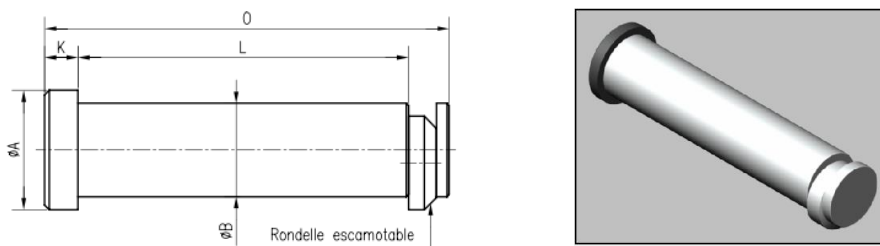
En outre des solutions constructives sont mise en place pour assurer la manutention des moules pour le stockage et les opérations de maintenances et de fin de série.

<sup>4</sup> RABOURDIN Industrie : gamme des Colonnes et des bagues de guidage



GAMME DISPONIBLE																
D - ISO	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	33	36	39	42
Levage  daN / anneau	50	95	170	240	340	500	600	830	1050	1270	1650	2600	3200	3700	4300	5000
Levage  daN / anneau	70	140	230	340	490	700	900	1200	1500	1800	2500	3600	4300	5100	6100	7000
D3	36	36	45	54	63	63	72	72	90	90	90	108	108	126	126	144
D1	19,5	20	25	30	35	35	40	40	50	50	50	60	60	70	70	80
L	24	15	15	18	25	25	30	30	36	36	36	45	45	54	54	63
H	19	18	22	26	30	30	35	35	45	45	45	55	55	65	65	75
G	--	6	7,7	9,4	11	13	14,6	16,4	19,6	19,6	22	25	28	30,3	33,3	35,6
A	20	20	25	30	35	35	40	40	50	50	50	65	65	75	75	85
D2	8,25	8	10	12	14	14	16	16	20	20	20	24	24	28	28	32
<b>D - ISO</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>27</b>	<b>30</b>	<b>33</b>	<b>36</b>	<b>39</b>	<b>42</b>
REF. 1022																*

Figure IV- 22. Anneau de levage des moules<sup>5</sup>



GAMME DISPONIBLE				
O	154	197,5	247,5	309
L	132	170	212	265
K	6	8	10	12
Force maxi. Kg	6300	10000	16000	25000
A	40	50	63	80
Code MABEC	P 953 254 770	P 953 255 870	P 953 256 670	P 953 257 470
<b>B</b>	<b>32</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>63</b>
REF. 5930				

Figure IV- 23. Système de bridage des moules

<sup>5</sup> RABOURDIN Industrie : gamme des solutions de manutention et de bridage

## 5.8. Les métaux des moules

Les exigences de plus en plus sévères auxquelles doivent satisfaire les outils utilisés pour la transformation des matières plastiques nécessitent la mise au point spécifique d'aciers à outils présentant des caractéristiques d'utilisation déterminées en fonction des différentes applications.

Les outils employés pour la transformation des matières plastiques sont essentiellement sollicités par des pressions et une usure importante.

Certains types de matières plastiques peuvent également être à l'origine de sollicitations par corrosion.

Les différentes matières plastiques et les différents procédés de transformation nécessitent que l'acier à outils présente certaines propriétés définies, par exemple :

*Tableau IV- 5 .Classification et des métaux pour la construction des moules*

Matière	Propriétés requise	Acier préconisé	Dureté recommandée
Polypropylène (PP) Polystyrène (PS)	Production de masse à faible coût. Bonne aptitude au polissage et à la gravure. Aptitude au chromage, nickelage.	35CMD7 avec éventuellement 0.07 % de S 40CMD8	270/340 HB R=900/1150 MPa 310/340 HB R=1040/1150 MPa
Matières neutre, petites cavités.	Bonne aptitude au polissage. Réalisation de surfaces grenées.	55CND4 55CNDV6 55CNDV5	R1100MPa R1100MPa R1350MPa
Matières non corrosives à taux de charge croissant du haut vers le bas	Bonne résistance aux chocs. Bonne aptitude à l'usinage. Bonne résistance à l'usure. Bonne aptitude au polissage.	45NCD16 Z38CDV5 Z160CDV12	50/52 HRC 49/52 HRC 59/62 HRC
Résines neutres très chargées (30 à 60 % de fibres de verre). Très petites cavités.	Très forte résistance à l'érosion et à l'abrasion. Bonne aptitude au polissage.	Acier rapide MP	62/64 HRC
Matières techniques PEEK, PPS, PES, PEI	Bonne résistance à l'usure et à la chaleur (300 à 500°C).	Acier rapide PM (*) HS 6.5.2 HS 6.5.4	62/64 HRC
Matières corrosives PVC, ABS, PBT. Charges croissantes du haut vers le bas.	Bonne tenue à la corrosion. Bonne aptitude au polissage. Bonne à très bonne résistance à l'usure.	Z10CN17-4 Z35CD17-1 Z40 à Z 60C14 Z100CD17	41/44 HRC 42/52 HRC 42/46 HRC 55/58 HRC
Matière haute qualité (disques optiques, applications alimentaires ou médicales)	Bonne aptitude à l'usinage et au polissage. Bonne tenue à la corrosion.	Z40 à z60C14 resulfuré Z35CD17-1 resulfuré	45/46 HRC 45/50 HRC

(\*) Pour problème d'aptitude au polissage (répartition de fins carbures)

## 6. Dimensionnement

### 6.1. Introduction.

Lors de la conception d'un moule, il convient de passer par des opérations de calcul, pour déterminer les pressions à manipuler, ainsi que les efforts, la quantité de matière plastique injectable dans le but de choisir la presse. On détermine aussi le nombre des empreintes dans le moule et on choisit les autres paramètres pour bien concevoir le moule [6].

### 6.2. Les efforts sur une presse

Tous les efforts mis en œuvre sur une presse d'injection et un moule peuvent se déterminer facilement.

La force en Newton N ou en KN	La pression en Pascal Pa ou en Mpa
Force N : 1kN = 1000N, 10 kN = 1Tonne, 1 daN = 10N	Pression : Pa, 1Pa=1N/m <sup>2</sup> , 1 MPa=1N/mm <sup>2</sup>
Section (m <sup>2</sup> ), m <sup>2</sup> =10 <sup>6</sup> mm <sup>2</sup>	1 MPa=10bar, 1bar=1 DaN/cm <sup>2</sup>
La section en mètre carré m <sup>2</sup> ou en mm <sup>2</sup>	

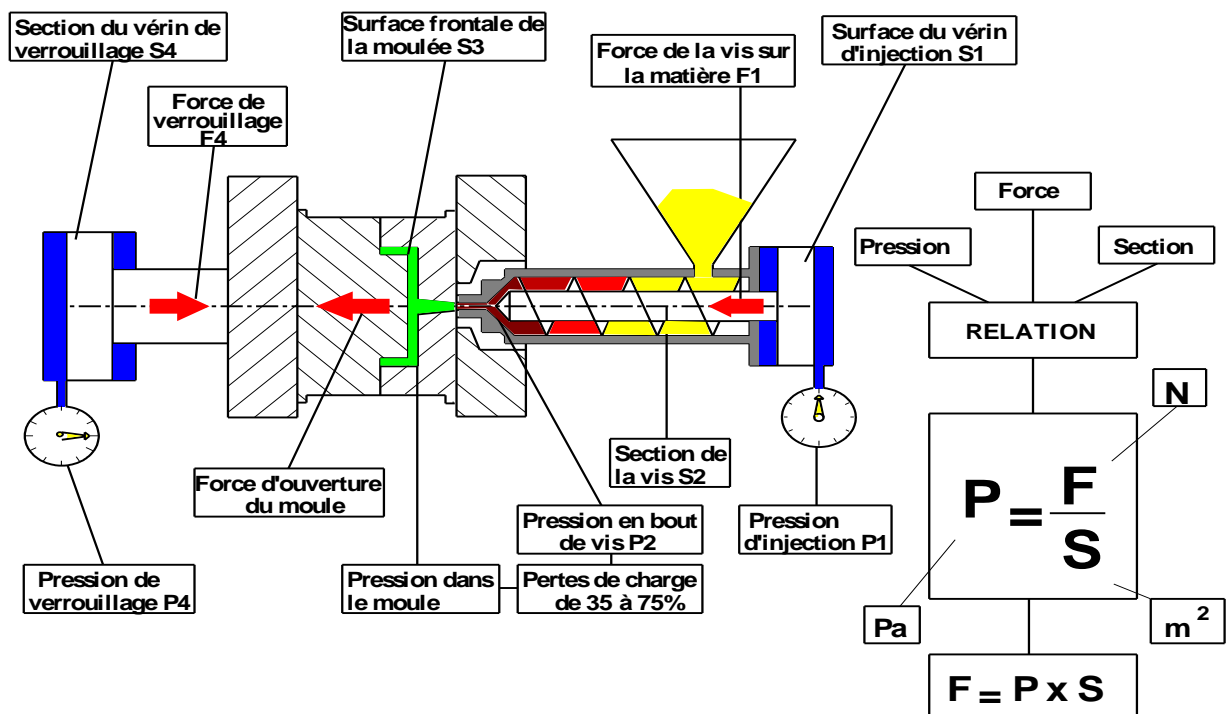


Schéma des surfaces, pressions et forces sur une presse

#### Exemple de calcul

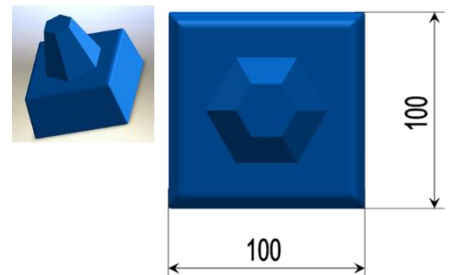
Les Dimensions de la Boite : 100mm x 100mm x 50mm

- Epaisseur : 1.2mm
- Matière : PP
- Pression maintien donnée : 300 bars
- Soit pour 1 empreinte

$$P = F / S \text{ ou } F = P \times S$$

$$F \text{ (daN)} = P \text{ (Bar ou Kg/cm}^2\text{)} \times S \text{ (cm}^2\text{)} \times \text{(Coef Sécurité 20\%*)}$$

$$F \text{ (daN)} = 300 \times 10 \times 10 \times 1.2, \quad F \text{ (daN)} = 36000 \text{ daN}$$





Soit 36T nécessaire théoriquement, le choix se portera sur une 50T

Tableau IV- 6. Capacité des presses Billion<sup>6</sup>

	Injection				Fermature						Plateaux					
	Diamètre des vis	Volume théorique injectable	Pression maxi- male matière	Force d'appui sur la buse	Modèle	Force de verrouillage	Course d'ouverture	Épaisseur des moules mini-maxi	Diamètre des colonnes	Force d'ouverture du moule	Désignation	Passage entre colonnes	Dimensions des plateaux	Espace maxi entre plateaux		
Unités	mm	cm <sup>3</sup>	bars	kN	T	kN	mm	mm	mm	kN		mm	mm	mm		
H 260	32	116	2205	43	90	900	380	180 à 400	70	130	555	370 x 370	555 x 555	780		
	35	139	1843									630	445 x 445		630 x 630	780
	38	163	1564													
H 470	38	198	2327	67	140	1400	500	240 à 480	85	161	650	430	650	980		
	40	220	2100									735	515		735	980
	45	278	1659													
H 780	45	342	2276	67	200	2000	560	280 à 580	100	290	760	500	760	1140		
	50	422	1843									870	610		870	1140
	55	511	1523													
H 1 300	55	582	2200	82	320	3200	660	330 à 680	120	370	920	610	920	1340		
	60	693	1849													
	65	813	1575													
H 2 000	65	946	2113	82	320	3200	660	330 à 680	120	370	1045	735	1045	1340		
	70	1097	1822													
	75	1259	1587													
H 2 500	75	1215	2065	82	420	4200	750	250 à 800	140	426	1040	680	1040	1550		
	90	1750	1430													
H 4 340	75	1988	2184	110	420	4200	750	250 à 800	140	426	1180	820	1180	1550		
	90	2863	1517													
	105	3897	1115													
H 6 860	90	3340	2053	110	700	7000	1100	300 à 1100	180	781	1370	910	1370	2200		
	105	4546	1509													
	120	5938	1155													
H 10 140	105	5195	1950	110	900	9000	1250	300 à 1200	195	1007	1550	1025	1550	2450		
	120	6786	1493													
	140	9236	1097													
H 16 470	120	7917	2080	173	1150	11500	1650	400 à 1600	220	1357	1770	1170	1770	3250		
	140	10776	1528													
	160	14074	1170													
H 24 400	140	12315	2023	270	1800	18000	2100	500 à 1800	280	1365	2250	1450	2200 x 2250	3900		
	160	16084	1548									2600	1450 x 1800		2200 x 2600	3900
	180	20357	1223													
H 34 400	160	18095	1968	270	2200	22000	2100	500 à 1800	310	1365	2600	1450 x 1800	2280 x 2660	3900		
	180	22902	1555													
	200	28274	1253													

Source : Document Presses hydrauliques Billion (01810 Bellignat)

### Recommandations :

1 - Bien vérifier les caractéristiques de la presse :

- Volume injectable
- Passage entre colonne par rapport aux dimensions maximum de l'outillage
- Course d'ouverture et d'éjection de la presse
- Présence nécessaire d'un noyau hydraulique sur presse

2 - Prendre en compte la surface frontale du canal d'alimentation si nécessaire ou augmenter le Coefficient de sécurité

3 – Ne jamais se mettre aux limites maxi de la Presse (Pic de pression entre dynamique et maintien)

<sup>6</sup> Mémotech Matières plastique

### 6.3. Calcul du nombre d'empreintes optimum dans un moule d'injection

Le calcul est nécessaire chaque fois que l'on aura le choix du nombre d'empreintes à disposer dans un moule d'injection sans que celui-ci modifie notablement l'architecture générale du moule ou le choix de la presse. Les données de calcul sont :

- **X : le prix du moule à 1 empreinte**
- **Y : le coût de l'empreinte additionnelle**
- **Q : le coût horaire de la presse**
- **S : le coût horaire des salaires**
- **N : le nombre total de pièces à fabriquer**
- **T : la durée du cycle**
- **n : le nombre d'empreintes recherché**

#### La démarche de calcul.

Coût du moule pour n empreintes :  $C_n = X + Y (n-1) = (X - Y) + Yn$

Coût du fonctionnement de la presse :  $Q_u = (Q_t / 60n)$

Coût du salaire par pièce :  $S_u = S_t/60n$

Coût du moule par pièce :  $C_u = C_n / N$

En remplaçant  $C_n$  par sa valeur :  $C_u = ((X-Y) + Yn) / N$

Coût de moulage d'une pièce :  $C_{um} = Q_u + S_u + C_u$

En remplaçant  $Q_u$ ,  $S_u$  et  $C_u$  par leurs valeurs :

$$C_{um} = (Q_t/60n) + (S_t/60n) + ((X-Y)/N) + Yn/N$$

$$C_{um} = (t/ (60n)) (Q+S) + ((X-Y)/N) + Yn/N$$

Si l'on trace la courbe des points représentant le coût de moulage fonction du nombre d'empreintes, on s'aperçoit que cette courbe passe par un minimum.

Pour trouver la valeur de ce nombre d'empreintes nous donnant le coût minimum, nous procédons à la dérivée de la fonction, puis nous égalons à zéro pour trouver son minimum.

Dérivons donc par rapport à n et Egalons à zéro :

$$dC_{um} / dn = ((-t/ (60n^2)) (Q+S)) + Y/N \text{ ou } ((-t/ (60n^2)) (Q+S)) + Y/N = 0$$

$$D'où : n^2 = ((Q+S)/60) t (N/Y) \quad d'où \quad n = \sqrt{[(Q+S) t N] / (60Y)}$$

**Exemple :** Soit les valeurs relatives à la réalisation d'un article en PP

- X : le prix du moule à 1 empreinte (28000DT)
- Y : le coût de l'empreinte additionnelle (4666DT)

- Q : le coût horaire de la presse (15DT)
- S : le coût horaire des salaires (38DT)
- N : le nombre total de pièces à fabriquer (3 000 000pcs)
- T : la durée du cycle (0.4min)
- n : le nombre d'empreintes recherché

$$n = \sqrt{[(15+38) \times 0.4 \times 3000000] / (60 \times 4666)}$$

$$n = \sqrt{[63600000 / 279960]}$$

$$n = \sqrt{228} \quad , \quad n = 15 \text{ empreintes soit } 16 \text{ empreintes}$$