

# Pratique de L'injection



## Fascicule de TP



# TP5



## INJECTION EN PHASE MAIN TIEN (QUASI-STATIQUE)

### OBJECTIFS GENERAUX DES TP

- Faire pratiquer et comprendre le processus de mise en œuvre par injection des matières plastiques.
- Initier les étudiants aux influences des paramètres de mise œuvre, à la sécurité générale d'un atelier,
- Acquérir un comportement « Sécurité » c'est-à-dire responsable vis-à-vis des matériels, tous potentiellement dangereux.
- Travailler dans un esprit de « Développement durable », aussi bien du côté matière (éviter les gaspillages) que des machines (minimiser les consommations d'énergie).

### Organisation

- L'assistance aux TP est obligatoire ;
- Les séances de TP sont de 3 à 4.5 heures ;
- Remarque : chaque étudiant est appelé à Répondre aux questions de l'aperçu théorique avant la séance de TP ;
- Un compte rendu, sous forme papier, sera réalisé par groupe à l'issue de chaque journée de TP. Il sera remis à l'encadrant à la fin de la séance de TP (ou un compte rendu par étudiants au maximum 15 jours après la date du TP). L'absence de compte rendu, ou sa remise hors délai sera sanctionnée par la note de 0 au TP.

### Nom et prénom

.....

.....

**BUT TP**

- Obtenir des caractéristiques produit stables: géométriques, dimensionnelles, mécaniques.

**MOYENS**

- **Compenser** le retrait volumique de la matière dans l'empreinte, dû au refroidissement et à la cristallisation. Ce « **nourrissement** » alimente l'empreinte en matière fondue jusqu'au gel du (des) seuil(s).

**Aperçu théorique**

**1. Quel est le principe de réglage de la Contre Pression (CP) ;**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**2. Dans le processus de moulage par injection, le réglage approprié de la contre-pression peut avoir plusieurs avantages. Lesquels ?**

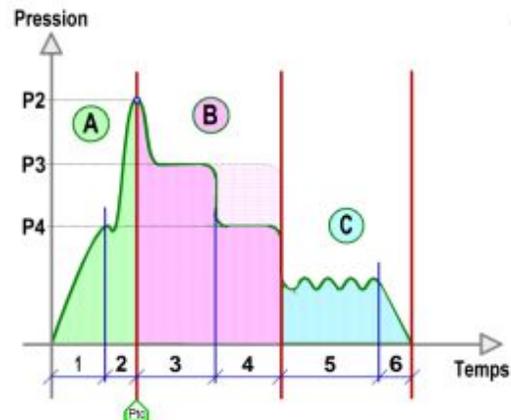
.....  
.....  
.....  
.....

**3. Indiquer la Pression de maintien et la contre pression théoriques pour les articles suivants ;**

- Epreuve de traction en PELD : PM= ..... et CP= .....
- Epreuve de traction en PP : PM= ..... et CP= .....
- Gobelet en PS : PM= ..... et CP= .....

**4. Le graphique suivant montre l'évolution de la pression matière en fonction du temps. Trois zones et six phases sont observées lors de l'injection. Nommer chaque phase :**

- Zone A :** .....
- Phase 1 : .....
- Phase 2 : .....
- Zone B :** .....
- Phase 3 : .....
- Phase 4 : .....
- Zone C :** .....
- Phase 5 : .....
- Phase 6 : .....



**5. La commutation marque le passage entre deux phases, lesquelles ?**

.....  
.....

**6. Citer les différents modes de commutation ;**

.....  
.....  
.....

**7. Quel est le rôle de la phase de maintien ;**

.....  
.....  
.....

**8. Le maintien est caractérisé par deux paramètres, lesquels ?**

.....

**9. A Quel moment s'arrête le maintien ;**

.....  
.....

**10. Citer les principaux critères de qualités influencés par la pression de maintien ;**

.....  
.....  
.....  
.....

**11. Définir le Retrait et donner sa formule ;**

.....  
.....

**12. Le Retrait dépend de deux paramètres, lesquels ?**

.....  
.....

## Travail expérimental

- a. **Le poste de travail doit être rigoureusement propre. Vérifier et Nettoyer :**  
-Pas d'eau    -Pas d'huile    -Pas de granulés dispersés sur le sol
- b. **Nettoyer en poussant avec un balai les Granulés ; les Huiles et les Graisses...**
- c. **Demande l'approbation de l'enseignant :..... ;**



**Le nettoyage de l'atelier : une étape indispensable  
à la sécurité et au respect des normes**

### MÉTHODE

- Après validation du TP précédent (phase dynamique : optimisation du DOSAGE et de l'INJECTION), on optimise **la pression de maintien** en fixant un temps de maintien long puis **le temps de maintien** avec la pression optimisée.
- Modifier le réglage précédent en augmentant le matelas à 20% du volume dosé (la phase dynamique reste identique) ( $M=.....$ );

A partir du TP précédent (phase dynamique), indiquer les valeurs de la phase dynamique ;

➔ **Pression d'injection=..... (66) bars ; vitesse d'injection = ..... ( 20%) ; temps de refroidissement = ..... (37s)**

#### 1. Optimisation de la pression de maintien

Objectif : On détermine le niveau de pression optimal en mesurant son effet sur la qualité des pièces obtenues.

1. **Régler le temps de maintien** à 10 secondes/mm d'épaisseur du seuil ;  
➔ *Epaisseur du seuil = ..... ; temps de maintien initial= .....* ;
2. Lancer la machine en cycle automatique (ou semi-automatique) ;
3. Réaliser l'essai en faisant varier le niveau de pression de maintien de façon croissante.  
**Attention ! Un niveau de pression élevé risque d'entraîner des problèmes de démoulage et de bavures.**
4. Effectuer les moulages en prélevant pour chaque valeur de pression de maintien un échantillon de 3 moulées (valeur de départ : 0 bar, puis tous les 10 bars) ;
5. **Mesurer** les masses moulées sans carotte de chacun des échantillons. Compléter le tableau de mesures (page suivante) ;
6. **Mesurer** les dimensions des moulées sans carotte de chacun des échantillons. Compléter le tableau de mesures (page suivante) ;
7. Arrêter les essais à **l'apparition de bavures sur la moulée** (ouverture du moule par la pression) ;
8. **TRACER** sur le même papier millimétré, la **Masse moyenne de la moulée sans la carotte en g** et la **Mesure dimensionnelle en mm** en fonction de **la pression de maintien** ;
9. Après tracé graphique, retenir et afficher **la pression** qui correspond à la stabilisation de la masse de la moulée.

➔ **La pression de maintien optimale = .....** ;

#### 2. Optimisation du temps de maintien

Le profil de pression étant optimiser. Le temps de maintien est déterminé comme étant le temps au bout duquel la pression appliquée par la vis n'est plus transmise à la matière formant la pièce (lorsque le "seuil" est "gelé"). Après la commutation, tant que la vis applique sa pression sur la matière fluide, le retrait dû au refroidissement et à la solidification de la moulée est compensé par la nouvelle matière, donc la masse de la moulée augmente.

On détermine donc le temps de maintien optimal en pesant les pièces réalisées sans la carotte avec une durée de maintien croissante.

1. **Afficher** le temps de maintien à 0 secondes ;
2. **Lancer** la machine en cycle automatique (ou semi-automatique) ;
3. **Effectuer les moulages** en prélevant pour chaque valeur de temps de maintien un échantillon de 3 moulées (valeur de départ : 0 secondes, puis tous les 3 secondes) ;
4. **Arrêter** les essais **après la stabilisation de la masse moulée**,
5. Mesurer les masses moulées de chacun des échantillons ;
6. **Représenter sur le tableau et le papier millimétré** les résultats obtenus. **Le temps de maintien optimal** sera le temps légèrement supérieur au temps à partir duquel le point d'injection est gelé et donc lorsque le poids des pièces ne varie pas. Rechercher et indiquer sur le graphe ce temps optimal.

**3. CONCLUSION ET VALIDATION DES RÉGLAGES**

1. **Noter les valeurs** de réglage de l'injection et du maintien optimisées ;

<b>106</b>	<p><b>Régler l'injection</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tracer P et V en fonction de la course pendant l'injection ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Valider le point de commutation.</li> <li>▪ Régler le temps de refroidissement</li> <li>▪ Ajuster la phase dynamique.</li> <li>▪ Ajuster la phase maintien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Régler la contre-pression</b>, la valeur est 5 ~ 10Mpa.</li> </ul>																																															
	A Compléter (fiche de réglage)		A Compléter (fiche de réglage)																																															
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="4" style="background-color: #f8d7da;">Injection (... étapes)</th> </tr> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%; text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>P (bar)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V (%)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Injection (... étapes)							1	P (bar)				V (%)				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="4" style="background-color: #f8d7da;">Matelas</th> </tr> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%; text-align: center;">Use</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">cal</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Vis position (mm)</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temps injection (s)</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Matelas					Use	cal	1	Vis position (mm)	1			Temps injection (s)	0			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="4" style="background-color: #f8d7da;">Maintien (... étapes)</th> </tr> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td>P (bar)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V (%)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Maintien (... étapes)								P (bar)				V (%)		
Injection (... étapes)																																																		
			1																																															
P (bar)																																																		
V (%)																																																		
Matelas																																																		
	Use	cal	1																																															
Vis position (mm)	1																																																	
Temps injection (s)	0																																																	
Maintien (... étapes)																																																		
P (bar)																																																		
V (%)																																																		
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">C (mm)</td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px;"></td> </tr> </table>	C (mm)				<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Time (s)</td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px;"></td> </tr> </table>	Time (s)																																												
C (mm)																																																		
Time (s)																																																		

2. **Produire en cycle automatique** (ou semi-automatique) un échantillon représentatif (5 moulées) et valider ce réglage.

- ➔ **Pression de maintien optimale** = .....
- ➔ **Temps de maintien optimal** = .....
- ➔ **Réglage validé** : .....

<b>TABLEAU DE MESURES</b>									
Pression d'injection = .....	Vitesse d'injection = .....			Course de dosage = .....			Temps de refroidissement=....		
Temps de maintien initial = .....	Epaisseur de seuil =.....			Durée de cycle = .....			Epaisseur de la pièce=.....		
<b>Optimisation de la pression de maintien</b>									
N° de mesure (à noter sur les échantillons)									
<b>Pression de maintien (bar)</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>20</b>						
Masse de la moulée N°1 sans la carotte (g)									
Masse de la moulée N°2 sans la carotte (g)									
Masse de la moulée N°3 sans la carotte (g)									
Moyenne des trois masses (g)									
Etendue des trois masses (g)									
<b>Pression de maintien (bar)</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>20</b>						
Mesures dimensionnelles de la moulée N°1 (mm)									
Mesures dimensionnelles de la moulée N°2 (mm)									
Mesures dimensionnelles de la moulée N°3 (mm)									
Moyenne des trois mesures (mm)									
Etendue des trois masses (mm)									
<b>Importance des retassures</b>									
<b>Importance des bavures</b>									
<b>Optimisation du temps de maintien</b>									
N° de mesure (à noter sur les échantillons)									
<b>Temps de maintien (s)</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>6</b>						
Masse de la moulée N°1 sans la carotte (g)									
Masse de la moulée N°2 sans la carotte (g)									
Masse de la moulée N°3 sans la carotte (g)									
Moyenne des trois masses (g)									
Etendue des trois masses (g)									
<b>Pression de maintien optimale = .....</b>					<b>Temps de maintien optimal = .....</b>				

## ANNEXE 1

### Pressions de Maintien pour des articles de différents groupes de produits

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 : ½ 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

### Les Conditions de Moulage des Polymères par injection

POLYMERES DE GRANDES CONSOMMATION									
MATIERE	Temp cylindre	Temp culasse	Temp moule	Temp démoul	Temp figeage	Pression. inj	Pres. emp.	Cte pres.	Vit. circ.
PS	160 à 230°C	30°C	20 à 60°C	75°C	120°C	600 à 1500 b	400 b	60 b	0,3 m/sec
PS choc	160 à 250°C	30°C	30 à 60°C	75°C	120°C	600 à 1500 b	400 b	60 b	0,3 m/sec
SAN	200 à 260°C	30°C	40 à 80°C	75°C	120°C	600 à 1500 b	400 b	50 b	0,2 m/sec
ABS	200 à 270°C	30°C	50 à 80°C	75°C	140°C	600 à 1500 b	400 b	60 b	0,3 m/sec
PE bd	180 à 240°C	30°C	20 à 40°C	70°C	120°C	600 à 1200 b	300 b	60 à 100 b	0,3 à 0,5 m/sec
PE hd	250 à 300°C	30°C	20 à 60°C	80°C	120°C	600 à 1200 b	300 b	60 à 100 b	0,3 à 0,5 m/sec
PP	200 à 300°C	30°C	20 à 60°C	70°C	110°C	800 à 1400 b	300 b	60 à 100 b	0,3 à 0,5 m/sec
PVC souple	150 à 170°C	30°C	20 à 60°C	60°C	120°C	400 à 1200 b	350 b	50 b	0,1 m/sec
PVC rigide	190 à 210°C	30°C	30 à 60°C	70°C	120°C	1000 à 1500 b	400 b	50 b	0,1 m/sec

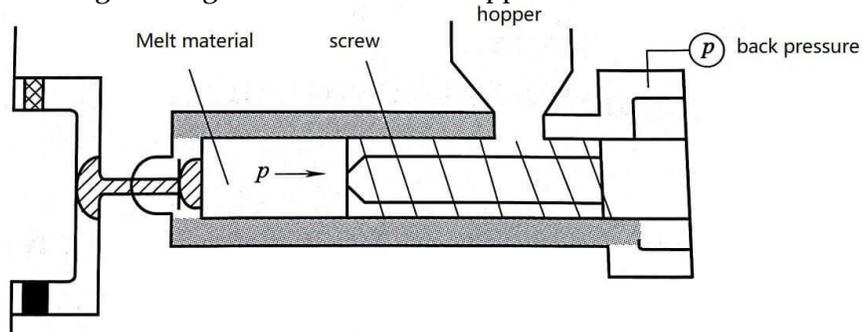
POLYMERES TECHNIQUES									
MATIERE	Temp cylindre	Temp culasse	Temp moule	Temp démoul	Temp figeage	Pression. inj	Pres. emp.	Cte pres.	Vit. circ.
PA 6	230 à 260°C	60°C	70 à 90°C	120°C	190°C	400 à 1200 b	300 b	50 b	0,1 à 0,2m/sec
PA 6-6	270 à 295°C	80°C	70 à 110°C	140°C	220°C	400 à 1200 b	300 b	50 b	0,1 à 0,2m/sec
PA 11	210 à 240°C	60°C	40 à 60°C	100°C	150°C	400 à 1000b	300 b	50 b	0,1 à 0,2m/sec
POM	185 à 215°C	60°C	70 à 110°C	120°C	155°C	700 à 1800 b	400 à 500 b	50 b	0,1m/sec
PET	270 à 290°C	60°C	50 à 130°C	160°C	200°C	300 à 1300 b	400 b	50 b	0,1 m/sec
PBT	240 à 270°C	60°C	70 à 90°C	160°C	200°C	600 à 1000 b	400 b	50 b	0,1m/sec
PC	290 à 320°C	50°C	80 à 120°C	120°C	190°C	1000 à 1600 b	500 b	50 b	0,1 à 0,2m/sec
PMMA	220 à 260°C	50°C	40 à 90°C	100°C	150°C	1000 à 1500 b	400 b	50 à 100b	0,1 à 0,2m/sec
PPO	270 à 300°C	60°C	70 à 110°C	140°C	200°C	1000 à 1500 b	450 b	50 b	0,1 à 0,2m/sec

## ANNEXE 2

### 1. La contre-pression

Pendant le processus de fusion et de plastification du plastique, le matériau fondu se déplace continuellement vers l'extrémité avant du cylindre (chambre de dosage) et, de plus en plus, formant progressivement une pression pour repousser la vis. Pour éviter que la vis ne devienne trop rapide et que la masse fondue soit compactée de manière uniforme, il est nécessaire de soumettre la vis à une pression inverse. Cette pression inverse qui empêche la vis de s'approcher en arrière est appelée une contre-pression, comme indiqué dans la figure ci-dessous.

La contre-pression CP est une pression exercée sur la matière plastique pendant l'étape du dosage. Elle n'est pas toujours employée, mais, dans le cas que nous avons retenu, elle est utilisée pour homogénéiser le mélange en augmentant sa densité apparente.



The formation principle of back pressure

-DAYA Machinery

La contre-pression est également appelée pression de plastification et son contrôle est obtenu en ajustant le clapet d'étranglement de retour d'huile du cylindre d'injection. L'arrière du cylindre d'injection à vis pré-plastifiée est équipé d'une soupape de surpression permettant d'ajuster la vitesse du cylindre d'injection afin de décharger l'huile lorsque la vis tourne en arrière, de sorte que le cylindre maintienne une certaine pression. La vitesse de vis (résistance) de la toute la machine de moulage par injection électrique est contrôlé par la servo valve AC.

Un réglage correct de la contre-pression présente de grands avantages pour la qualité du produit moulé par injection. Dans le processus de moulage par injection, le réglage approprié de la contre-pression peut avoir les avantages suivants:

1. Il peut **compacter le matériau** fondu à l'intérieur du fût, augmenter la densité, augmenter le poids de l'injection et stabiliser le poids et la taille du produit.
2. Il peut «**extruder**» l'air à l'intérieur du matériau fondu pour réduire l'air à la surface du produit, les bulles internes, améliorer la brillance et l'uniformité.
3. Ralentissez la vitesse de la vis en arrière, **assurez la plastification complète** de la matière fondue dans le corps, **augmentez l'uniformité du mélange** maître de la couleur et fondez le matériau afin d'éviter le mélange de la couleur.
4. Il peut augmenter la température du matériau fondu, améliorer la qualité de la plastification fondue, **améliorer la fluidité lors du remplissage** du matériau fondu dans la cavité du moule et rendre la surface du produit exempte de la marque de matériau froid.

## 2. La commutation

La commutation marque le passage de la phase dynamique (remplissage de l'empreinte) à la phase statique de maintien en pression (quasi statique).

La phase dynamique gère l'avance de la vis (débit d'injection au travers des vitesses réglées). la phase de maintien en pression gère une pression hydraulique dans le vérin d'injection pendant un temps donné.

### LES DIFFERENTS MODE DE COMMUTATION

Il existe plusieurs modes de commutation :

- *Par la course : ce mode est facilement mis en œuvre ; une consigne de position vis définit la fin de la phase dynamique*
- *Par la pression : une consigne de pression hydraulique définit la commutation*
- *Par la pression dans le moule : mode rare car assez coûteux ; présence d'un capteur de pression dans l'outillage et utilisation d'un système d'acquisition de données.*
- *Par le temps: la commutation s'effectue lorsqu'un temps de remplissage est atteint. Ce mode est surtout utilisé en complément et en surveillance des autres modes de commutation.*

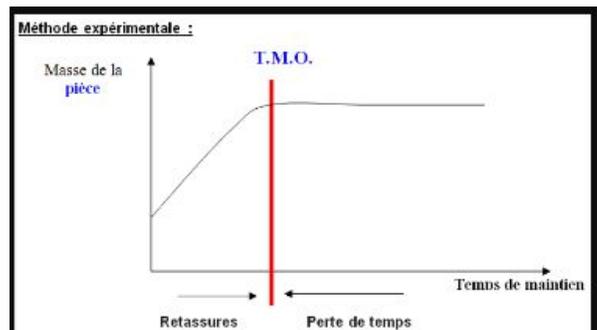
Lors de l'utilisation de moules multi-empreintes, il est recommandé de commuter par pression, afin de protéger l'outillage.

Le choix du mode de commutation peut être défini par une étude de la répétabilité du procédé. Il est possible de mesurer la masse des moulées lors du fonctionnement en cycle de la presse, ce qui nous donne une représentation de la stabilité du procédé.

## 3. Le maintien

Cette phase est également appelée phase quasi statique.

Le rôle de la phase de maintien est de compenser le retrait volumique de la matière dans l'outillage par un maintien sous pression du polymère encore liquide (transfert de matière plastique durant cette phase). Ce maintien est réalisé jusqu'au gel des seuils (moment où la matière fige et donc plus de transmission de matière et de pression).



### DETERMINATION DE LA PRESSION DE MAINTIEN

La pression de maintien est déterminée de manière à minimiser les défauts sur la pièce et notamment les retassures. Cette pression minimale garantira aussi la répétabilité des masses.

Les critères de qualités influencés par la pression de maintien sont:

- La **densité** vérifiée par pesée ;
- Les **caractéristiques mécaniques** mesurées au laboratoire ;
- Les **dimensions** mesurées à l'aide d'instruments de mesure adaptés ;
- Les **retassures** contrôlées visuellement ou mesurées ;
- Les **bavures** surveillées visuellement ;
- Les **déformations** dues aux tensions internes, contrôlées visuellement ou mesurées après un recuit.

## DETERMINATION DU TEMPS DE MAINTIEN

Pour déterminer le temps de maintien, nous avons principalement 2 possibilités :

- La méthode mathématique
- La méthode expérimentale. (courbe d'évolution de la masse)

On définit une pression égale à 50% de la pression de commutation et on augmente le temps de maintien jusqu'à la stabilisation de la masse des pièces. Ce temps correspond au temps de gel des seuils.

Il est important lors de cet essai de diminuer le temps de refroidissement en parallèle avec l'augmentation du temps de maintien afin de garder un temps de cycle constant pour éviter toute modification de l'équilibre thermique du moule.

### 4. Retrait

La matière plastique, lors du refroidissement est soumise à un effort de contraction. Ce phénomène est nommé retrait volumique du matériau.

Ce retrait peut être déterminé par mesure d'une côte de la pièce après refroidissement de celle-ci. Auparavant une mesure de la côte empreinte correspondante est nécessaire.

Le retrait sera déterminé par la relation :

$$\text{Retrait \%} = [(côte\ empreinte - côte\ pièce) / côte\ empreinte] \times 100$$

Ce **retrait** est fonction de **la structure du polymère** (amorphe ou semi cristalline) et **de la vitesse d'échange thermique** avec le moule.

Il est possible de déterminer le retrait longtemps après la fabrication de la pièce, on parle alors de post retrait ou retrait libre. Ce phénomène de post retrait est dû à la réorganisation macromoléculaire intervenant à long terme : exemple de la cristallisation du PE durant le stockage, induisant un post retrait.

### 5. Les défauts géométriques des pièces moulés

On observe fréquemment deux types de défauts géométriques sur les pièces réalisées par injection plastique :

a) **Retassures** (Cavités inattendues)

À mesure que le polymère se solidifie dans le moule, il se refroidit à partir de l'extérieur de la pièce (à proximité de la surface du moule) vers l'intérieur. Dans les sections épaisses, ceci se traduit par des contraintes qui causent des marques appelées retassures à la surface de la pièce.

b) **Gauchissement**

Ce sont des surfaces réputées planes qui ne le sont pas. Comme les sections plus minces se solidifient plus rapidement que les sections plus épaisses, une accumulation de contraintes entre les sections épaisses et fines peut se traduire par un gauchissement de la pièce.