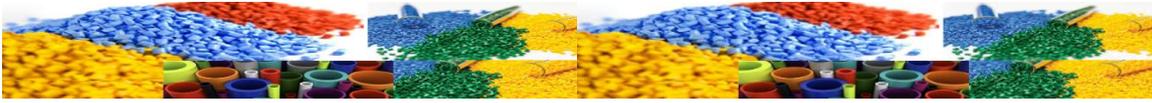


# Pratique de l'injection



## Fascicule de TP



# TP4



## INJECTION EN PHASE DYNAMIQUE

LE REMPLISSAGE EST LA PHASE DYNAMIQUE DE L'INJECTION

### 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

.....

.....

**Le remplissage est la phase dynamique de l'injection.**

**BUT TP**

- Obtenir le niveau de pression sur le matériau (compactage) préconisé par le fournisseur matière afin de rapprocher la masse volumique du polymère fondu de la masse volumique qu'il aura en fin de refroidissement et de limiter le nourrissage de la phase quasi-statique (voir pression de moulage : **annexe 1**).
- Etablir la programmation de la machine (**Gamme de programmation**).

**MOYENS**

- Régler la valeur de la phase dynamique afin d'obtenir un volume de matière permettant le remplissage et le compactage.

**Remarques**

- La longueur de la phase dynamique (ou phase d'injection) dépend de la position de la vis en fin de dosage et de la position du point de commutation ;
- Le compactage optimum n'est possible que si la force de fermeture de la machine est adaptée aux conditions de moulage (voir schéma efforts mis en jeu : **annexe 2**)

### Aperçu théorique

**1. Indiquer la Pression nécessaire dans le moule pour les articles suivants (Annexe 1)**

1. Eprouvette de traction en PELD ou PP : .....
2. Gobelet en PS : .....

**2. Calculer la force de verrouillage FV pour les articles suivants (Annexes 2 et 3);**

3. Moule des EPROUVETTES DE TRACTION en PELD :  
Smoulée (indiquer le calcul à la page 10)= .....  
.....  
..... FV =.....

4. Moule des éprouvettes de traction en PP :  
.....  
.....  
..... FV =.....

5. Moule pour GOBELET en PS de  $\phi_{ext}$ =..... mm (MASTERE);  
.....  
.....  
..... FV = .....

**3. Exprimer la pression d'injection ( $P_i$ ) en fonction de la pression hydraulique d'injection ( $P_{hi}$ ). (MASTERE)**

.....  
.....

4. En se référant au document machine, déterminer : ( $P_{hi}$ =.....bars,  $P_i$ =.....bars et diamètre vis d'injection  $d_v$ =.....mm). Calculer le diamètre de vérin hydraulique d'injection  $d_{hi}$  (MASTERE)

5. Calculer la pression d'injection ( $P_i$ ) sachant les pertes de charges sont estimées à 50%. Déduire la pression hydraulique d'injection  $P_{hi}$  (MASTERE)

6. Calculer la COURSE DE DOSAGE pour le moule des éprouvettes de traction ;

7. Calculer la COURSE DE DOSAGE pour le moule de GOBELET (MASTERE);

Formules	EPROUVETTES DE TRACTION en PELD	GOBELET en PS (MASTERE)
<p>1. Détermination du volume de la moulée</p> <p>a. <b>Méthode 1</b> : calcul du volume <math>V=S \cdot \text{épaisseur}</math>;</p> <p>b. <b>Méthode 2</b> : calcul à partir de la masse moulée ;</p> <p><math>V_m = \text{masse moulée} / \text{masse volumique de la matière}</math></p>	<p>▪ <math>V_m = S \cdot \text{ép}</math> :</p> <p><math>V_m = \dots\dots\dots \text{Cm}^3</math> ;</p> <p>▪ Mesurer la masse moulée (Salle TP),</p> <p><math>M_m = \dots\dots\dots \text{g}</math> et <math>V_m = \dots\dots\dots \text{Cm}^3</math></p>	
<p>2. Détermination du volume injectable:</p> <p><math>V_i = V_m \cdot \text{coefficient de dilatation (amorphe :1,1 ; semi-cristallin :1,25)}</math></p>		
<p>3. Détermination de la course d'injection (course de la phase dynamique)</p> <p><math>C_i = V_i / \text{section vis}</math></p>		
<p>4. Détermination du matelas</p> <p><math>M = 10\% \text{ de } C_i = C_i \cdot 0,1</math> (avec M supérieur 5 mm)</p>		
<p>5. Détermination de la course de dosage</p>		

8. Calculer le volume de dosage  $V_d = \dots\dots\dots$

9. Calculer le temps de refroidissement :  $t_R = \dots\dots\dots$  s en indiquant les paramètres suivants :  $\alpha_{eff} = \dots\dots\dots 10^{-8} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ ,  $T_m = \dots\dots\dots \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $T_{m0} = \dots\dots\dots \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $T_e = \dots\dots\dots \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $e = \dots\dots\dots \text{ m}$ .

### 10. Validation de la presse d'injection

	<i>Presse Dakumar DKM- SV50</i>	<i>Besoin</i>
<i>Volume dosage, [cm³]</i>	60	
<i>Force de verrouillage, [Tonnes]</i>	50	
<i>Epaisseur moule, [mm]</i>	150 à 340	
<i>Pression maximale d'injection, [bar]</i>	1400 (140MPa)	

→ *La presse est validée ou non : .....*

## Travail expérimental

1. Identifier sur la presse avec l'enseignant : *l'unité d'injection, l'unité de fermeture, le refroidisseur, le sécheur, l'alimentateur, le thermorégulateur, le broyeur...* ;
2. Mettre sous tension la machine (fermer le sectionneur) ;
3. Ouvrir la porte arrière de la presse et tester l'alarme de sécurité ;
4. Mettre le moteur de la presse en marche ;
5. Mettre en marche le **SECHEUR** et régler la température selon la matière à injecter ;
6. Mettre en marche l'**ALIMENTATEUR** de matière ;
7. Mettre en marche le **REFROIDISSEUR** et régler la température de l'eau ;
8. Mettre en marche le **BROYEUR** et identifier la forme de la matière broyée ;
9. Vérifier le branchement du **THERMOREGULATEUR** et Régler la température du moule ;
10. **Reculer le ponton et purger** la matière restant dans le cylindre de plastification (position d'arrêt de la vis = vis avancée). Attention certaines matières nécessitent d'être évacuée entièrement à l'aide d'une autre matière de purge.
11. Ouvrir le robinet général d'arrivée d'eau ainsi que les robinets d'eau correspondants au :
  - Refroidissement de culasse de trémie.
  - Refroidissement de l'huile hydraulique.
12. **Régler, selon l'épaisseur de moule, la distance** entre le plateau mobile et le plateau fixe ;
13. **Ouvrir le moule** ; et graisser ses colonnes de guidage et les éléments mécaniques en mouvement s'ils existent : tiroirs, coulisseaux, ....etc.
14. Identifier sur la presse les moyens de graissage et de lubrification (3). Graisser, Lubrifier, Contrôler le niveau et Nettoyer... :
  - La centrale de graissage** : Lancer le graissage automatique et identifier les organes à graisser sur la presse : .....
  - La pompe à piston manuelle** : Pomper une fois et identifier les organes à graisser sur la presse : .....
  - Les graisseurs** : En utilisant une pompe de graissage manuelle, Graisser les organes identifiés sur la presse : .....
15. Lorsque le fourreau a atteint la température de consigne : **ouvrir la trappe de la trémie, doser et purger plusieurs fois**, à l'air libre jusqu'à :
  - S'Assurer de la propreté du Fourreau
  - Contrôler la fluidité de la matière, (attention aux projections éventuelles de matière).
16. **Le poste de travail doit être rigoureusement propre. Vérifier et Nettoyer :**
  - Pas d'eau  ; Pas d'huile  ; Pas de granulés dispersés sur le sol
17. **Nettoyer en poussant avec un balai les Granulés  ; les Huiles  et les Graisses...**
18. **Demande l'approbation de l'enseignant : .....** ;



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

### A LA FIN DE LA SEANCE

- a) **Reculer le ponton et purger** la matière restant dans le cylindre de plastification (position d'arrêt de la vis = vis avancée). Attention certaines matières nécessitent d'être évacuée entièrement à l'aide d'une autre matière de purge.
- b) **Mettre du produit anticorrosion sur les empreintes, et graisser les colonnes du moule.**
- c) **ARRETER LA PRESSE D'INJECTION**

**Optimiser la course d'injection** à matelas constant de la manière suivante  
(machine en semi-automatique)

**Effectuer un réglage de base. Pour cela :**

1. Régler la **vitesse de rotation de vis** ( $VR=.....$ ) et la **contre pression** ( $CP=.....$ ) en fonction des valeurs préconisées par le fabricant de la matière (voir fiche technique de la matière).
2. Régler la **force de fermeture** ( $F_v=.....$ ) pour des conditions de moulage fixées (voir calcul force de fermeture : annexe 2),
3. Calculer la **course de dosage théorique** ( $C_d=.....$ ) en fixant le **point de commutation à une valeur de 10mm** ou 10% du volume moulé à chaud. Choisir le **mode de commutation par la course** et régler suivant la valeur prévisionnelle ( $M=.....$ ) ;
4. Régler une **course de dosage** égale 2/3 de la valeur trouvée par le calcul ( $2/3C_d=.....$ ) ;
5. Régler les paramètres de la phase dynamique:
  - a. Pression hydraulique d'injection au maximum ( $P_i=65-70 \text{ bars} :.....$ ) ;
  - b. et vitesse d'injection à 30% du maximum ( $V_i=.....$ ) ;
6. Régler le maintien (phase quasi-statique) **pression de maintien : 0 bar**, **temps de maintien : 0 s** ou 7s /mm d'épaisseur du seuil d'alimentation ( $t_m=.....$ );
7. Régler le **temps de solidification** (refroidissement suffisant, sans pression): 7s/mm d'épaisseur de la pièce moins le temps de maintien, ( $t_R=.....$ ) ;
8. **Lancer la machine** en cycle semi-automatique et effectuer les moulages en vérifiant l'éjection des moulées incomplètes.
9. L'**essai consiste à réaliser** une succession d'incomplets "en partant d'un dosage équivalent au 2/3 de la moulée jusqu'à l'obtention d'une moulée presque complète. Cet essai sera réalisé en augmentant la course de dosage. **Augmenter progressivement la course de dosage** (incrémentations : 10% du volume total en sous-remplissage, puis 5% en situation de compactage), effectuer les moulages des échantillons (3 moulées) et relever les valeurs de pression hydraulique atteinte dans le vérin d'injection au point de commutation ;
10. Noter la **valeur du dosage qui fournit le dernier incomplet** ( $.....$ ) ;
11. En cycle de production, l'**augmentation de la vitesse d'injection** et donc de l'inertie de la vis assurera le remplissage total. Vérifier qu'une légère augmentation de la vitesse d'injection permet bien d'avoir une moulée complète (Vitesse d'injection de l'essai ( $.....$ ), Vitesse d'injection pour terminer le remplissage ( $.....$ ) ;
12. Sur une feuille annexe, **dessiner les profils des différents incomplets** obtenus et noter les valeurs de dosage correspondantes et le poids de la moulée.
13. **Stopper** les essais à l'apparition de **bavures** (force de fermeture dépassée).

*Remarque: la contrepression de dosage et la succion après dosage ont une influence sur la quantité de matière dosée*

### **INTERPRÉTATION ET COMPTE RENDU**

14. Indiquer les valeurs de course correspondant à la fin du remplissage et au compactage dynamique optimum (correspond à la **pression maximale sans bavures sur la moulée**) :
  - a. Course du fin de remplissage ( $.....$ ) ;
  - b. Course du fin de compactage dynamique optimum ( $.....$ ) ;

### **VALIDATION DES RÉGLAGES (voir GAMME de programmation machine)**

Régler la **course de dosage** (ou d'injection) à la valeur permettant le remplissage et le compactage dynamique optimum sans formation de bavures au plan de joint.

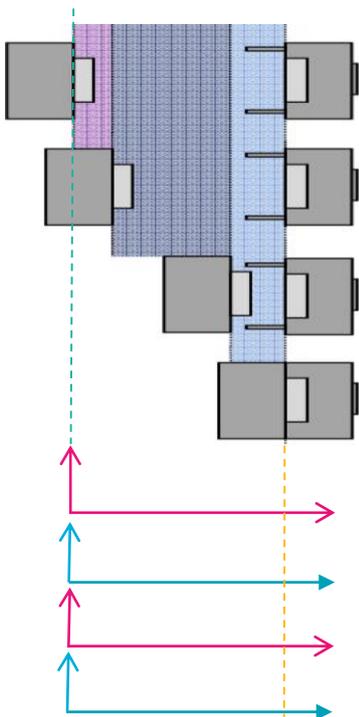
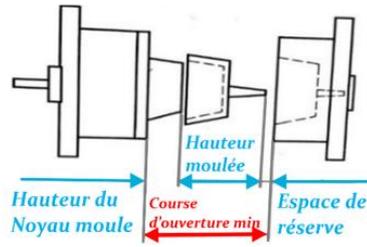
**Produire en cycle semi-automatique** un échantillon représentatif (10 moulées) et valider ce réglage qui servira de base de travail pour le TP Phase quasi-statique (maintien).

**Gamme de Programmation de la machine**

N°	PHASE	METHODOLOGIE	REMARQUES
10	Etablir la programmation de la machine	<ul style="list-style-type: none"> <li>Etablir la programmation de la machine.</li> <li>Mettre en semi-auto ou en auto (relance cycle) après avoir fait un cycle en manuel ou initialiser les conditions initiales.</li> <li>Démarrer la production</li> </ul>	
		<b>Sous phase « 10 »</b>	

**Sous phase « 10 »**

15. Compléter la gamme de programmation machine en s'aidant de la fiche de réglage produit ;

101	<p><b>Régler l'ouverture et la fermeture.</b></p> 	<p><b>1. Déterminer les paliers de la course ;</b>  <b>2. Tracer P et V en fonction de la course pendant la fermeture et l'ouverture ;</b></p> <p><b>Déterminer et Régler :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Course d'ouverture min</li> <li>Course maxi du moule</li> <li>Course de basse pression de sécurité outillage.</li> <li>Valeur de la <b>pression de sécurité</b> outillage.</li> <li><b>Vitesses</b> d'ouverture et de fermeture.</li> <li>Course de haute pression de <b>verrouillage</b>.</li> <li>Valeur de la <b>haute pression</b> de verrouillage</li> </ul> <p><b>Remarques :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La course ouverte du moule comprend la hauteur du noyau du moule, la hauteur du produit et l'espace de sélection.</li> <li>La fermeture du moule est similaire à l'ouverture du moule, elle devrait être «lente-rapide-lente».</li> </ul> 																																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">MOULE</th> <th colspan="4">Ouverture moule</th> <th colspan="4">Fermeture moule</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Paliers</th> <th></th><th></th><th></th><th>1</th> <th></th><th></th><th>Sécu</th><th>Ver</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pression</td><td>bar</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Vitesses</td><td>%</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Courses</td><td>mm</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </tbody> </table>	MOULE		Ouverture moule				Fermeture moule				Paliers					1			Sécu	Ver	Pression	bar									Vitesses	%									Courses	mm								
MOULE		Ouverture moule				Fermeture moule																																													
Paliers					1			Sécu	Ver																																										
Pression	bar																																																		
Vitesses	%																																																		
Courses	mm																																																		
102	<p><b>Régler l'éjection</b></p> <p><b>1. Citer les Modes d'éjection</b></p> <p>0 : 1 : 2 : 3 :</p> <p><b>2. Nombre de pulsion=...</b></p>	<p><b>Déterminer et Régler : les Courses, les Vitesses, les Pressions.</b></p>																																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">EJECTION</th> <th colspan="4">Entrée</th> <th colspan="4">Sortie</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Paliers</th> <th></th><th></th><th></th><th>1</th> <th>1</th><th></th><th></th><th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pression</td><td>bar</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Vitesses</td><td>%</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Courses</td><td>mm</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </tbody> </table>	EJECTION		Entrée				Sortie				Paliers					1	1				Pression	bar									Vitesses	%									Courses	mm								
EJECTION		Entrée				Sortie																																													
Paliers					1	1																																													
Pression	bar																																																		
Vitesses	%																																																		
Courses	mm																																																		
103	<p><b>Régler l'avance et le recul ponton.</b></p> <p><b>1. Citer les Modes du ponton :</b></p> <p>0 : 1 : 2 : 3 :</p>	<p><b>Régler le contact buse, la course de recul</b></p>																																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">PONTON</th> <th colspan="2">Avance ponton (Nozzle)</th> <th colspan="2">Recul ponton (Nozzle)</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Paliers</th> <th>Après</th><th>Avant</th> <th></th><th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pression</td><td>bar</td> <td></td><td></td> <td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Vitesses</td><td>%</td> <td></td><td></td> <td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Temps</td><td>s</td> <td></td><td></td> <td></td><td></td> </tr> </tbody> </table>	PONTON		Avance ponton (Nozzle)		Recul ponton (Nozzle)		Paliers		Après	Avant			Pression	bar					Vitesses	%					Temps	s																								
PONTON		Avance ponton (Nozzle)		Recul ponton (Nozzle)																																															
Paliers		Après	Avant																																																
Pression	bar																																																		
Vitesses	%																																																		
Temps	s																																																		

104	<p><b>Régler les températures du fourreau</b></p> <p>(Se référer aux tableaux suivants pour la température de chaque matière)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Régler les températures du fourreau en prenant comme référence la température de la buse</li> <li>Attention en cas d'échauffement</li> <li><b>Baisser la vitesse de rotation vis.</b></li> <li><b>Baisser éventuellement la contrepression.</b></li> </ul>																																																						
	<p><b>Régler la température du moule</b></p> <p>1. <math>T_{moule}(PELD)=.....</math> ;</p> <p>2. <math>T_r=.....</math> ;</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Réglez la température de l'eau de refroidissement 10 ~ 20 inférieure à la température du moule</li> <li>Mettre en marche le <b>refroidisseur</b> et régler la température de refroidissement.</li> <li>Ouvrir les <b>robinets</b> de refroidissement moule et échangeur</li> <li>Demandez au fournisseur de matière plastique la température suggérée pour la température du moule.</li> <li>La température du moule peut être mesurée par thermomètre.</li> </ul>																																																						
105	<p><b>Régler le dosage</b></p> <p>1. <b>Citer les Modes de décompression (voir machine) :</b></p> <p>0 :</p> <p>1 :</p> <p>2 :</p> <p>2. <b>Régler le temps de refroidissement :</b></p> <p><math>t_R=.....S</math> ;</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Régler la course de dosage.</b></li> <li>Ne remplissant que 2/3 de la cavité du moule ;</li> <li>A la fin de réglage, augmentez progressivement de 5 à 10%, jusqu'à remplir 95% du volume de la cavité du moule.</li> <li><b>Régler une décompression si besoin.</b></li> <li>Démarrer avec une contre-pression faible</li> </ul>																																																						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">DOSAGE</th> <th colspan="2">Plastification (dosage)</th> <th colspan="5">Décompression</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Paliers</th> <th colspan="2">1</th> <th>MODE</th> <th>Pression bar</th> <th>Vitesse %</th> <th>Course mm</th> <th>Temps s</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Contre pression</td> <td>bar</td> <td></td> <td></td> <td>AVANT DOSAGE</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pression</td> <td>bar</td> <td></td> <td></td> <td>APRES DOSAGE</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Vitesses</td> <td>%</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Courses</td> <td>mm</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	DOSAGE		Plastification (dosage)		Décompression					Paliers		1		MODE	Pression bar	Vitesse %	Course mm	Temps s	Contre pression	bar			AVANT DOSAGE					Pression	bar			APRES DOSAGE					Vitesses	%								Courses	mm								<p><b>Point de commutation</b></p>
DOSAGE		Plastification (dosage)		Décompression																																																				
Paliers		1		MODE	Pression bar	Vitesse %	Course mm	Temps s																																																
Contre pression	bar			AVANT DOSAGE																																																				
Pression	bar			APRES DOSAGE																																																				
Vitesses	%																																																							
Courses	mm																																																							
106	<p><b>Régler l'injection</b></p> <p>1. <b>Tracer P et V en fonction de la course pendant l'injection ;</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Valider le point de commutation.</b></li> <li>Démarrer avec une pression limite de 80 bars.</li> <li>Régler le temps de refroidissement</li> <li>Ajuster la phase dynamique.</li> <li>Ajuster la phase maintien</li> <li>Pour ajuster le point de commutation, démarrer avec une pression de maintien nulle.</li> <li>Si la pression limite est insuffisante, l'augmenter progressivement</li> <li>Aidez-vous des courbes</li> <li><b>Régler la contre-pression</b>, la valeur est 5 ~ 10Mpa.</li> </ul>																																																						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">INJECTION</th> <th colspan="2">Injection</th> <th colspan="2">Matelas</th> <th colspan="5">Maintien</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Paliers</th> <th colspan="2">1</th> <th>M (mm) :</th> <th>Position Vis</th> <th colspan="2">1</th> <th colspan="3"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pression</td> <td>bar</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Pression</td> <td>bar</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Vitesses</td> <td>%</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Vitesses</td> <td>%</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Courses</td> <td>mm</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Temps</td> <td>s</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Commutation par :          Course <input type="checkbox"/>          Temps <input type="checkbox"/>          Pression d'injection <input type="checkbox"/>          Pression moule <input type="checkbox"/></p>	INJECTION		Injection		Matelas		Maintien					Paliers		1		M (mm) :	Position Vis	1					Pression	bar					Pression	bar				Vitesses	%					Vitesses	%				Courses	mm					Temps	s			
INJECTION		Injection		Matelas		Maintien																																																		
Paliers		1		M (mm) :	Position Vis	1																																																		
Pression	bar					Pression	bar																																																	
Vitesses	%					Vitesses	%																																																	
Courses	mm					Temps	s																																																	
107	<p><b>Démarrer et surveiller</b></p> <p>1. <math>CD=.....</math> ;</p> <p>2. <math>M=.....</math> ;</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Augmentez progressivement de 5 à 10%, jusqu'à remplir 95% du volume de la cavité du moule.</li> <li><b>Réglez le volume d'injection</b> sur 99% de remplissage total de la cavité du moule ;</li> <li><b>Régler la course de dosage</b> (ou d'injection) à la valeur permettant le remplissage et le compactage dynamique optimum sans formation de bavures au plan de joint.</li> <li><b>Produire en cycle semi-automatique</b> un échantillon représentatif (<b>10 moulées</b>) et valider ce réglage qui servira de base de travail pour le TP Phase quasi-statique (maintien).</li> <li><b>Mettre sous surveillance</b> les paramètres importants.</li> </ul>																																																						

## ANNEXE 1

### Pressions nécessaires dans le moule pour des articles de différents groupes de produits

Groupe de produits	Article	Matériau	Pression dans le moule (bar)
Articles d'emballage	Pots de yaourt Conteneurs Capuchons d'aérosols seaux	PS	600- 800
		PE	500- 700
		PP	400- 600
		PP	500- 700
Pièces techniques de précision	Connecteurs Douilles	PA, PC, POM PBTP	500- 700 600- 800
Pièces techniques industrielles	Engrenages roues de programme	POM, PA PBTP	700- 300 700- 800
Articles optiques	Lentilles optiques feux-arrière automobile	PMMA	600- 800 500- 700
Articles de précision à moulage rapide	Rasoirs jetables Cadres de diapositives attaches de câbles	PS	400- 500
		PS	400- 500
		PA	800-1200
Pièces médicales	Seringues jetables pipettes	PE	400- 500
		PP	500- 600
Articles automobile	grilles de radiateurs pièces de tableaux de bord pare-chocs	PP	400- 500
		ABS	400- 500
		Blends	400- 500
Articles techniques d'emballage	Boîtiers cassettes Cassettes vidéo emballages CD	PS	350- 1150
		ABS	300- 500
		PS	100- 500
Articles de bureau	Règles équerres	PS, SAN CAB	400- 500
Pièces industrielles	Carters Recouvrements boîtiers d'aspirateurs carters	PP	400- 500
		ABS	300- 400
		PP	400- 500
		PS	300-400
Pièces en PVC dur	Raccords	PVC	400-500
Jouets	articles avec faibles exigences en matière de qualité de surface et dimensions	PE	250-350
		PP	250-350
		PS	250-350

### 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. CALCUL DE FORCE DE VERROUILLAGE FV [TONNE] :

$$FV = 1,1 \times PM \times SF$$

Avec

**PM** : pression matière [Bar]

**SF** : surface frontale projetée de la grappe (la moulée) [cm<sup>2</sup>]

Exemple de calcul :

Soient par exemple

**PM = 500 bar** et **SF = 328 cm<sup>2</sup>**

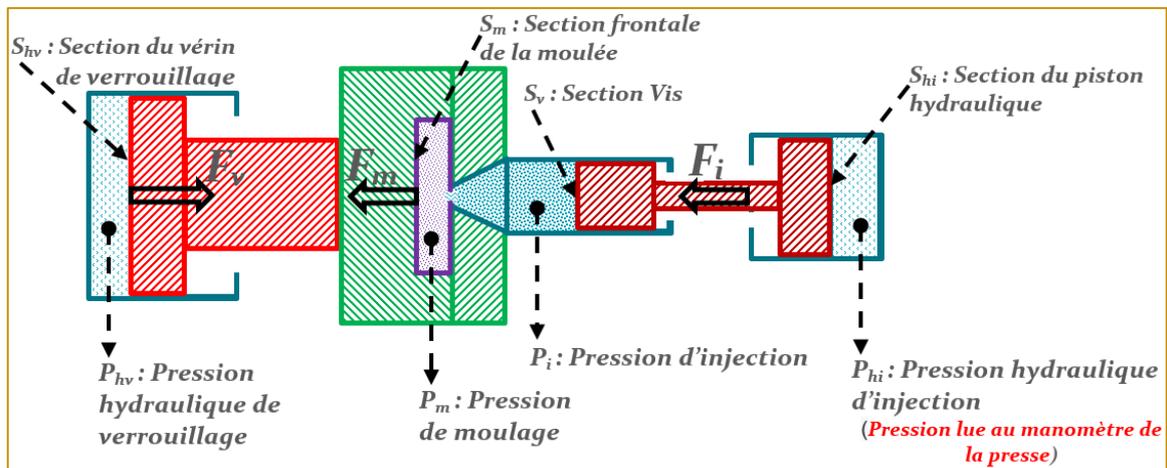
Alors :  $FV = 1,1 \times 500 \times 328 = 180\,400 \text{ daN} = 1\,804,00 \text{ kN} \approx 180,4 \text{ T}$

**Unités :**

**1 MPa = 10 bar ;**

**1 bar x 1 cm<sup>2</sup> = 1 daN = 0.01 kN = 0.001 Tonnes**

### 2. EFFORTS MIS EN JEU EN INJECTION



### 3. PERTES DE CHARGES

La pression matière dans l'empreinte (pression de moulage) est toujours inférieure à celle en bout de vis. Cette diminution de pression est due aux « pertes de charges ».

$$\Delta P \% = ((P_i - P_m) / P_i) \times 100$$

Les **causes** de celui-ci peuvent être diverses :

- La viscosité de la matière,
- La longueur de l'écoulement de la matière (canaux et carotte),
- La section des canaux,
- L'épaisseur de la pièce,
- Les changements de direction de la matière,
- La température du moule,

### 4. CALCUL DU VOLUME INJECTABLE

**Volume injectable = Volume de moulée (cm<sup>3</sup>) x coefficient de dilatation**  
(amorphe : 1,1 ; semi-cristallin : 1,25)

Et **Volume moulée = Masse moulée (g) / Masse volumique de la matière (g/cm<sup>3</sup>)**

Avec : masse moulée = masse pièce + masse carotte

Exemple de calcul

Soient une pièce de masse = 95 g et de Masse de Carotte = 23g

donc la masse moulée = 95 + 23 = **118g**

Soit pour le Polypropylène, la masse volumique est de = **0,9g/cm<sup>3</sup>**

Volume moulé = 118 / 0,9 = **131,11 cm<sup>3</sup>**

Donc : Volume injectable = 131,11 / 0,70 = **187,3 cm<sup>3</sup>**

## 5. CALCUL DE LA COURSE DE DOSAGE (COURSE DE LA PHASE DYNAMIQUE)

La course d'injection = volume injectable / section de la vis

Avec : **section de la vis** =  $\pi \cdot \varnothing_{vis}^2 / 4$

Exemple de calcul

Pour diamètre de la vis = 25 mm, on aura  $3,14 \cdot 25^2 / 4 = 3,14 \cdot 625 / 4 \text{ mm}^2 = 490,6 \text{ mm}^2$  soit donc  $4,906 \text{ cm}^2$

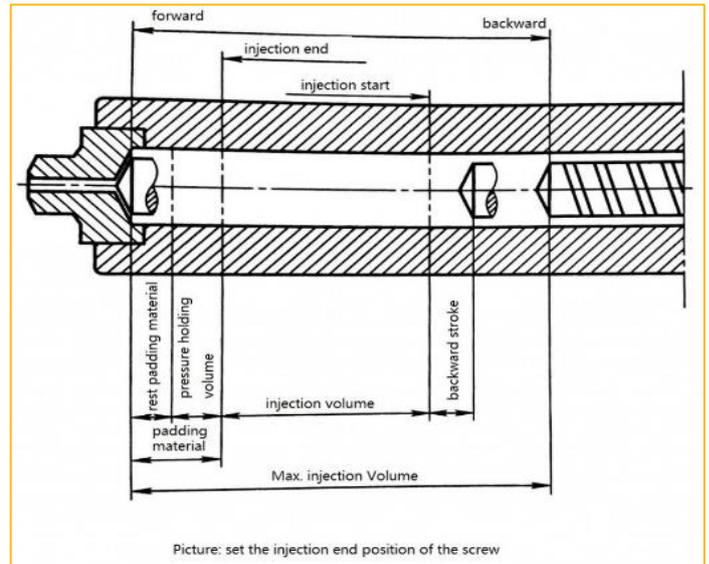
D'où : course de

dosage =  $187,300 / 4,906 = 38,177 \approx 38 \text{ cm}$

Il faut que la section et le volume soient avec le même multiple d'unité ( $\text{cm}^2$  et  $\text{cm}^3$  ou  $\text{mm}^2$  et  $\text{mm}^3$  ...)

**La course de dosage :  $C_d = C_i + M$**

Avec Matelas :  $M = 10\%$  de  $C_i = C_i \cdot 0,1$  (avec  $M$  supérieur à 5 mm)



## 6. CALCUL DU TEMPS DE REFROIDISSEMENT

Le calcul d'un temps de refroidissement s'effectue de la manière suivante :

$$t_r = [e^2 / (\pi^2 \cdot \alpha_{eff})] \cdot \text{Ln} [(8/\pi^2) \times [(T_m - T_{mo}) / (T_e - T_{mo})]]$$

Avec :

- $t_r$  temps de refroidissement [s]
- $e$  épaisseur de paroi [m]
- $\alpha_{eff}$  coefficient de diffusion thermique [ $10^{-8} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ ]
- $T_m$  température de la matière [ $^{\circ}\text{C}$ ]
- $T_{mo}$  température moyenne de la paroi du moule [ $^{\circ}\text{C}$ ]
- (Valeur moyenne de la température Minimale et maximale au cours d'un Cycle par injection)
- $T_e$  température moyenne de démoulage [ $^{\circ}\text{C}$ ]

Exemple de calcul :

Soient :  $\alpha_{eff} = 7 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ ,  $T_m = 235 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{mo} = 45 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $T_e = 68 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $e = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$  (3mm)

D'où  $t_r = 24,79 \text{ s}$

Et pour une première évaluation, on pourra s'appuyer sur les équations suivantes en ne tenant compte que de l'épaisseur et en se basant sur les températures moyennes de la matière, de la paroi du moule et démoulage.

PC	$Tr = 2,17 \times s^2$
PA6, PBPT, PE-LD	$Tr = 2,64 \times s^2$
ABS, PS, SAN, PA6.6	$Tr = 2,82 \times s^2$
PE-HD, PMMA	$Tr = 3 \times s^2$
PP	$Tr = 3,67 \times s^2$
POM	$Tr = 4,18 \times s^2$

$Tr$  : temps de refroidissement en sec.  $s$  : épaisseur de paroi en mm

Par exemple

Pour la matière de la pièce est polypropylène alors  $Tr = 3,67 \cdot 3^2 \approx 33 \text{ s}$

## 7. FORMULES MATHÉMATIQUES :

- Le volume d'un cône tronqué est donné par la formule :

$$h \times \frac{\pi}{3} \times (R_1^2 + R_2^2 + R_1 \times R_2)$$

**ANNEXE 3**

**Grappe moule pour éprouvettes de traction**  
(2 éprouvettes + Canal d'alimentation + Carotte)

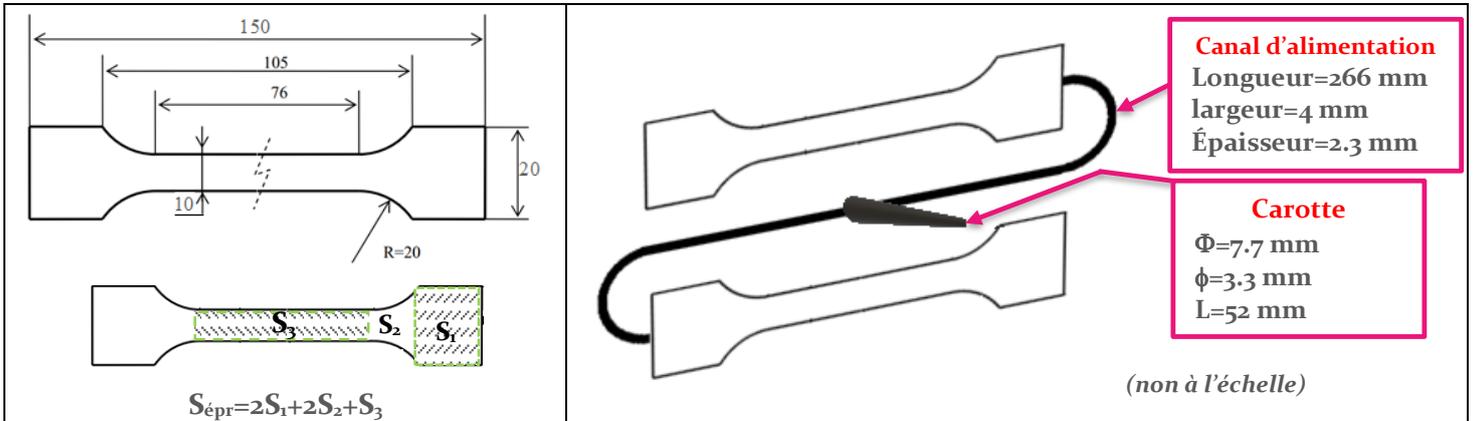


Figure 1. Schéma de la grappe moule



Figure 2. Grappes moule et éprouvettes de traction

**Calcul de la surface frontale de la moulée**

<p>→ La surface frontale de l'éprouvette</p> <p><math>S_{épr}=2S_1+2S_2+S_3</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <math>S_1=</math></li> <li>▪ <math>S_2=</math></li> <li>▪ <math>S_3=</math></li> </ul> <p>AN</p> <p><math>S_{épr}=2S_1+2S_2+S_3=</math></p> <p><math>S_{épr}=.....</math></p>	<p>→ La surface frontale du canal d'alimentation</p> <p><math>S_{canal\ d'alim}=</math></p> <p><math>S_{canal\ d'alim}=.....</math></p> <p>→ Calcul de la surface frontale de la moulée</p> <p><math>S_{moulée}= 2S_{épr} + S_{canal\ d'alim} =</math></p> <p><math>S_{moulée}=.....</math></p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Calcul de Volume de la moulée**

<p>→ Calcul de Volume de l'éprouvette</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <math>V_{épr}=</math></li> </ul> <p>→ Calcul de Volume du canal d'alimentation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <math>V_{canal\ d'alim}=</math></li> </ul> <p>→ Calcul de Volume de la carotte</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <math>V_{Carotte}=</math></li> </ul>	<p>AN</p> <p>→ Calcul de Volume de la moulée</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <math>V_{moulée}=</math></li> <li>▪</li> </ul> <p><math>V_{moulée}=.....</math></p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------