

République Tunisienne
Ministère de l'enseignement supérieur
 Direction Générale des Etudes Technologiques
Institut Supérieur des Etudes Technologiques de Sousse

Département : Mécanique **Filière :** Génie mécanique **Option :** Plasturgie **Classe :** GMPL-2.1

<u>CODE</u>	Nom : Prénom :
	N° de la carte d'étudiant : Date :
	N° de la salle : N° de la place : Signature :

<u>CODE</u>	Département de génie mécanique	EXAMEN PROCÉDÉS DE MISE EN FORME DISCONTINUS	Juin 2018
			Durée: 1 h 30 min
Note :...../20	Nombre de pages : 4	Proposé par : SLIM CHOUCHE	Documents non autorisés

NB : L'examen comporte trois exercices indépendants.

EXERCICE 1 : (5 POINTS)

Le thermoformage sous vide peut s'effectuer avec deux types de moules, ces derniers réalisés en bois ou en métal coulé, de préférence en alliage léger facile à couler tel que le Zamak.

1. Quelle est la différence entre un moule positif et un moule négatif. Expliquer par schéma.

<p>Moule positif</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>Moule négatif</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
--	--

2. Montrer par schéma la coupe d'une pièce thermoformée sur un moule positif et négatif ;

--	--

3. Comparer le démoulage dans les deux cas :

--	--

NE RIEN ECRIRE ICI

NE RIEN ECRIRE ICI

EXERCICE 2 : (6 POINTS)

Le caoutchouc sous forme de semi produit doit être mis en forme avant d'être vulcanisé pour devenir utilisable sous formes d'objets finis.

1. Déterminer la forme de l'ébauche à placer dans le moule pour ces différentes pièces :

Types de pièces

Forme d'ébauche

Les pièces plates

Les pièces de révolution

Les pièces épaisses

2. On doit mouler à 190°C, dans un moule en acier, un mélange dont la formule de base est la suivante :

Formule du mélange		ANNEXE	
INGREDIENTS	PARTS	Types de caoutchoucs	Coefficient de dilatation linéaire en $10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
NBR	100	NR	216
Noir de carbone GPF 650	65	SBR	216
Plastifiant DOA	20	NBR	196
ZnO (oxyde de zinc)	5	CR	206 à 216
Acide stéarique	2	IIR	194
Protecteur baion AC	2	Charges	5 à 10
Protecteur BLE 25	2	Aciers	11
Accélérateur TMTD	0.8	Métaux légers: Aluminium	12
Accélérateur MBTS	0.8		
Accélérateur DPTT	1		
soufre	1.5		

- a. Calculer le pourcentage du caoutchouc dans la formule du mélange (K) :

- b. Calculer la différence des coefficients de dilatation thermique (A) :

c. Calculer la différence des températures (T) :

.....
.....

d. Calculer le retrait du mélange :

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

3. Calculer le RETRAIT du même mélange moulé à 140°C ; avec une ébauche préchauffée à 50°C. Quel est l'impact de préchauffage sur le retrait.

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

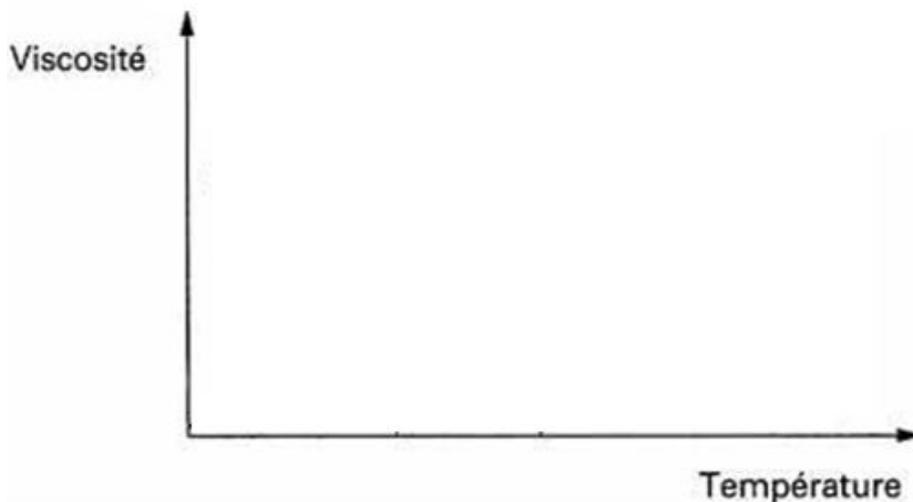
EXERCICE 3 : (9 POINTS)

La viscosité η d'une masse de matière thermodurcissable soumise à une élévation de température évolue suivant deux processus antagonistes.

1. Que signifie viscosité :

.....
.....

2. Représenter sur la figure ci-dessous la courbe de viscosité par réaction chimique (I) et la courbe de viscosité par chauffage (II) ;



3. Représenter sur la même figure la courbe résultante de la viscosité des matières thermodurcissables en fonction de la température (III) ;

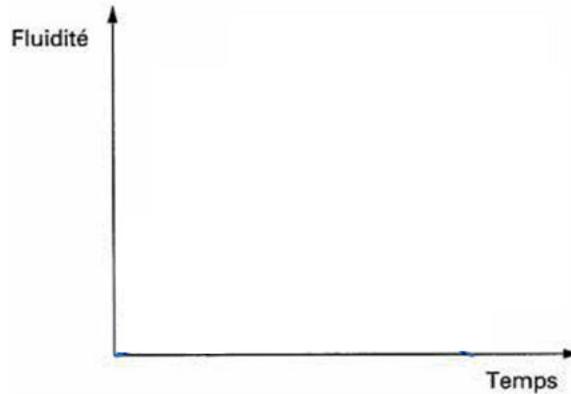
4. Citer les trois phases principales de moulage des thermodurcissables

.....

.....

Dans le cas des matières thermodurcissables, l'achèvement de la réaction chimique de réticulation nécessite également un certain temps.

5. Montrer sur la figure ci-dessous la variation de la fluidité d'une matière fluide et une matière peu fluide en fonction du temps, à température constante ;



6. Quel est l'influence de la pression sur la fluidité des matières thermodurcissables, à température constante ;

.....

.....

Comme tous les plastiques, les matières thermodurcissables présentent la plasticité nécessaire à leur mise en forme. L'état rigide permettant le démoulage est le résultat d'une réaction chimique irréversible.

7. Donner le cycle de moulage par compression ;

- | | |
|---------|---------|
| 1. | 6. |
| 2. | 7. |
| 3. | 8. |
| 4. | 9. |
| 5. | |

8. Donner à titre indicatif les conditions de moulage par compression des matériaux suivants :

Matériaux	<i>Températures des empreintes (°C)</i>	<i>Pression (MPa)</i>	<i>Temps de cuisson par mm d'épaisseur (s)</i>	<i>Préchauffage HF</i>	<i>Etuvage avant moulage</i>	<i>dégazage</i>
Polyesters						
Epoxydes						

9. Quelle est l'influence de Préchauffage HF sur le temps de cuisson de la matière ;

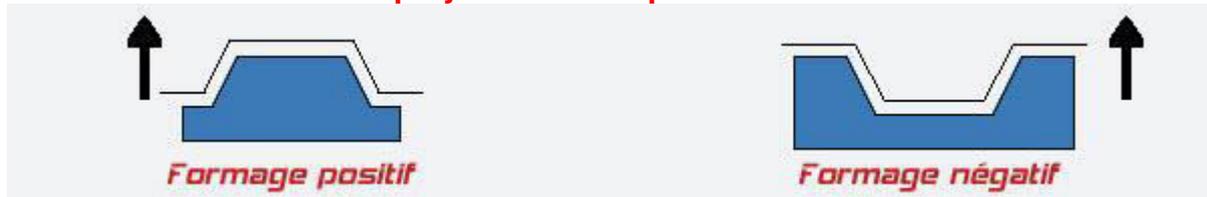
.....

.....

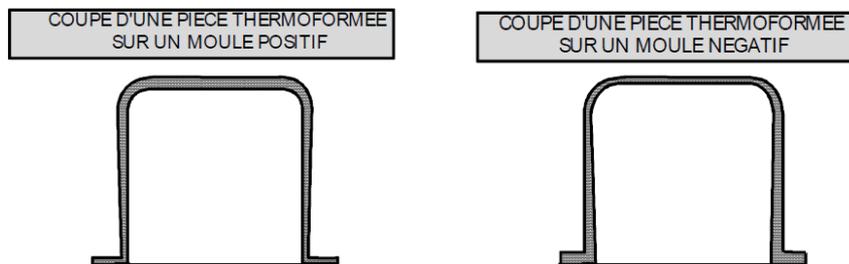
RÉPONSES

EXERCICE 1 : (4 POINTS)

1. Quelle est la différence entre un moule positif et un moule négatif. Expliquer par schéma.
 - **Thermoformage en positif** : Le moule en « bosse ou en relief » vient s'appuyer sur la matière pour « épouser » la forme recherchée.
 - **Thermoformage en négatif** : Le moule en « creux » monte au niveau de la plaque, puis cette dernière vient se déployer dans l'empreinte du moule.



2. Montrer par schéma la coupe d'une pièce thermoformée sur un moule positif et négatif ;



3. Comparer le démoulage dans les deux cas

moule positif

difficile pour les pièces profondes ou sans dépouille car le retrait de la pièce se fait sur le poinçon

moule négatif

aisé car le retrait ne provoque pas de serrage sur le moule

EXERCICE 2 : (7 POINTS)

Le caoutchouc sous forme de semi produit doit être mis en forme avant d'être vulcanisé pour devenir utilisable sous formes d'objets finis.

1. **Déterminer la forme de l'ébauche à placer dans le moule pour ces différentes pièces :**

D'une façon générale, on peut dire que :

- Les pièces plates s'ébauchent à partir de feuilles calandrées,
- Les pièces de révolution à partir de profilés extrudés ou de feuilles roulées,
- Les pièces épaisses par empilage de feuilles.

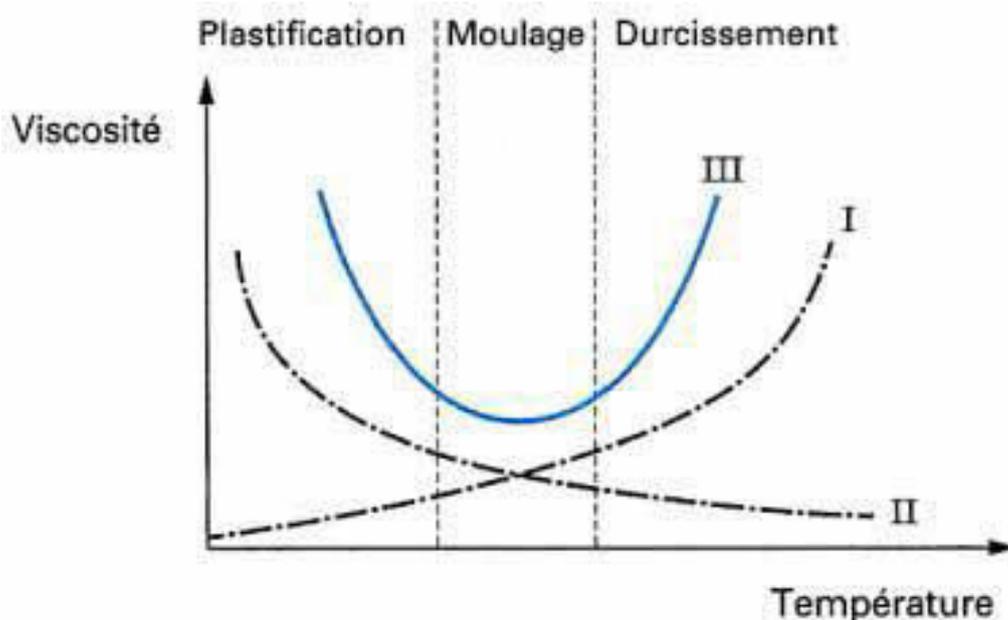


Tableau 1 – Conditions de moulage par compression (1)

	Poudres à mouler						Composites à matrice	
	Phénoplastes		Aminoplastes		Polyesters	Époxydes	phénolique	polyester
	avec charge pulvérulente	avec charge fibreuse	Urée-formol	Mélatamine-formol				
Température des empreintes (°C)	150 à 180		135 à 155	150 à 170	130 à 170	150 à 180	130 à 145	140 à 150
Pression (2) (MPa)	25 à 40	40 à 60	20 à 40	20 à 40	6 à 30	20 à 30	8 à 10	8 à 12
Temps de cuisson par mm d'épaisseur (3) (s)	40 à 60		40 à 60		40 à 60	40 à 60	30 à 60	40 à 60
Préchauffage HF	possible		possible		possible	possible	pas recommandé	
Étuvage avant moulage	possible		possible		pas recommandé		pas recommandé	
Dégazage	utile		utile		pas recommandé	pas nécessaire	pas recommandé	
État de surface du moule	chromage souhaitable		recommandé		nécessaire		pas recommandé	

(1) Les conditions de moulage figurant dans ce tableau sont des conditions générales, d'autres conditions peuvent être conseillées par le producteur de matière en fonction de la formulation ou de l'utilisation.
(2) Dans le cas d'une pièce de grande hauteur (*moulage à forte remontée* : plus de 100 mm), il est recommandé d'augmenter la pression de 5 à 10 MPa.
(3) Le temps de cuisson indiqué est un temps de cuisson sans préchauffage. L'utilisation du préchauffage HF (par haute fréquence), lorsque cela est compatible avec la matière, permet une réduction du temps de cuisson de 25 à 40 %.