

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

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

<b><u>CODE</u></b>	Département de génie mécanique	<b>EXAMEN PROCÉDÉS DE MISE EN FORME DISCONTINUS</b>	Juin 2019
			Durée: 1 h 30 min
<b>Note :...../20</b>	Nombre de pages : <b>4</b>	Proposé par : <b>SLIM CHOUCHE</b>	Documents non autorisés

NB : L'examen comporte trois exercices indépendants.

**EXERCICE 1 : (7 POINTS)**

Décrire toutes les étapes de la « **Réalisation d'un moule en silicone et reproduction d'œuvres d'arts** » selon le tableau ci-dessous (les opérations avec commentaires, dessin ou croquis et matériels utilisés...).

<b>GAMME DE FABRICATION</b>			
<b>(Réalisation d'un moule en silicone)</b>			
PHASE	OPERATION	DESSIN (CROQUIS) ET COMMENTAIRE	MATERIELS
<b>1</b>			

NE RIEN ECRIRE ICI

NE RIEN ECRIRE ICI

**GAMME DE FABRICATION (SUITE)**  
**(reproduction d'œuvres d'arts)**

PHASE	OPERATION	DESSIN (CROQUIS) ET COMMENTAIRE	MATERIELS
1			

**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	
<b>INGREDIENTS</b>	<b>PARTS</b>	Types de caoutchoucs	Coefficient de dilatation linéaire en $10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
NBR	<b>100</b>	NR	216
Noir de carbone GPF 650	<b>65</b>	SBR	216
Plastifiant D0A	<b>20</b>	NBR	196
ZnO (oxyde de zinc)	<b>5</b>	CR	206 à 216
Acide stéarique	<b>2</b>	IIR	194
Protecteur baion AC	<b>2</b>	Charges	5 à 10
Protecteur BLE 25	<b>2</b>	Aciers	11
Accélérateur TMTD	<b>0.8</b>	Métaux légers: Aluminium	12
Accélérateur MBTS	<b>0.8</b>		
Accélérateur DPTT	<b>1</b>		
soufre	<b>1.5</b>		

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.

.....

.....

.....

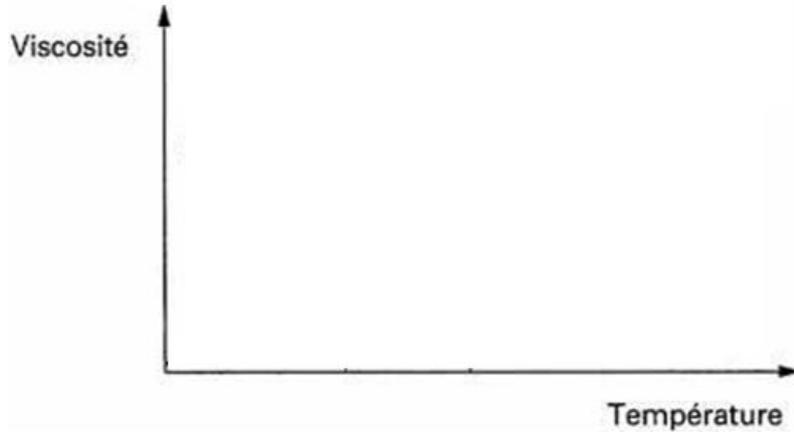
.....

**EXERCICE 3 : (7 POINTS)**

La viscosité  $\eta$  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 therm durcissables en fonction de la température (III) ;
4. Citer les trois phases principales de moulage des therm durcissables
- .....
- .....

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

5. Donner le cycle de moulage par compression ;

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

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

<b>Matériaux</b>	<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>
<b>Polyesters</b>						
<b>Urée formol</b>						

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

# RÉPONSES

## EXERCICE 1 : (5 POINTS)

VOIR FICHE PRATIQUE

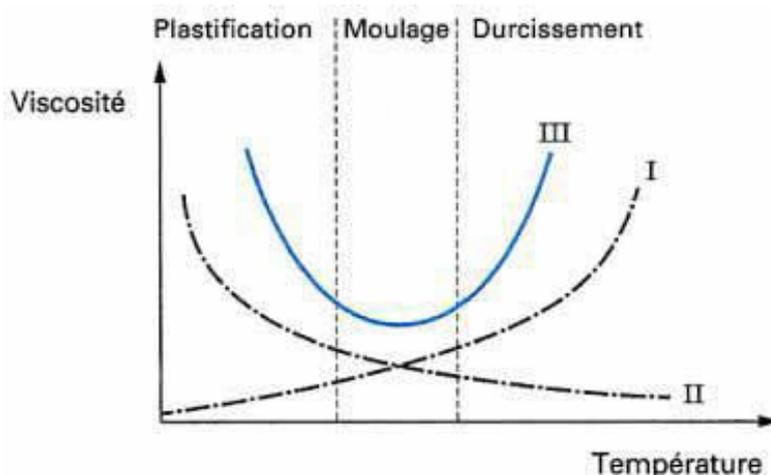
## EXERCICE 2 : (7 POINTS)

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 %.