

Sciences et Techniques Automatisées (STA)

Mécanique des Solides Indéformables PT1

Examen de fin du 1^{ère} semestre

Date: 3 Février 2021

Durée: 1h30 min

Prs : M.Maatar et C.Karra

Problème

Le mécanisme de fermeture et de verrouillage d'une presse d'injection, qui permet l'obtention des pièces moulées par injection de la matière plastique, est représenté par son schéma cinématique minimal figure1.

Ce mécanisme est constitué de :

- un croisillon solidaire d'une tige de vérin hydraulique formant le solide (1) en liaison glissière d'axe (O, \bar{x}_0) avec le bâti (0).
- d'un plateau mobile (5) en liaison glissière d'axe (I, \bar{x}_0) avec le bâti (0).
- deux sous-systèmes (S) et (S') identiques de point de vue constituants et symétriques par rapport au plan $(O, \bar{x}_0, \bar{z}_0)$.

Les symétries que possède le mécanisme de fermeture permettent de simplifier l'étude en traitant que le sous-système (S) qui est composé de :

- deux billettes modélisées par un seul solide (2)
- une bielle (3) située dans le plan $(O, \bar{x}_0, \bar{y}_0)$
- deux genouillères modélisées par un seul solide (4)

Du point de vue liaisons :

- Le solide (2) est articulé au solide (1) au point B.
- La bielle (3) est articulée d'une part en C au bâti (0) et d'autre part en D au solide (2).
- Le solide (4) est articulé en F au plateau mobile (5) et en E à la bielle (3).

Le mouvement de translation du solide (1) par rapport au bâti (0) est paramétré par λ .

Le mouvement de translation du plateau (5) par rapport au bâti (0) est paramétré par μ .

La translation, sous l'action d'un vérin, du croisillon (1) par rapport au bâti (0) conduit au déplacement du plateau mobile (5) par rapport au bâti (0).

On associe aux solides (2), (3) et (4) les repères suivants :

- $R_2(B, \bar{x}_2, \bar{y}_2, \bar{z}_0)$ lié au solide (2) tel que la rotation par rapport au bâti (0) est défini par l'angle $\alpha = (\bar{x}_0, \bar{x}_2) = (\bar{y}_0, \bar{y}_2)$,
- $R_3(C, \bar{x}_3, \bar{y}_3, \bar{z}_0)$ lié à la bielle (3) tel que la rotation par rapport au bâti (0) est défini par l'angle $\beta = (\bar{x}_0, \bar{x}_3) = (\bar{y}_0, \bar{y}_3)$,
- $R_4(F, \bar{x}_4, \bar{y}_4, \bar{z}_0)$ est un repère lié au solide (4) tel que la rotation par rapport au bâti (0) est défini par l'angle $\gamma = (\bar{x}_0, \bar{x}_4) = (\bar{y}_0, \bar{y}_4)$.

Les paramètres et les données géométriques du système sont définis par les relations vectorielles suivantes : $\overrightarrow{OA} = \lambda \bar{x}_0$, $\overrightarrow{OG} = \mu \bar{x}_0$, $\overrightarrow{AB} = a \bar{y}_0$, $\overrightarrow{BD} = a \bar{x}_2$, $\overrightarrow{DC} = a \bar{y}_3$, $\overrightarrow{ED} = a \bar{y}_3$, $\overrightarrow{EF} = 2a \bar{y}_4$, $\overrightarrow{OC} = 2a \bar{x}_0 + 2a \bar{y}_0$, $\overrightarrow{IF} = (L + 2a) \bar{y}_0$ et $\overrightarrow{IG} = L \bar{y}_0$.

Partie I : Etude géométrique

1°) a) Identifier les paramètres du système.

b) Préciser le paramètre d'entrée et le paramètre de sortie du système.

- 2°) Réaliser le graphe de liaisons du système, en déduire la nature de la chaîne.
- 3°) a) Ecrire l'équation vectorielle qui traduit la fermeture géométrique de la chaîne (0)-(1)-(2)-(3)-(0).
 b) Projeter cette équation dans la base de R_0 et écrire les deux équations scalaires qui en découlent.
 c) Trouver la relation directe entre λ et β .
- 4°) a) Ecrire l'équation vectorielle qui traduit la fermeture géométrique de la chaîne (0)-(3)-(4)-(5)-(0).
 b) Projeter cette équation dans la base de R_0 et écrire les deux équations scalaires qui en découlent.
 c) Trouver la relation directe entre μ et β .
- 5°) Ecrire la loi d'entrée-sortie

Partie II : Etude cinématique

REMARQUE : Toutes les vitesses seront exprimées dans le repère $R_0(O, \bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0)$

- 1°) Déterminer les vecteurs rotations: $\bar{\Omega}_{1/0}, \bar{\Omega}_{2/0}, \bar{\Omega}_{3/0}, \bar{\Omega}_{4/0}$ et $\bar{\Omega}_{5/0}$.
- 2°) a) Calculer, par dérivation, la vitesse $\vec{V}(A)_{1/R_0}$
 b) Ecrire le torseur $\{g_{1/0}\}_A^{R_0}$ du mouvement de (1)/(0) dans le repère $R_0(O, \bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0)$ et déduire sa nature.
- 3°) a) Calculer, par cinématique des solides, la vitesse $\vec{V}(B)_{1/R_0}$.
 b) Calculer, par cinématique des solides, $\vec{V}(D)_{2/R_0}$
 c) Ecrire le torseur $\{g_{2/0}\}_D^{R_0}$ du mouvement de (2)/(0) dans le repère $R_0(O, \bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0)$ et déduire sa nature.
- 4°) a) Calculer, par cinématique des solides (utiliser le point C), la vitesse $\vec{V}(D)_{3/R_0}$.
 b) Ecrire le torseur $\{g_{3/0}\}_D^{R_0}$ du mouvement de (3)/(0) dans le repère.
- 5°) a) En écrivant que $\vec{V}(D)_{3/R_0} = \vec{V}(D)_{2/R_0}$, déduire les 2 équations scalaires qui traduisent cette égalité.
 b) Trouver la relation entre $\dot{\lambda}$ et $\dot{\beta}$ en fonction de α et β .
- 6°) a) Calculer, par cinématique des solides (utiliser le point C), la vitesse $\vec{V}(E)_{3/R_0}$.
 b) Calculer, par cinématique des solides (utiliser le point E), la vitesse $\vec{V}(F)_{4/R_0}$
 c) Ecrire le torseur $\{g_{4/0}\}_F^{R_0}$ du mouvement de (4)/(0) dans le repère $R_0(O, \bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0)$.
- 7°) a) Calculer, par dérivation, la vitesse $\vec{V}(F)_{5/R_0}$
 b) Ecrire le torseur $\{g_{5/0}\}_F^{R_0}$ du mouvement de (5)/(0) dans le repère $R_0(O, \bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0)$.
 c) En écrivant, $\vec{V}(F)_{4/R_0} = \vec{V}(F)_{5/R_0}$ déduire les 2 équations scalaires qui traduisent cette égalité.
 d) Trouver la relation entre $\dot{\mu}$ et $\dot{\beta}$ en fonction de γ et β .
- 8°) Déduire le rapport $\dot{\mu} / \dot{\lambda}$ en fonction de α, γ et β .

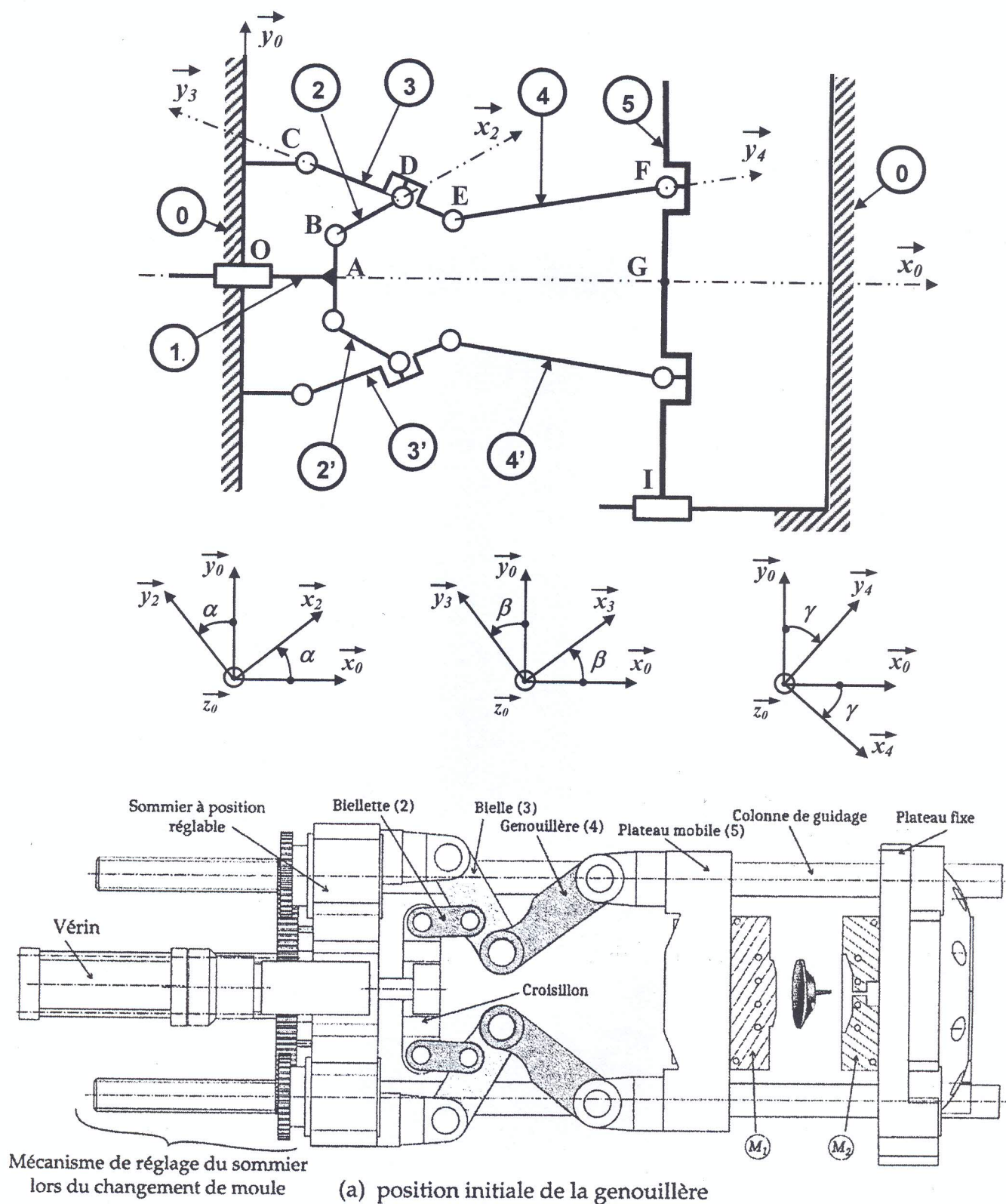


Figure1 : Schéma cinématique du mécanisme de fermeture

**DEVOIR DE SYNTHÈSE DU 1^{ER} SEMESTRE
CFM – FABRICATION – PT1**

DSI-FAB CFM-PT1-2017/2018

Nom et Prénom :
CIN/Passeport :
Groupe :

B. I. 1. Choix du matériau.

B. I. 1. 1. Donner la signification des désignations normalisées des matériaux cités dans le tableau ci-dessous.

EN AC – Al Cu4 MgTi	EN – GJS 600 2	C 45
<div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div> </div> <div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div> </div>	<div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div> </div> <div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div> </div>	<div> <div>1</div> <div>2</div> </div> <div> <div>1</div> <div>2</div> </div>
Type de matériau :	Type de matériau :	Type de matériau :
.....

B. I. 1. 2. Parmi les trois matériaux indiqués dans la question (B.I.1.1), choisir le type de matériau qui convient le mieux pour la vis (5). Justifier votre réponse.

.....
.....

B. I. 2. Essai de traction

On a réalisé un essai de traction sur une éprouvette normalisée en acier à l'état recuit de longueur utile initiale $L_0 = 50$ mm ; et de diamètre initial : $D_0 = 10$ mm. Au cours de l'essai de traction, le matériau passe par 3 domaines. Le tableau suivant présente les 3 décharges effectuées à partir de 3 niveaux de chargement différents.

Domaine	Force limite atteinte avant décharge	Longueur limite atteinte avant décharge	Longueur après suppression de la charge
Domaine élastique	$F1 = 25905$ N	$L1 = 50.075$ mm	$L_0 = 50$
Domaine élasto-plastique	$F2 = 31400$ N	$L2 = 50.300$ mm	$L2' = 50.100$
Domaine de rupture	$F3 = 50000$ N		$L_{finale} = 57.5$ mm

En se référant aux résultats de l'essai de traction :

B. I. 2.1. Calculer le module d'Young E (en GPa) :

.....

$E = \dots\dots\dots$ GPa

B. I. 2.2. Déterminer la déformation plastique (ϵ_{pl}) atteinte après le deuxième chargement (domaine élasto-plastique).

.....

$\epsilon_{pl} = \dots\dots\dots$

Ne rien écrire dans cet espace

B. I. 2. 3. Calculer la limite conventionnelle d'élasticité $Re_{0,2}$ (en MPa).

$Re_{0,2} = \dots\dots\dots$ MPa

B. I. 2. 4. Calculer la contrainte à la rupture R_r et l'allongement permanent A (en %).

$R_r = \dots\dots\dots$ MPa

$A\% = \dots\dots\dots$

B. I. 3. Essai de résilience

L'essai de résilience réalisé sur une éprouvette du matériau en question a donné les résultats suivants :

- Hauteur initiale du pendule $h_{\text{initial}} = 2\text{m}$,
- Hauteur finale du pendule $h_{\text{final}} = 1.2\text{m}$,

On donne la masse du pendule $M = 20\text{ kg}$ et l'accélération de la pesanteur $g = 10\text{ ms}^{-2}$.

B. I. 3. 1. Calculer l'énergie $W(j)$ absorbée par l'éprouvette.

$W = \dots\dots\dots$ J

B. I. 3. 2. L'essai de résilience est réalisé sur une éprouvette normalisée de section carré de cotée $a = 10\text{mm}$ et de longueur $L = 55\text{mm}$ avec une entaille en forme de V de profondeur 2mm . Calculer la résilience K_{cv} (J/cm^3).

$K_{cv} = \dots\dots\dots$ J/cm^3

B. I. 4. Essai de dureté

On a réalisé sur le matériau en question un essai de dureté Brinell sous une charge de 1000N avec un pénétrateur de diamètre $D = 10\text{mm}$ et l'accélération de la pesanteur $g = 10\text{ ms}^{-2}$. On donne les diamètres maximum mesurés suivant deux directions de l'empreinte : $d_1 = 0.90\text{mm}$ et $d_2 = 0.94\text{mm}$.

La surface de l'empreinte est définie par la relation suivante : $S_{\text{empreinte}} = \frac{\pi D}{2} \left(D - \sqrt{(D^2 - d^2)} \right)$,

B. I. 4. 1. Calculer la dureté HB.

HB = $\dots\dots\dots$

Exercice 4

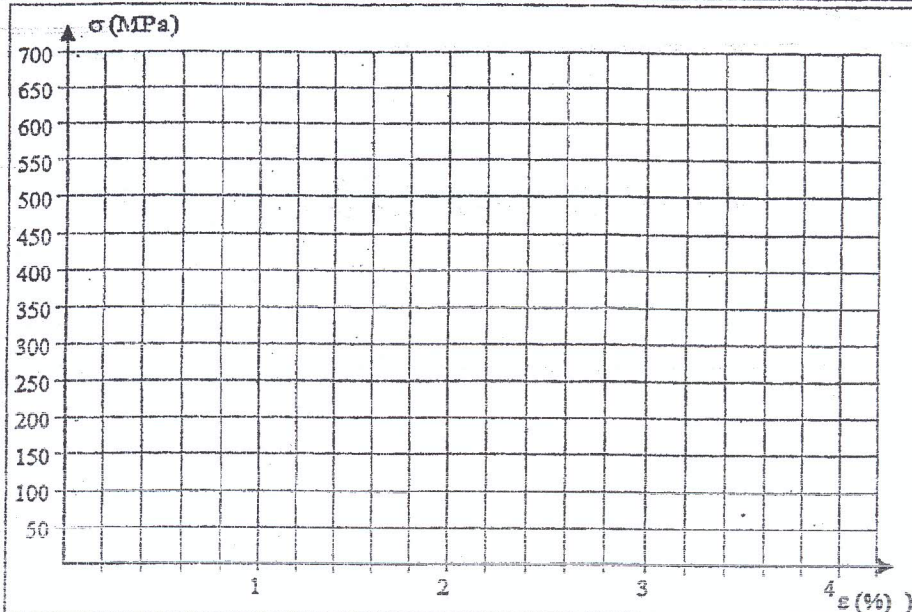
Deux éprouvettes de deux aciers au carbone A et B ont subi un essai normalisé dont les résultats sont donnés par le tableau ci-dessous

Propriété	unité	A	B
E	MPa	$230 \cdot 10^3$	$230 \cdot 10^3$
R _{Rupture}	MPa	500	350
R _{e(0.2)}	MPa	400	200
A%	(%)	2	4

- 1) Sur quelle machine est réalisé cet essai normalisé ?

Rép :

- 2) Dessinez et identifiez ci-contre les courbes relatives aux essais de ces deux aciers A et B



- 3) Comparer les deux aciers dans le tableau suivant par les signes < ; > ou =

À partir des résultats de l'essai				Par déduction (en utilisant vos connaissances)			
Flexibilité	Mailéabilité	Module de Young	Élasticité	Dureté	Résilience	Trempabilité	% C
A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B

- 4) On se propose d'exécuter un traitement thermique à éprouvette supplémentaire de l'acier A. Ce traitement qui vise l'augmentation de la dureté est caractérisé par :

- ✓ Vitesse de chauffage: lente jusqu'à 400°C (50°C/min) puis plus rapide (150°C/min)
- ✓ Température de maintien : 850°C
- ✓ Temps de maintien : 8 min
- ✓ Vitesse de refroidissement : Rapide (50°C/sec)

Quel est ce traitement ?

Rép :

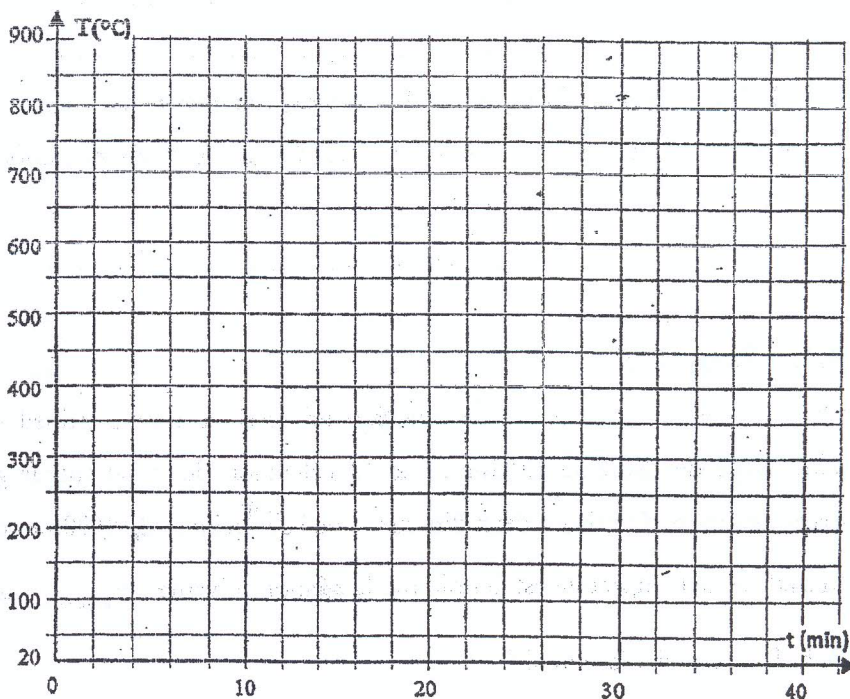
- 5) Dessinez et identifiez (par la lettre A₁) ci-contre la courbe [T=f(t)] décrivant ce traitement.

- 6) Dessinez et identifiez (par la lettre A₁) ci-dessus la courbe approximative [$\sigma = f(\epsilon)$] de l'essai normalisé relatif à l'éprouvette traitée du matériau A.

- 7) Quel est le deuxième traitement thermique qui doit obligatoirement suivre le premier ?

Rép :

- 8) Dessinez et identifiez (par la lettre A₂) ci-contre la courbe approximative [T=f(t)] décrivant ce deuxième traitement?



- 9) Dessinez et identifiez (par la lettre A₂) ci-dessus la courbe approximative [$\sigma = f(\epsilon)$] de l'essai normalisé relatif à l'éprouvette du matériau A traitée par le premier et le deuxième traitement.

- 10) Quel est le traitement thermique qui peut annuler les effets du premier? Rép :

- 11) Dessinez en trait interrompu et identifiez (par la lettre A₃) ci-dessus la courbe approximative [T=f(t)] décrivant ce troisième traitement?