

Institut Préparatoire aux Etudes d'Ingénieur de Sfax Systèmes Techniques Automatisés - (MP1/PC1) Devoir de synthèse du 2^{ème} semestre 2024-2025 Mécanique des solides indéformables	
Date : 16/05/2025 Durée: 1 Heure 30 minutes	Sections : MP1-PC1 Documents non autorisés

POMPE DOSEUSE

Présentation :

Les desserts lactés (yaourt, flanc etc.), produits par une unité d'élaboration et de conditionnement, doivent avoir une qualité bactériologique irréprochable. Il est donc indispensable de procéder périodiquement au nettoyage des éléments des chaînes de production en contact avec les produits lactés. Ce nettoyage se fait par injection d'un mélange d'eau et de soude (porté à une température de 80°C). C'est le rôle de l'unité de nettoyage dont fait partie la « pompe doseuse ».

Le mécanisme de la pompe doseuse est représenté par le schéma simplifié de la figure 1. Il est composé des solides suivants :

- Un bâti (S_0) lié à un repère orthonormé direct galiléen $R_0(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$.
- Un excentrique (S_1) en liaison pivot d'axe $(O, \vec{z}_0)$ avec (S_0) et lié au repère $R_1(O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)$ tel que $\theta_1 = (\vec{x}_0, \vec{x}_1) = (\vec{y}_0, \vec{y}_1)$.
- Une bielle (S_2) en liaison pivot d'axe $(A, \vec{z}_0)$ avec (S_1) d'une part et en liaison pivot d'axe $(B, \vec{z}_0)$ avec (S_3) d'autre part. Le repère $R_2(A, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_0)$ est lié à (S_2) tel que $\theta_2 = (\vec{x}_0, \vec{x}_2) = (\vec{y}_0, \vec{y}_2)$.
- Un balancier (S_3) en liaison pivot d'axe $(D, \vec{z}_0)$ au point D avec (S_0) d'une part et en liaison ponctuelle de normale $(C, \vec{y}_3)$ avec (S_4) d'autre part. Le repère $R_3(D, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_0)$ est lié à (S_3) tel que $\theta_3 = (\vec{x}_0, \vec{x}_3) = (\vec{y}_0, \vec{y}_3)$.
- Un piston (S_4) en liaison glissière d'axe $(O, \vec{x}_0)$ avec (S_0).

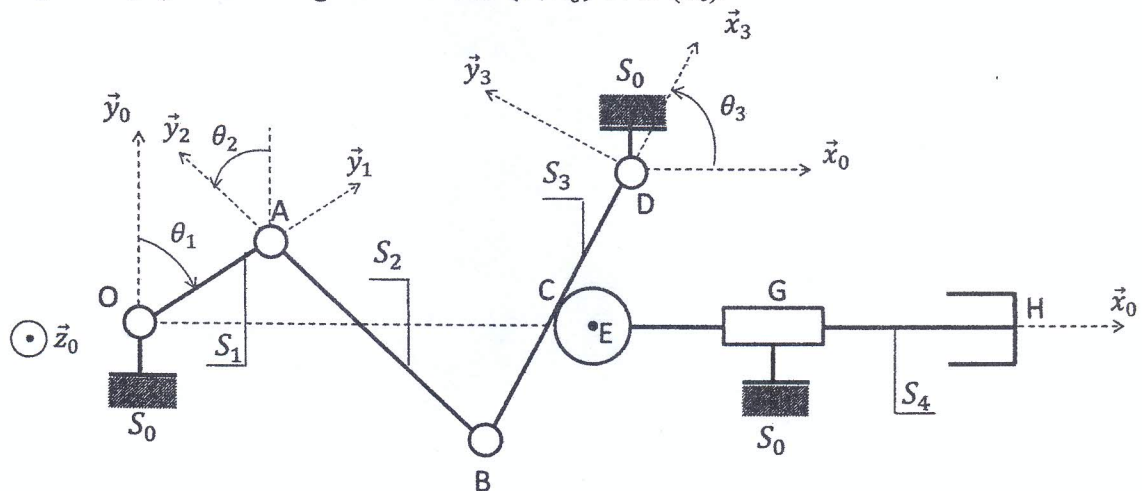


Figure 1. Schéma cinématique de la pompe doseuse

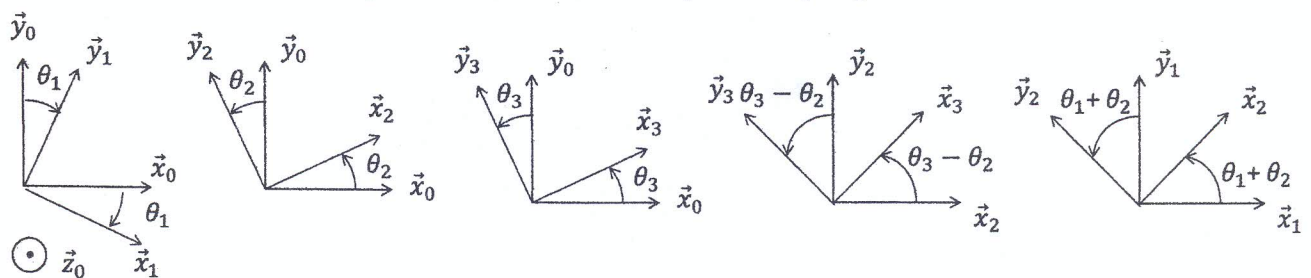


Figure 2. Changement des bases

On donne : $\overrightarrow{OA} = a\vec{y}_1$, $\overrightarrow{AB} = -b\vec{y}_2$, $\overrightarrow{OE} = x(t)\vec{x}_0$, $\overrightarrow{EC} = r\vec{y}_3$, $\overrightarrow{BD} = e\vec{x}_3$, $\overrightarrow{DC} = -\lambda(t)\vec{x}_3$

a, b, e et r sont des constantes géométriques du mécanisme.

$\theta_1, \theta_2, \theta_3, \lambda$ et x sont des paramètres variables en fonction du temps.

**AVIS IMPORTANT AUX ETUDIANTS**

1. Chacune des feuilles de votre copie doit comporter une étiquette code à barres placée à l'endroit indiqué «coller ici votre code à barres»
2. Une copie d'examen comporte une seule «feuille principale» et des «feuilles suites» Sur chacune de vos feuilles, le code à barres est obligatoire
3. Cette feuille d'examen est strictement personnelle Elle ne doit comporter aucun signe distinctif Elle doit être écrite en noir et/ou bleu
4. Le non respect de l'une de ces exigences peut faire attribuer la note ZERO à l'épreuve

**NOTE**Coller ici votre
code à barre

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

00	25	50	75

I. Etude cinématique :**I.1** Déterminer, au point A, le torseur cinématique de (S_1) dans son mouvement par rapport à R_0 .

.....

.....

.....

$$\{\vartheta(S_1/R_0)\}_A =$$

I.2. Déterminer, au point D, le torseur cinématique de (S_3) dans son mouvement par rapport à R_0 . En déduire le vecteur vitesse du point B qui appartient à (S_3) dans son mouvement par rapport à R_0 .

.....

.....

.....

$$\{\vartheta(S_3/R_0)\}_D =$$

$$\vec{V}(B \in S_3/R_0) =$$



I.3 Déterminer les centres instantanés de rotation suivants :

$I_{10} = \dots\dots\dots$	$I_{21} = \dots\dots\dots$	$I_{30} = \dots\dots\dots$	$I_{32} = \dots\dots\dots$	$I_{20} = \dots\dots\dots$
----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

I.4. Déterminer, dans la base $B_3(\vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_0)$ en fonction de $\dot{x}(t)$ et θ_3 , le vecteur vitesse du point C du piston (S_4) dans son mouvement par rapport à R_0 .

.....

.....

.....

.....

$$\vec{V}(C \in S_4/R_0) =$$

I.5. Déterminer, en fonction de λ et $\dot{\theta}_3$, le vecteur vitesse du point C du balancier (S_3) dans son mouvement par rapport à R_0 .

.....

.....

.....

$$\vec{V}(C \in S_3/R_0) =$$

I.6. En utilisant la condition de maintien de contact au point C entre (S_3) et (S_4), établir l'expression de $\dot{x}(t)$ en fonction de $\dot{\theta}_3$, θ_3 et λ . En déduire la vitesse de glissement du solide (S_3) par rapport à (S_4).

.....

.....

.....

.....

.....

$$\dot{x} =$$

$$\vec{V}_C(S_3/S_4) =$$

II. Etude statique

Dans cette étude on suppose que les solides (S₁), (S₂), (S₃) et (S₄) sont en équilibre par rapport au référentiel R₀.

- L'action mécanique du fluide sur le piston (S₄) est modélisée par une force $\vec{F} = -F\vec{x}_0$ avec $F > 0$.
- Le couple appliqué sur le solide (S₁) est $\vec{C}_m = -C_m\vec{z}_0$ avec $C_m > 0$.
- Le mécanisme est supposé plan et toutes les liaisons sont supposées parfaites sauf la liaison de (S₃) avec (S₄) au point C est considérée avec frottement dont le coefficient de frottement de glissement est noté f .
- L'action de la pesanteur est négligeable.
- On désigne par B_i la base de repère R_i (i = 0,1,2,3).
- On donne : $\vec{EG} = d\vec{x}_0$.

II.1 Déterminer dans leurs points d'applications les torseurs des actions mécaniques:

$$\begin{aligned} \{\tau(S_0 \rightarrow S_1)\}_O &= \begin{pmatrix} X_O & 0 \\ Y_O & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_O^{B_1} ; \quad \{\tau(S_0 \rightarrow S_3)\}_D = \begin{pmatrix} & \\ & \\ & \end{pmatrix}_D^{B_3} ; \\ \{\tau(S_0 \rightarrow S_4)\}_G &= \begin{pmatrix} & \\ & \\ & \end{pmatrix}_G^{B_0} ; \quad \{\tau(\vec{C}_m \rightarrow S_1)\} = \begin{pmatrix} & \\ & \\ & \end{pmatrix}^{B_0} ; \\ \{\tau(\vec{F} \rightarrow S_4)\}_H &= \begin{pmatrix} & \\ & \\ & \end{pmatrix}_H^{B_0} \end{aligned}$$

II.2 Sachant que $\vec{R}(S_1 \rightarrow S_2) = -\vec{R}(S_3 \rightarrow S_2)$ et que ces vecteurs sont colinéaires à $\vec{y}_2$, expliquer pourquoi?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Dans la suite On donne :

$$\{\tau(S_3 \rightarrow S_2)\}_B = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ Y_B & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_B^{B_2} \quad \text{et} \quad \{\tau(S_1 \rightarrow S_2)\}_A = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ -Y_B & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}_A^{B_2}$$


SUITE

 Coller ici votre
code à barre

II.5.a Déterminer, au point (D) et dans la base B_3 , le torseur $\{\tau(S_4 \rightarrow S_3)\}_D^{B_3}$

.....

.....

.....

.....

$$\{\tau(S_4 \rightarrow S_3)\}_D^{B_3} =$$

II.5.b Déterminer, au point (D) et dans la base B_3 , le torseur $\{\tau(S_2 \rightarrow S_3)\}_D^{B_3}$

.....

.....

.....

.....

$$\{\tau(S_2 \rightarrow S_3)\}_D^{B_3} =$$

II.6 Etudier au point (D) et dans la base B_3 , l'équilibre du solide (S_3). Montrer que :

$$Y_C = \frac{e}{\lambda} Y_B \cos(\theta_3 - \theta_2)$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....



II.7 Déterminer, au point (E) et dans la base B_0 , le torseur $\{\tau(\bar{S}_4 \rightarrow S_4)\}_E^{B_0}$ des actions mécaniques exercées sur le solide (S_4).

$$\{\tau(\bar{S}_4 \rightarrow S_4)\}_E^{B_0} =$$

This image shows a single sheet of white paper with horizontal dotted lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, providing a guide for handwriting or typing. There is no text or other markings on the paper.

Examen en Automatique

Ligne de fabrication de laine de verre

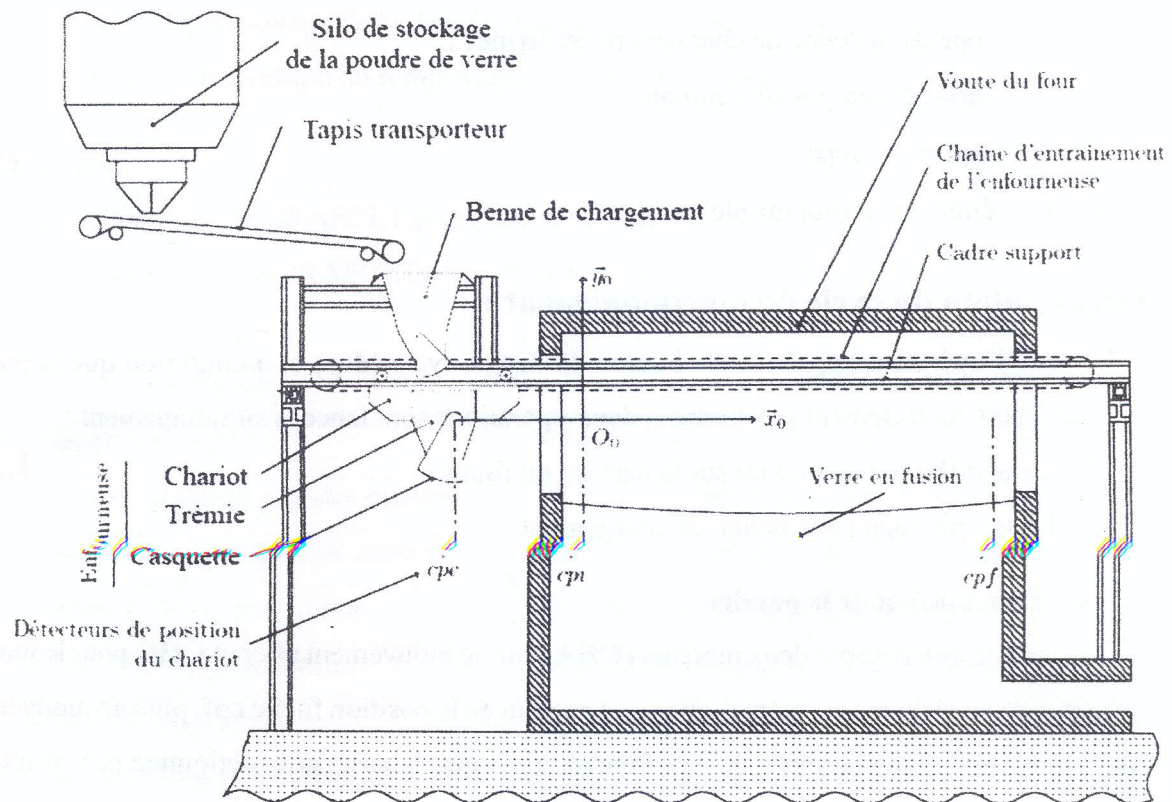


Figure 1 – Schéma du four de fusion avec son système de remplissage.

Présentation générale :

On considère le système de ligne de fabrication de laine de verre utilisée pour l'isolation thermique et acoustique des bâtiments. Les principaux équipements de cette ligne sont :

- Le silo de stockage de poudre de verre, équipé d'un tapis transporteur et d'une benne de chargement.
- Le four électrique de fusion, alimenté en poudre de verre par une enfourneuse composée d'un chariot, d'une trémie et d'une casquette.

La distribution de la poudre de verre sur la surface du four est assurée par l'enfourneuse. Celle-ci effectue des allers et retours au-dessus du four dans la direction $\overrightarrow{x_0}$. Durant ce déplacement, la casquette oscille pour déposer la poudre de manière régulière (voir figure 1).

Lorsque la trémie du chariot devient vide, le chariot se déplace sous la benne de chargement pour être rechargé. Une fois rempli, il revient à sa position initiale pour reprendre la distribution.

Position initiale du système :

Avant le démarrage du système, les conditions suivantes doivent être vérifiées :

- La trappe du silo de poudre est fermée ;
- La trappe de la benne de chargement est fermée ;
- Le chariot est en position initiale ;
- La casquette au repos ;
- La trémie du chariot est pleine.

Organisation du cycle de fonctionnement :

Lorsque l'opérateur appuie sur le bouton de départ cycle (**dey**) et à condition que la partie opérative soit correctement positionnée, deux opérations sont lancées simultanément :

1. La distribution de poudre sur la surface du four ;
2. Le remplissage de la benne de chargement.

• Distribution de la poudre

Le chariot, entraîné par deux moteurs (**CHA** pour le mouvement aller et **CHR** pour le retour), effectue d'abord un mouvement d'aller en direction de la position finale **cpf**, puis un mouvement de retour vers la position initiale **api**. Pendant ce trajet, la casquette, actionnée par un moteur **CAS**, oscille de manière cyclique afin de répartir uniformément la poudre sur la surface du four.

Ces allers-retours, accompagnés de l'oscillation alternée de la casquette, se répètent tant que la trémie du chariot n'est pas vide. Dès qu'elle est vide, la casquette se ferme, puis le chariot se dirige vers la position de chargement (**cpc**) pour être rechargé.

• Remplissage de la benne

Lorsque le niveau de poudre dans la benne atteint le niveau bas, la séquence de remplissage commence par l'ouverture de la trappe bistable du silo de poudre et la mise en marche du tapis transporteur. Ce processus se poursuit de manière continue jusqu'à ce que le niveau de poudre dans la benne atteigne le niveau haut. Une fois le remplissage terminé, la trappe du silo se referme et le tapis transporteur s'arrête après une temporisation de 5 secondes. L'ensemble de ces opérations sont interrompues lorsque le niveau haut est détecté.

Une fois les deux opérations précédentes achevées, le remplissage de la trémie du chariot commence par ouverture de la trappe bistable de la benne de chargement. Elle reste ouverte jusqu'à ce que la trémie du chariot soit pleine. Dès que cette condition est remplie, la trappe se referme, puis le chariot se dirige vers la position initiale (**cpi**) pour commencer un nouveau cycle de distribution. Enfin, un compteur de cycles **CP** s'incrmente.

Ce processus complet constitue un cycle que l'on souhaite répéter tant que **CP** est inférieur à 8. Dans le cas contraire, le système s'arrête et retourne à son état initial.

On considère que :

- M10 : macro-étape de la distribution de poudre sur la surface du four.
- M20 : macro-étape du remplissage de la benne de chargement.

Questions :

- 1) Compléter le GRAFCET principal du système.
- 2) Compléter les GRAFCETs relatifs aux macro-étapes M10 et M20.

Capteurs	
dcy	Départ du cycle
tso	Trappe du silo de poudre ouverte
tsf	Trappe du silo de poudre fermée
tbo	Trappe de la benne ouverte
tbf	Trappe de la benne fermée
caf	Casquette au repos
cpc	Chariot en position de chargement
cpi	Chariot en position initiale
cpf	Chariot en position finale
nbb	Niveau bas benne
nhb	Niveau haut benne
tev	Trémie du chariot vide
tcp	Trémie du chariot pleine
CP	Compteur de cycle

Actionneurs	
TS := 1	Ouvrir la trappe du silo de poudre
TS := 0	Fermer la trappe du silo de poudre
TB := 1	Ouvrir la trappe de la benne de chargement
TB := 0	Fermer la trappe de la benne de chargement
TAP	Commande du tapis transporteur
CHA	Commande du mouvement aller du chariot
CHR	Commande du mouvement retour du chariot
CAS	Faire osciller la casquette

Tableau 1 – Ensemble des actionneurs et des capteurs utilisés

**AVIS IMPORTANT AUX ETUDIANTS**

1. Chacune des feuilles de votre copie doit comporter une étiquette code à barres placée à l'endroit indiqué «coller ici votre code à barres»
2. Une copie d'examen comporte une seule «feuille principale» et des «feuilles suites» Sur chacune de vos feuilles, le code à barres est obligatoire
3. Cette feuille d'examen est strictement personnelle Elle ne doit comporter aucun signe distinctif Elle doit être écrite en noir et/ou bleu
4. Le non respect de l'une de ces exigences peut faire attribuer la note ZÉRO à l'épreuve

**NOTE**

--

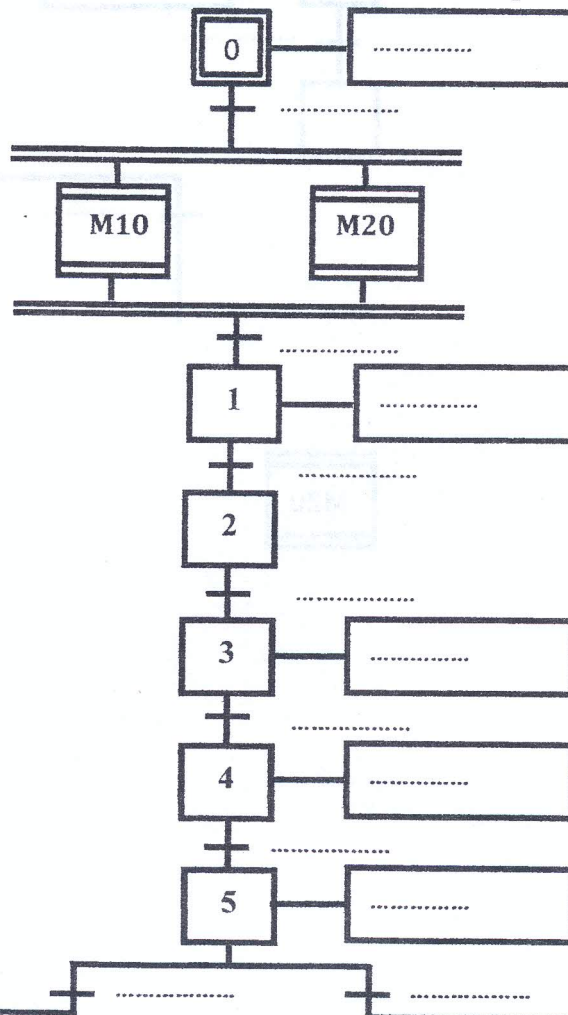
--

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

00	25	50	75

Document réponse d'automatique

1)



Nom, prénom et signature de
l'enseignant surveillant



1) Compléter les GRAFCETs relatifs aux macro-étapes M10 et M20.

