

Exercice 1 - Machine de conditionnement

Adapté du concours Icare 1995

Corrigé page ??

A. Présentation

Afin de placer des articles destinés à la vente sur des présentoirs, on les conditionne sous emballage constitué d'un carton imprimé et d'une boîte en P.V.C. transparent obtenu par thermoformage. La machine dont on donne l'architecture ci-dessous a pour fonction de placer les articles dans la boîte puis de l'assembler au carton enduit d'un vernis par thermo-scellage.

Cette machine automatisée, du type « à transfert circulaire » est constituée d'un plateau tournant pneumatique et des 6 postes suivants :

- Poste 1 : dépose de la boîte thermoformée.
- Postes 2 et 3 : dépose des articles à conditionner dans la boîte.
- Poste 4 : dépose du carton sur l'ensemble [boîte + articles].
- Poste 5 : thermo-scellage de la boîte avec le carton.
- Poste 6 : évacuation du produit.

Notre étude se limite au poste 4 de dépose de carton. Ce poste, représenté partiellement figure 2 prélève dans un magasin des cartons plats et les pose sur un tapis qui les transporte jusqu'au poste de pliage et d'emballage.

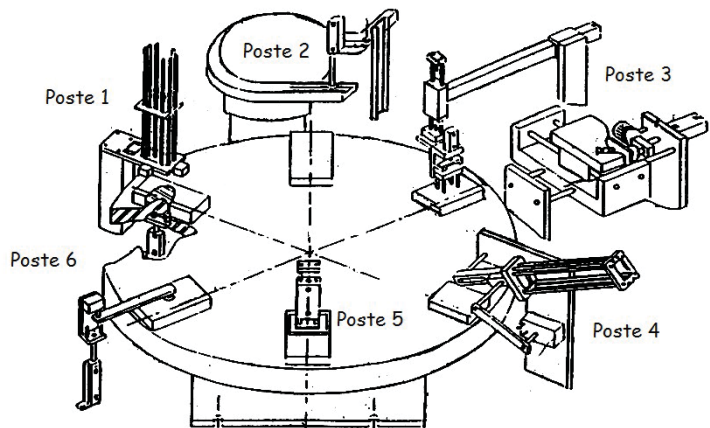


FIGURE 1 – Machine de conditionnement

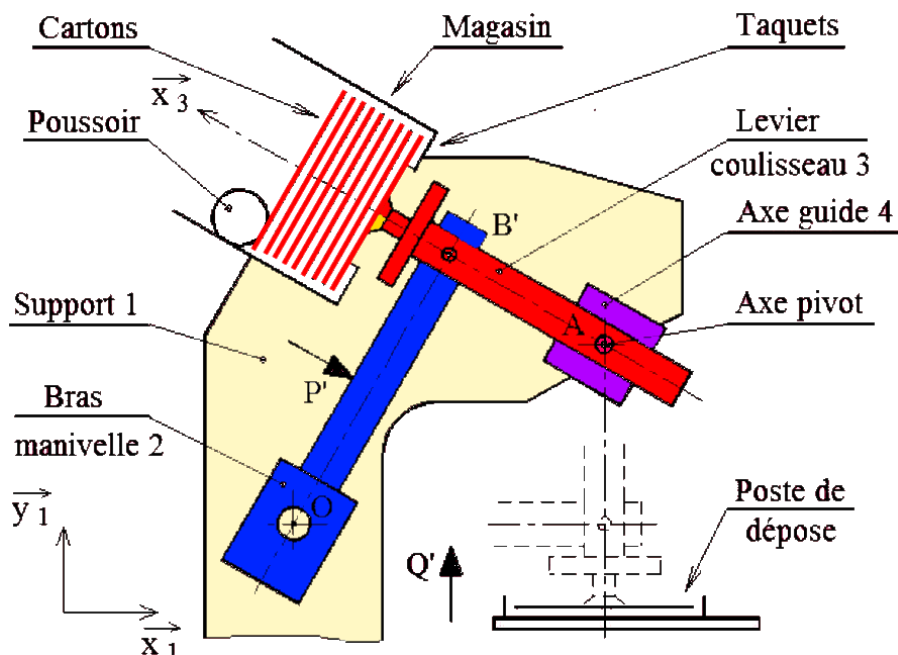


FIGURE 2 – Machine de conditionnement

Il est constitué principalement :

- d'un magasin, solidaire du bâti (1), où sont empilés les cartons.
- d'un manipulateur constitué :

- d'un bras-manivelle (2) en liaison pivot de centre O avec le bâti et actionné par un vérin rotatif;
- d'un levier-coulisseau (3) équipé de 2 ventouses qui assurent la prise des cartons. Ce levier coulisseau (3) est entraîné par le bras manivelle avec lequel il est **articulé** en B'. En outre, son guidage est complété par une liaison **glissière à billes** avec l'axe guide (4), Cette liaison permet au bras de coulisser le long de l'axe (A, \vec{x}_3). L'axe guide pivote par rapport au bâti (1) en A. Deux amortisseurs, placés aux points P' et Q', servent de butées de fin de course au manipulateur en évitant les chocs;
- Le carton étant maintenu par les deux ventouses, le centre d'inertie du carton G_C est supposé parfaitement centré par rapport aux deux ventouses.

Une animation du mécanisme est disponible sur le site https://www.youtube.com/watch?v=x4-sjo_fV7w.

La figure 4 montre l'évolution du mécanisme lorsque le bras 2 tourne de 0° à 60° et le schéma 3 précise les points, repère et le paramétrage.

Repères

- $(O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$: repère lié au bâti 1 supposé galiléen;
- $(O, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_1)$: repère lié au bras manivelle 2;
- $(B, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_1)$: repère lié au levier coulisseau 3.

Paramètres géométriques

- $\vec{OA} = L \cdot \vec{x}_1 + L \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot \vec{y}_1$;
- $\vec{OB} = L \cdot \vec{x}_2$;
- $\vec{BC} = b \cdot \vec{x}_3 - c \cdot \vec{y}_3$;
- $\vec{BD} = b \cdot \vec{x}_3 + c \cdot \vec{y}_3$;
- $\vec{BG}_C = b \cdot \vec{x}_3$;
- $\vec{OP} = l \cdot (\cos \alpha_1 \cdot \vec{x}_1 + \sin \alpha_1 \cdot \vec{y}_1)$;
- $\vec{OQ} = l \cdot \vec{x}_1$;

Paramètres cinématiques

- $\alpha = (\vec{x}_1, \vec{x}_2) = (\vec{y}_1, \vec{y}_2)$;
- $\beta = (\vec{x}_1, \vec{x}_3) = (\vec{y}_1, \vec{y}_3)$;
- $\lambda = \vec{AB} \cdot \vec{x}_3$.
- $\psi = (\vec{OB}, \vec{OE})$ (constant).

Valeurs numériques

- $L = 200$ mm;
- $b = 80$ mm;
- $c = 50$ mm;
- $l = 150$ mm
- $\alpha_1 = 60^\circ$
- $\psi = 150^\circ$

A.1. Cahier des charges

Afin d'assurer une prise correcte du carton, les deux ventouses doivent être appliquées perpendiculairement au support (éviter la fuite d'air) pendant la phase d'aspiration.

À la fin du mouvement, le carton doit être déposé à une vitesse nulle en évitant de le plier.

B. Modélisation cinématique

Q1. Compléter le graphe de structure du mécanisme (figure 5), préciser pour chaque liaison les mouvements entre les solides :

- le bras manivelle 2 et le support 1,
- le levier coulisseau 3 et le bras manivelle 2,
- l'axe guide 4 et le levier coulisseau,
- l'axe guide 4 et le support 1.

C. Étude géométrique

Q2. Tracer les figures de changement de base. Préciser les vecteurs rotations.

Q3. À partir de la chaîne relation $\vec{OB} + \vec{BA} + \vec{AO}$:

Q3a. écrire deux relations entre α , β , λ et les paramètres géométriques constants.

Q3b. établir l'expression de $\tan \beta$ en fonction de α .

Q4. A.N. : calculer β pour les positions d'accostage définies par $\alpha(t_0) = \alpha_0 = 0^\circ$ et $\alpha(t_1) = \alpha_1 = 60^\circ$.

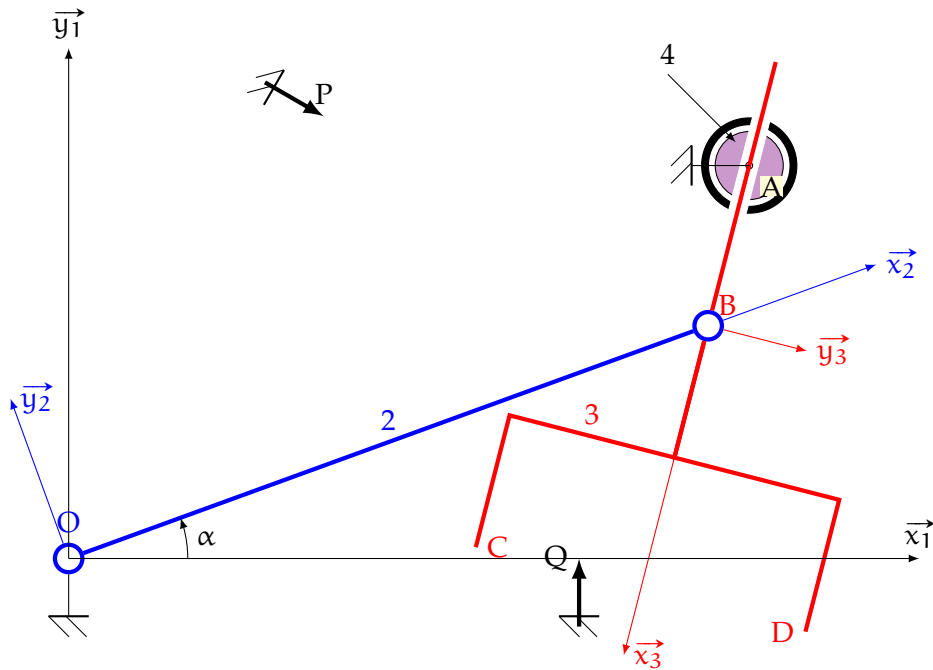


FIGURE 3 – Schéma

D. Étude cinématique

Q5. Préciser les vitesses $\vec{V}_{O \in 2/1}$, $\vec{V}_{B \in 3/2}$.

Q6. Déterminer les expressions littérales des vecteurs vitesses $\vec{V}_{B \in 2/1}$ puis $\vec{V}_{D \in 3/1}$ et $\vec{V}_{G_C \in 3/1}$ en fonction de $\dot{\alpha}$ et $\dot{\beta}$ et des vecteurs de base conduisant aux expressions les plus simples.

Q7. Déterminer $\vec{V}_{B \in 3/4}$.

Q8. Déterminer l'expression de la vitesse angulaire $\vec{\Omega}_{3/1} = \dot{\beta} \cdot \vec{z}_1$ en fonction de α et de sa dérivée $\dot{\alpha}$.

Q9. : A.N. : calculer $\dot{\beta}$ pour $\alpha(t_0) = \alpha_0 = 0^\circ$ et $\alpha(t_1) = \alpha_1 = 60^\circ$.

Q10. Que peut-on dire du mouvement du levier aux instants t_0 et t_1 correspondant aux positions α_0 et α_1 ?

Q11. En déduire $\vec{V}_{D \in 3/1}$ et $\vec{V}_{C \in 3/1}$ pour les positions d'accostage en P' et Q' . Le cahier des charges est-il respecté ?

Q12. Pour quelle position angulaire $\vec{V}_{G_C \in 3/1}$ est maximale ? On posera $(\vec{y}_2, \vec{y}_3) = \gamma$.

Afin d'éviter que le carton (C) ne se détache pendant le déplacement, il est nécessaire de s'assurer que l'accélération du carton ne dépasse pas une accélération maximale Γ_{max} .

On considère, pour cette partie, que la vitesse de rotation du bras (2) est constante.

Q13. Déterminer $\vec{\Gamma}_{G_C \in 3/0}$. Déterminer la valeur maximale de cette accélération.

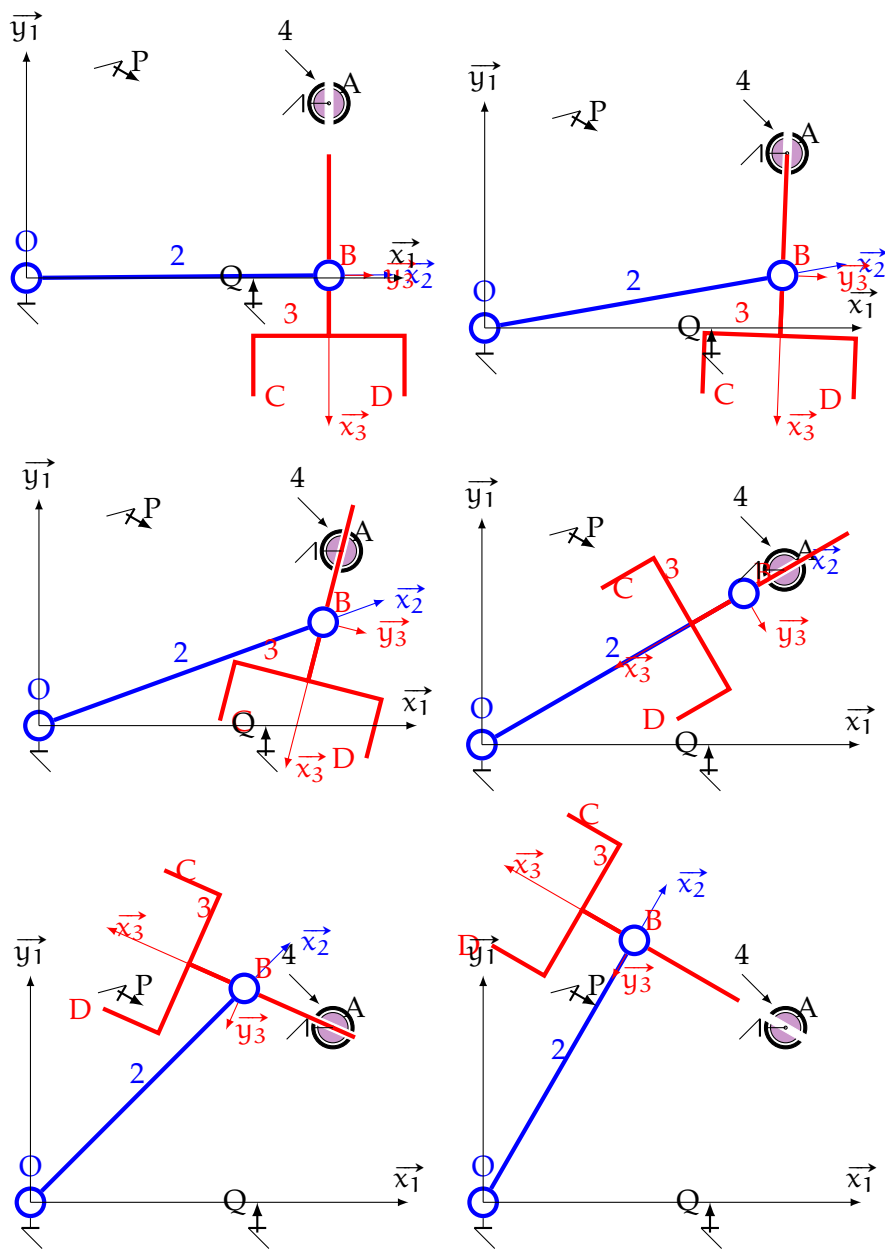


FIGURE 4 – Différentes positions prises par le mécanisme pendant la rotation du bras de 0° à 60°

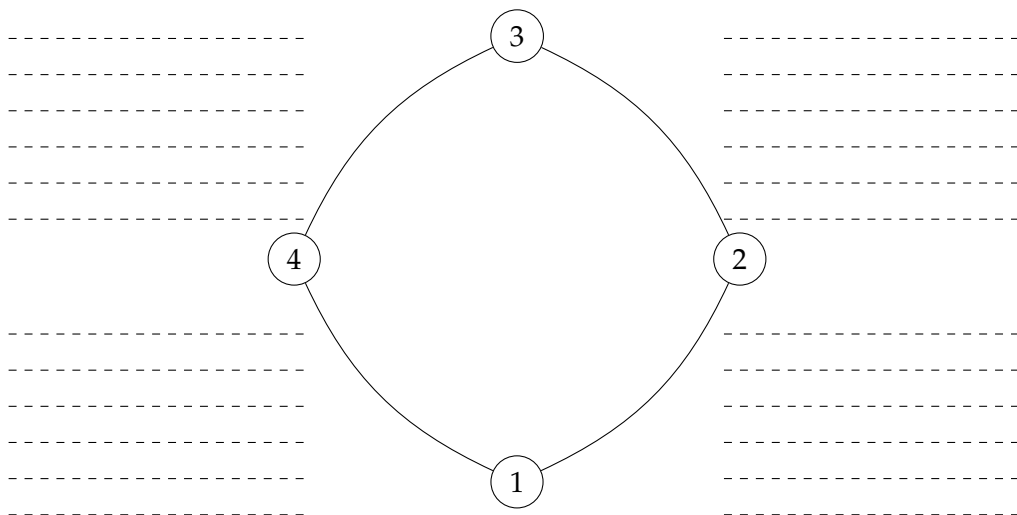


FIGURE 5 – Graphe à compléter