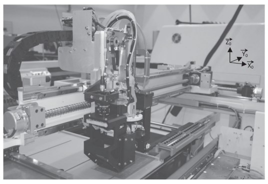
Activation



Activation – Système de dépose de composants électroniques

Émilien Durif – E3A PSI 2011

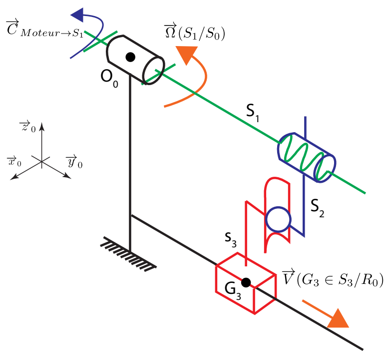
Savoirs et compétences :

Le système étudié permet de déposer automatiquement des composants électroniques sur un circuit. On s'intéresse ici à la modélisation d'un seul axe (selon la direction notée $\overrightarrow{y_0}$). actionné par un moteur électrique et utilisant un mécanisme de transformation de mouvement.

Hypothèses :

- le référentiel associé au repère $R_0 = \left(O_0; \overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{z_0}\right)$ est supposé galiléen;
- les solides seront supposés indéformables;
- on notera J_1 le moment d'inertie du solide 1 selon l'axe $\left(O_0, \overrightarrow{y_0}\right)$: $J_1 = I_{\left(O_0, \overrightarrow{y_0}\right)}(S_1)$;
- on note M_3 et G_3 respectivement la masse et le centre d'inertie du solide S_3;
- la position de G_3 est définie par $\overrightarrow{O_0G_3} = x\,\overrightarrow{x_0} + y\,\overrightarrow{y_0} + z\,\overrightarrow{z_0}$
- les liaisons sont supposées parfaites (sans jeu ni frottement).

Le système est modélisé par le schéma cinématique ci-dessous :



On note :

- S_0 : poutre transversale considérée comme fixe par rapport au bâti;
- S_1 : vis à billes (hélice à droite) de pas $p = 20\,\text{mm}$;
- S_2 : écrou de la vis à billes;
- S_3 : chariot supportant la tête de dépose (masse M_3).

On donne les caractéristiques du moteur entraînant l'axe et la vis S_1 :

- moment d'inertie du moteur suivant l'axe $\overrightarrow{y_0}$: $I_m = 1.6\,10^{-4}\text{kg}\,\text{m}^2$;
- moment d'inertie de la vis à billes suivant l'axe $\overrightarrow{y_0}$: $I_v = 2{,}1\,10^{-4}\text{kg m}^2$.

De plus $\overrightarrow{\Omega}(S_1/R_0) = \dot{\theta}(t) \cdot \overrightarrow{y_0}$

Objectif L'objectif de cette étude est de relier les grandeurs liées à l'actionneur du système (moteur) :

- couple transmis à S_1 : $\overrightarrow{C}_{\text{Moteur} \to S_1}$;
- vitesse de rotation de S_1 : $\overrightarrow{\Omega}(S_1/R_0) \cdot \overrightarrow{y}_0 = \dot{\theta}$.

à celles liée à l'effecteur (tête de dépose S_3) :

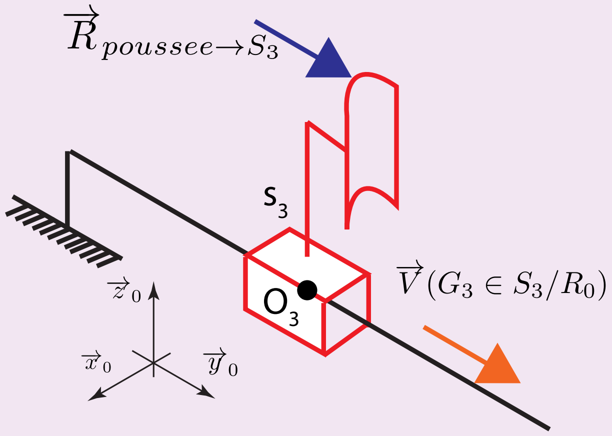
- masse : M_3;
- cinématique de S_3 : $\overrightarrow{\Gamma(G_3 \in S_3/R_0)} \cdot \overrightarrow{y}_0 = \ddot{y}$.

Question 1 *Réaliser le graphe de structure associé au mécanisme.*

Question 2 *Proposer une stratégie pour répondre à l'objectif.*

Question 3 *Déterminer la relation entre l'effort de poussée dans la liaison linéaire annulaire et l'accélération du chariot.*

Correction On connaît la masse M_3 de la tête de dépose et on cherche l'effort ($\overrightarrow{R}_{\text{poussée}\rightarrow S_3}$) de poussée que doit fournir l'actionneur pour obtenir l'accélération souhaitée.



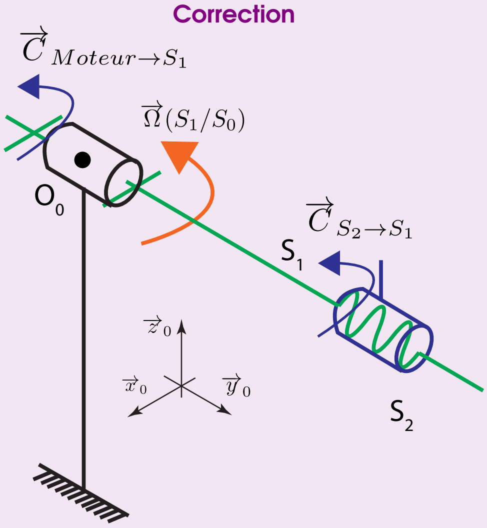
On utilise le théorème de la résultante dynamique en projection sur $\overrightarrow{y_0}$. On obtient : $M_3\overrightarrow{\Gamma(G_3 \in 3/R_0)} \cdot \overrightarrow{y_0} = \sum \overrightarrow{R}_{\text{ext}\rightarrow S_3} \cdot \overrightarrow{y_0}$.

Au final $M_3 \cdot \ddot{y} = Y_{23}$.

Application numérique : détermination de $R_{\text{poussée}\rightarrow S_3}$ pour obtenir une accélération de $4\,\text{m/s}^2$: $R_{\text{poussée}\rightarrow S_3} = 20 \times 4 = 80\,\text{N}$.

Question 4 *Déterminer la relation entre le couple moteur et le couple transmis dans la liaison hélicoïdale.*

Correction



Détermination des caractéristiques maximales :

On se place de la cas le plus limite (Couple maximal, accélération angulaire constante pour atteindre la fréquence de rotation maximale en $t_a = 0.2\,\text{s}$) Déterminer le couple résistant maximal que le moteur peut équilibrer dynamiquement ($C_{S_2\rightarrow S_1}$) :

En appliquant un théorème du moment dynamique à S_1 selon $\left(O_0, \overrightarrow{y_0}\right)$: $(I_m + I_v)\cdot\ddot{\theta} = C_{\max} + C_{S_2\rightarrow S_1}$.

On obtient alors : $C_{S_2\rightarrow S_1} = (I_m + I_v)\cdot\ddot{\theta}_{\max} - C_{\max} = (I_m + I_v)\cdot\frac{N_m\times 2\cdot\pi}{60\cdot t_a} - C_{\max} = -20\,\text{Nm}$.

Question 5 *Donner la relation entre le couple transmis par la liaison hélicoïdale et l'effort axial.*

Correction On a : $M_{12} = Y_{12}\dfrac{\text{pas}}{2\pi}$.

Question 6 *Déterminer la relation entre l'effort axial dans la liaison hélicoïdale et l'effort de poussée dans la liaison sphère – cylindre.*

Correction On isole S_2, soumis aux actions mécaniques de S_3 et S_1. La masse de S_2 est négligée. On applique le TRD suivant $\overrightarrow{y_0}$ et on a :

$$Y_{32} + Y_{12} = 0 \Longleftrightarrow Y_{23} = Y_{12}$$

Question 7 *Quel doit être le couple moteur pour déplacer le chariot S_3 ?*

Correction On a :

- $M_{12} = Y_{12}\dfrac{\text{pas}}{2\pi} \Longleftrightarrow M_{21} = -Y_{12}\dfrac{\text{pas}}{2\pi}$;
- $Y_{23} = Y_{12}$;
- $(I_m + I_v)\cdot\ddot{\theta} = C_{\max} + M_{21}$;
- $M_3 \cdot \ddot{y} = Y_{23}$.

On a donc $C_{\max} = (I_m + I_v)\cdot\ddot{\theta} + M_3\ddot{y}\dfrac{\text{pas}}{2\pi}$

Le cahier des charges impose les performances dynamiques suivantes :

- l'accélération minimale de l'axe transversal est de $21\,\text{m}\,\text{s}^{-2}$;
- la vitesse minimale pour respecter la cadence souhaitée est de $7\,\text{m}\,\text{s}^{-1}$;
- la course de l'axe est de 2 m.

La loi de commande est une loi en trapèze de vitesse.

Question 8 *Donner les caractéristiques dynamiques que doit respecter le moteur.*

Correction Avec un pas de 20 mm, $\dot{\theta} = \dot{y}\dfrac{2\pi}{\text{pas}}$ et $\ddot{\theta} = \ddot{y}\dfrac{2\pi}{\text{pas}}$.

AN : $\dot{\theta} = 7\cdot 2\pi/2010^3 = 2200\,\text{rad}\,\text{s}^{-1} = 230\,\text{tr}\,\text{min}^{-1}$ et $\ddot{\theta} = 21\cdot 2\pi/2010^3 = 6600\,\text{rad}\,\text{s}^{-2}$.

Question 9 *Quel est le temps nécessaire pour parcourir la course de la machine ? Commenter.*

Correction

- Temps d'accélération pour atteindre la vitesse maximale : $V_m = a_m T_a \Longleftrightarrow T_a = \dfrac{V_m}{a_m} = 0.33\,\text{s}$.
- Distance parcourue : $\dfrac{1}{2}T_a V_m = 1.17\,\text{m}$.

En conséquence, la course de la machine ne permet pas d'atteindre la vitesse maximale.

Temps pour parcourir 1 m : $\dfrac{1}{2}a_m T_a^2 = 1 \Rightarrow T_a = \dfrac{2}{21} = 0.309\,\text{s}$. Temps pour parcourir la course : 0.62 m.

Question 10 *Quel est le couple que doit fournir le moteur pour déplacer le chariot dans le « pire des cas » ?*

Correction