

# AMÉLIORATION DES PERFORMANCES DES SLCI

## ROBOT DELTA

### 1 Présentation

On s'intéresse aux performances d'un axe de rotation d'une pince de robot *Delta* dont on donne ci-dessous une description structurelle ainsi qu'un extrait du cahier des charges fonctionnel.

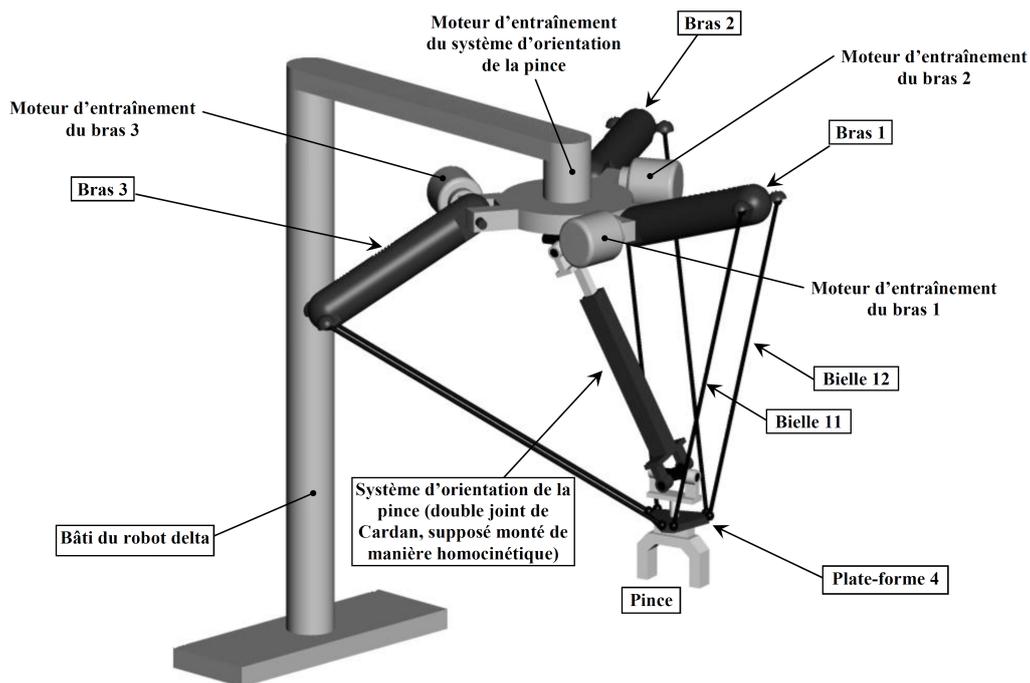


FIGURE 1 – Robot Delta

Le servo-entraînement met en rotation un arbre télescopique muni à chacune de ses extrémités d'un joint de Cardan. Le mouvement d'orientation de la pince est indépendant des mouvements de la plate-forme 4. Afin d'assurer un bon positionnement angulaire de la pince  $P$ , la commande est asservie de la façon suivante :

- la consigne de position  $\theta_{PC}$ , entrée par l'utilisateur grâce à une interface graphique (lors des réglages) ou imposée par la partie commande (lors des cycles de travail), est transformée en une tension  $v_{PC}$  grâce à un convertisseur qui sera assimilé à un système de gain pur  $K_c$  ;

- la vitesse de rotation  $\omega_M$  et l'angle de rotation  $\theta_M$  de l'arbre moteur sont mesurés par un codeur incrémental monté directement sur l'arbre moteur qui délivre une information numérique. Celle-ci est alors transformée par une carte de conversion numérique analogique (CNA) supposée linéaire en deux tensions  $v_\omega$  et  $v_\theta$  telles que  $v_\omega = K_\omega \omega_M$  et  $v_\theta = K_\theta \theta_M$  ;
- la tension  $v_\theta$  est soustraite à la tension  $v_{PC}$  pour donner la tension  $\varepsilon_P$  ;
- la tension  $\varepsilon_P$  est modifiée par un correcteur de fonction de transfert  $C(p)$  pour donner la tension  $\varepsilon_{VP}$  ;
- la tension  $v_\omega$  est soustraite à la tension  $\varepsilon_{VP}$  en sortie du correcteur pour donner la tension  $\varepsilon_V$  ;
- la tension  $\varepsilon_V$  est amplifiée par un amplificateur de gain pur  $G$  pour donner la tension d'alimentation du moteur  $u_M$  ;
- le moteur tourne à la vitesse angulaire  $\omega_M$  telle que  $\Omega_M(p) = M(p)U_M(p)$  ;
- la rotation  $\theta_{EC}$  de la pièce d'entrée du double-joint de Cardan est telle que  $\theta_{EC} = \lambda \theta_M$ , grâce au réducteur de vitesse fixé sur l'arbre moteur ;
- le double-joint de Cardan est homocinétique et à pour fonction de transfert  $R(p)=1$  (l'entrée est l'angle  $\theta_{EC}$ , et la sortie  $\theta_{SC} = \theta_P$  où  $\theta_P$  est la rotation de la pince fixée sur la pièce de sortie du double-joint de Cardan).

On donne :  $\lambda = 0,2$  ;  $K_\theta = 0,01 \text{ V} \cdot \text{rad}^{-1}$  ;  $K_\omega = 6 \text{ V}/1000 \text{ tr}/\text{min}$ .

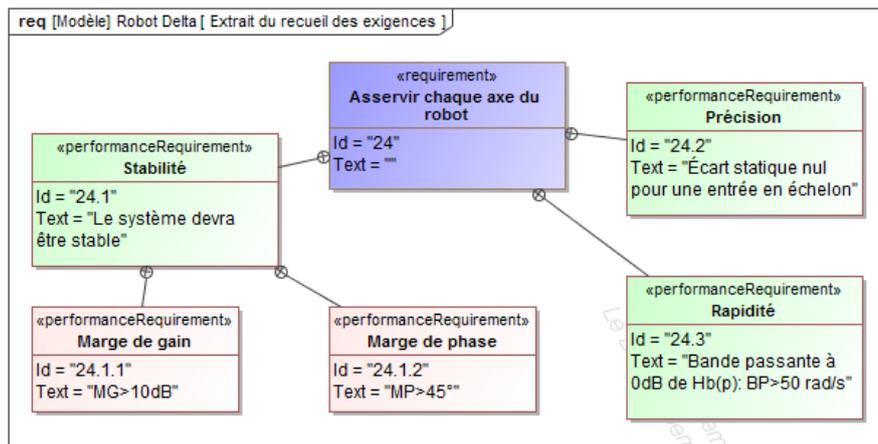


FIGURE 2 – Extrait du recueil des exigences

## Objectif

L'objectif de cette activité est de vérifier dans un premier temps si le système respecte le cahier des charges, et, le cas échéant, de régler le correcteur adéquat.

## 2 Travail demandé

**Question 1** Réaliser le schéma-blocs de l'asservissement de l'axe d'orientation.

**Question 2** Déterminer la relation entre  $K_C$ ,  $K_\theta$  et  $\lambda$  pour obtenir un fonctionnement précis en régime permanent, de façon à annuler l'écart  $\varepsilon_P$  quand la position angulaire en sortie  $\theta_P$  et la position de consigne  $\theta_{PC}$  sont égales.

Les équations qui modélisent le moteur sont les suivantes :

$$u_M(t) = e(t) + R_I i(t) + L_I \frac{di(t)}{dt} \quad e(t) = K_E \omega_M(t) \quad J \frac{d\omega_M(t)}{dt} = C_M(t) \quad C_M(t) = K_T i(t)$$

avec :

- $K_E$ , constante de force électromotrice,  $K_E = 14,3 \text{ V}/1000 \text{ tr}/\text{min}$  ;
- $K_T$ , constante de couple,  $K_T = 0,137 \text{ N.m}/\text{A}$  ;
- $R_I$ , résistance de l'induit,  $R_I = 1 \Omega$  ;
- $L_I$ , inductance de l'induit,  $L_I = 1,65 \text{ mH}$  ;
- $J$ , moment d'inertie du rotor + de la charge entraînée ramenée à l'axe de rotation du moteur,  $J = 12 \cdot 10^{-5} \text{ kg.m}^2$  ;

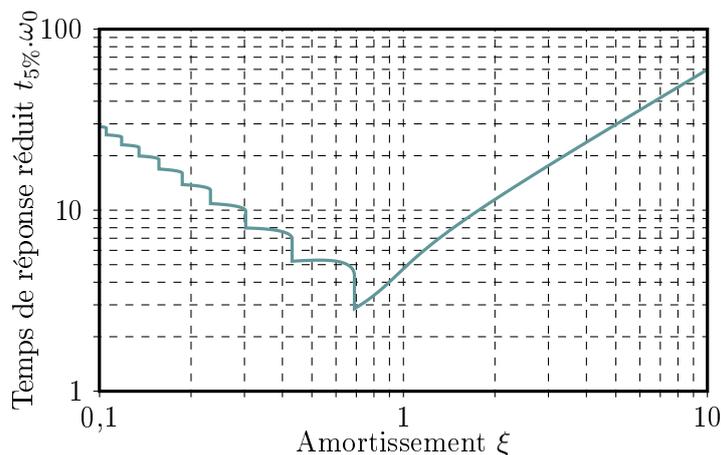
**Question 3** Déterminer la fonction de transfert du moteur  $M(p)$  telle que  $\Omega_M(p) = M(p)U_M(p)$ .

**Question 4** Déterminer l'expression littérale et la valeur numérique du gain  $G$  de l'amplificateur pour que la boucle tachymétrique présente un temps de réponse à 5% minimal pour une entrée échelon. Quel est alors le temps de réponse à 5% ?

Avec la valeur de  $G$  trouvé précédemment, on a calculé la fonction de transfert de boucle ouverte  $H_B(p)$  pour l'asservissement de position telle que :

$$H_B(p) = \frac{V_\theta(p)}{\varepsilon_P(p)} = C(p) \frac{88}{p(1000 + 3,2p + 5,3 \cdot 10^{-3}p^2)}$$

**Question 5** On considère pour l'instant que le système n'est pas corrigé, donc  $C(p) = 1$ . Tracer le diagramme de Bode asymptotique en gain et en phase de la fonction de transfert  $H_B(p)$  du système non corrigé, et préciser les valeurs des pulsations pour lesquelles le gain est nul ( $\omega_{0dB}$ ) et lorsque la phase vaut  $-180^\circ$  ( $\omega_{-180}$ ).



Pour la fin de l'étude, les courbes de gain et de phase seront assimilées à leur tracé asymptotique.

**Question 6** Déterminer les valeurs des marges de phase  $M_\varphi$  et de gain  $M_G$ , et la bande passante à 0dB, notée  $BP_{0dB}$  de la fonction de transfert  $H_B(p)$ . Conclure quant au respect du cahier des charges.

**Question 7** On utilise une action proportionnelle  $C(p) = C_0$ . Justifier qu'un tel correcteur sera suffisant a priori. Déterminer la valeur de  $C_0$  qui permet de vérifier l'ensemble des critères de performances du cahier des charges.