



EVALUATION ET AMÉLIORATION DES PERFORMANCES DES SLCI

TD

Professeur: YASSINE FARTOUH

v1.1

CPGE - MARRAKECH

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 structurale ainsi qu'un extrait du cahier des charges fonctionnel.

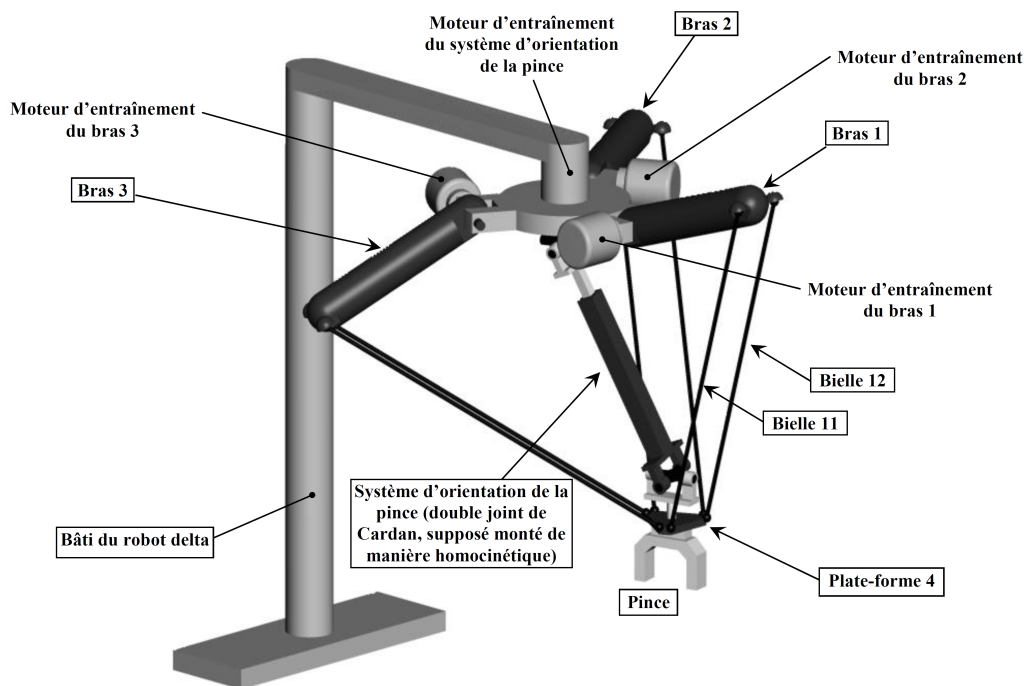


FIGURE 1 – Robot Delta

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 θ_{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 ω_M et l'angle de rotation θ_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_ω et v_θ telles que $v_\omega = K_\omega \omega_M$ et $v_\theta = K_\theta \theta_M$;
- la tension v_θ est soustraite à la tension v_{PC} pour donner la tension ε_P ;
- la tension ε_P est modifiée par un correcteur de fonction de transfert $C(p)$ pour donner la tension ε_{VP} ;
- la tension v_ω est soustraite à la tension ε_{VP} en sortie du correcteur pour donner la tension ε_V ;
- la tension ε_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 ω_M telle que $\Omega_M(p) = M(p)U_M(p)$;
- la rotation θ_{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 θ_{EC} , et la sortie $\theta_{SC} = \theta_P$ où θ_P est la rotation de la pince fixée sur la pièce de sortie du double-joint de Cardan).

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

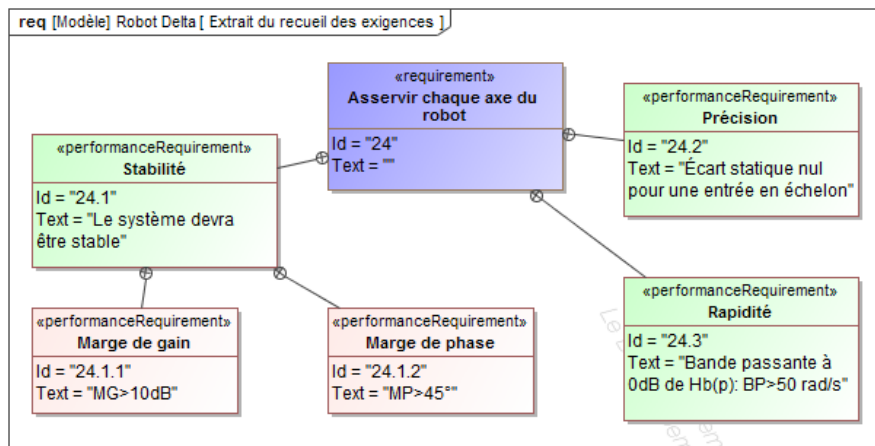


FIGURE 2 – Extrait du recueil des exigences

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_θ et λ pour obtenir un fonctionnement précis en régime permanent, de façon à annuler l'écart ε_P quand la position angulaire en sortie θ_P et la position de consigne θ_{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, $K_E = 14,3 \text{ V}/1000 \text{ tr/min}$;
- K_T , constante de couple, $K_T = 0,137 \text{ N.m/A}$;
- 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, $J = 12 \cdot 10^{-5} \text{ kg.m}^2$;

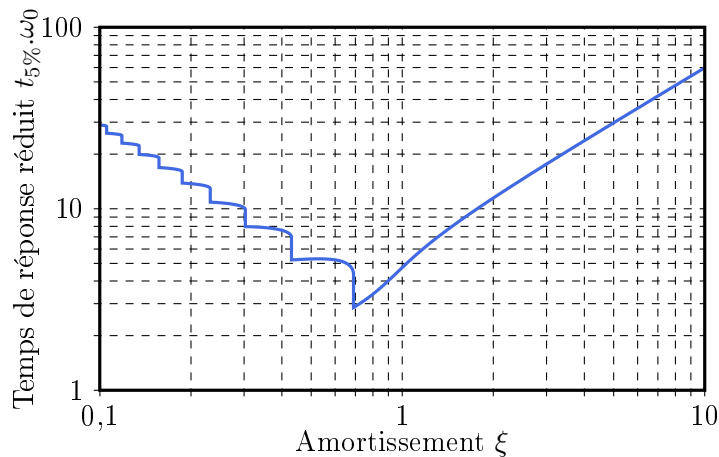
Question 3 Déterminer la fonction de transfert du moteur $M(p)$ telle que $\Omega_M(p) = M(p)U_M(p)$.

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 $H_B(p)$



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_φ et de gain M_G , et la bande passante à 0 dB, 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.