UNIVERSITÉ PAUL SABATIER — FSI

TRAVAUX DIRIGÉS D'AUTOMATIQUE — 1A SRI

TD3 :PERFORMANCES D'UN SYSTEME ASSERVI
ÉTUDE DES PERTURBATIONS
COMMANDE PROPORTIONNELLE

On considère le bras manipulateur à six liaisons rotoïdes représenté sur la figure 1.

FIGURE 1 – Robot Staübli RX170L

On souhaite réaliser une tâche consistant à manipuler des produits finis sur une chaîne de montage dans le but de les déplacer vers une zone de stockage. Il s'agit pour le robot de se placer au dessus de chaque objet, de le saisir et de le déplacer jusqu'à la zone de stockage où il le dépose. Dans la première et la dernière phase de ce type de tâche, l'effecteur du robot (et donc chaque liaison !) doit être positionné très précisément. Ces dernières étant actionnées par un moteur à courant continu, celui-ci doit être commandé de manière à ce que la liaison correspondante soit correctement positionnée. Le schéma de principe de l'asservissement de position d'un seul axe est proposé sur la figure 2.

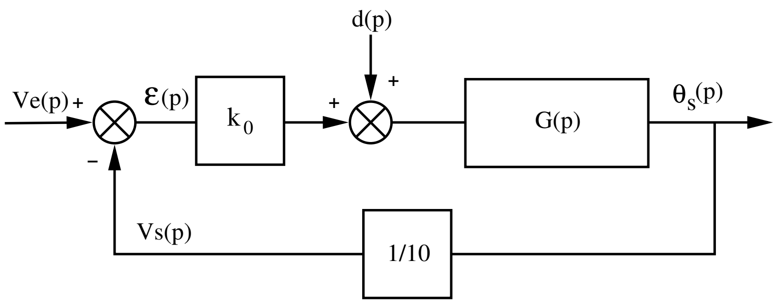

FIGURE 2 – Asservissement de position

Après une étape de modélisation, on montre que le moteur est caractérisé par la fonction de transfert suivante :

$$G(p) = \frac{10}{p(1 + 0.25p)}$$

On note $V_e(p) = \mathcal{L}\{v_e(t)\}$, $V_s(p) = \mathcal{L}\{v_s(t)\}$, $\Theta_e(p) = \mathcal{L}\{\Theta_e(t)\}$, $\Theta_s(p) = \mathcal{L}\{\Theta_s(t)\}$, $\varepsilon(p) = \mathcal{L}\{\varepsilon(t)\}$, $d(p) = \mathcal{L}\{d(t)\}$ où :

- $v_e(t)$ désigne une tension proportionnelle à la consigne de position angulaire $\theta_e(t)$. $\theta_e(t)$ doit être fixée de telle sorte que la tâche robotique soit parfaitement réalisée. Les choix $\theta_e(t) = \theta_e^0\, \mathcal{U}(t)$ (ou de manière équivalente $v_e(t) = e_0\, \mathcal{U}(t)$) et $\theta_e(t) = \theta_e^0\, t\, \mathcal{U}(t)$ (ou encore $v_e(t) = A\, t\, \mathcal{U}(t)$) correspondent respectivement au positionnement de l'effecteur par rapport à un objet fixe et au suivi d'un objet mobile.
- $\theta_s(t)$ correspond à la position angulaire de l'arbre moteur ;
- $v_s(t)$ est la tension proportionnelle à $\theta_s(t)$ délivrée par le potentiomètre placé dans la chaîne de retour ;
- l'entrée secondaire $d(t)$ représente une perturbation additive sur la tension d'entrée du moteur.
- $\varepsilon(t) = v_e(t) - v_s(t)$ correspond à l'erreur **exprimée en volts** entre la tension de référence v_e et la tension v_s proportionnelle à l'angle θ_s.

Enfin, $\varepsilon(+\infty)$ désigne la limite $\lim\limits_{t\to+\infty} \varepsilon(t)$, et $\mathcal{U}(t)$ la fonction échelon unité.

I. Modélisation : Montrer que $\varepsilon(p) = V_e(p) - V_s(p)$ peut s'écrire sous la forme $\varepsilon(p) = \varepsilon_1(p) + \varepsilon_2(p)$, où $\varepsilon_1(p)$ est une fonction de l'entrée principale $V_e(p)$, et $\varepsilon_2(p)$ est une fonction de la perturbation $d(p)$.

II. Cahier des charges : Précision : On suppose momentanément que la perturbation $d(t)$ est absente.

1. Déterminer sans calcul $\varepsilon(+\infty) = \varepsilon_1(+\infty)$ lorsque $v_e(t) = e_0\, \mathcal{U}(t)$.
2. On souhaite contrôler la précision en vitesse ($v_e(t) = A\, t\, \mathcal{U}(t)$). D'après vos connaissances en matières de synthèses de loi de commande, proposer et justifier une loi qui permettent de satisfaire ce cahier des charges.
3. Calculer le gain k_0 tel que $\varepsilon(+\infty) = \frac{A}{10}$ lorsque l'asservissement est soumis à l'entrée $v_e(t) = A\, t\, \mathcal{U}(t)$; *ce réglage du gain k_0 sera conservé dans les questions suivantes.*
4. Quelles sont les conséquences d'un point de vue stabilité de l'asservissement ? Montrer par un simple calcul les nouveaux pôles de la fonction de transfert en boucle fermée en fonction du gain k_0.
5. Quelles sont les conséquences d'un point de vue caractéristiques du régime transitoire (lorsque $v_e(t) = e_0\, \mathcal{U}(t)$) ? Montrer par un simple calcul les caractéristiques en fonction du gain k_0.
6. Pour confirmer vos deux réponses précédentes, on se propose de construire l'allure du lieu des pôles en boucle fermée (dit aussi Lieu d'Evans). A partir de l'annexe du TD1, construire le tracé du lieu d'Evans. Pour différentes valeurs du gain k_0, évaluer les pôles de l'asservissement et le comportement en régime transitoire.
7. La tâche robotique est-elle correctement réalisée ?

III. Cahier des charges : Précision : La perturbation est maintenant de la forme $d(p) = \frac{d_0}{p}$, avec $d_0 = 0.1$ Volts.

1. Établir l'expression de $\varepsilon_2(+\infty)$ ainsi que la nouvelle valeur de $\varepsilon(+\infty)$ lorsque $v_e(t) = e_0\, \mathcal{U}(t)$.
2. La tâche est-elle maintenant correctement réalisée ?

IV. Cahier des charges : Précision : On rajoute un bloc de fonction de transfert $K(1 + \frac{1}{T_i p})$ entre le détecteur d'écart et le gain k_0 avec $K = 1$ et $T_i = 100$ s.

1. Que devient $\varepsilon_2(+\infty)$?
2. Comment évolue cette valeur avec K ? avec T_i ?