Classe de problèmes SLCI-2

Modéliser les systèmes linéaires continus invariants

Identifier et caractériser le système

Pensez à enregistrer vos documents dans le répertoire (Travail/TP-PCSI-2).

1 Expériences

Sur la façade de la maquette, vérifier que l'interrupteur " mesure " est fermé et que le bouton " coup de poing " n'est pas enfoncé. Basculer le bouton de mise sous tension sur la face gauche.

Lancer le programme " Maxpid " . Cliquer sur le bouton " continuer ". Vérifier que le voyant " asservi " est au rouge sinon mettre la " connexion " sur " on " et établir la connexion. Charger les valeurs par défaut du correcteur " PID " puis étalonner le capteur de position.

1.1 Schéma bloc du système

Choisir la commande " Travailler avec Maxpid " puis " Schéma organique animé ".

On observe les éléments habituels d'une chaîne asservie : entrée, sortie, carte de commande (commande et préactionneur), actionneur, effecteur et capteur. La carte de commande élabore le courant d'alimentation du moteur à partir de l'écart entre la consigne d'entrée et la mesure de la position angulaire du bras.

Q - 1 : *Envoyer une consigne de position pour placer le bras à 45° (utiliser un échelon). Essayez de manipuler le bras de l'extérieur avec un outil adapté. Que constatez-vous ? En particulier, que font l'entrée et la sortie ? Pourquoi ?*

Q - 2 : *Donner la fonction globale de ce système asservi.*

Q - 3 : *Que se passerait-il si on ouvrait l'interrupteur " mesure " situé sur la façade de la machine ? Quel est le risque ?*

1.2 Réponse à une consigne de position

Revenir au menu précédent. Choisir la commande " Travailler avec Maxpid " puis " Réponse à une sollicitation ".

1.2.1 Consigne de position en échelon

Amener le bras à 30°. Envoyer une consigne de position en échelon pour amener le bras à 60°. On demandera à visualiser la consigne et la réponse (position) sur une durée de 0.5 s . Imprimer la courbe affichée.

Q - 4 : *Relever le temps de réponse à 5% (temps pour atteindre 95% du déplacement).*

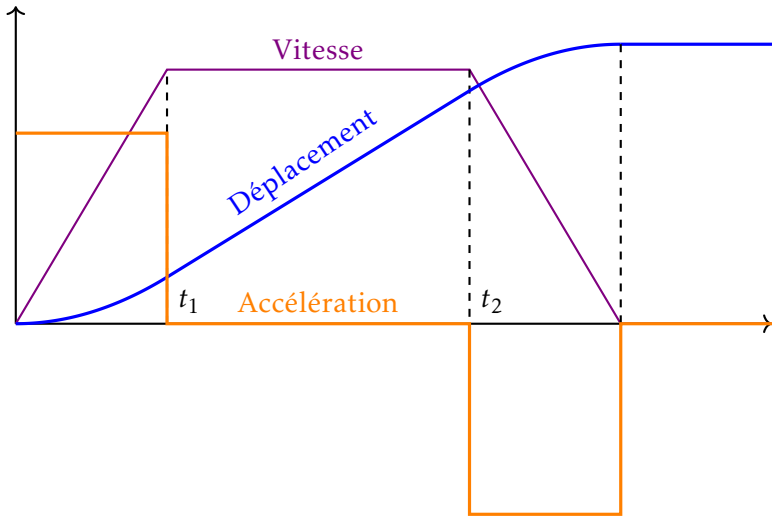
Q - 5 : *Relever la valeur du dépassement.*

Q - 6 : *Relever l'erreur statique sur le déplacement (écart entre le réel et la consigne)*

Q - 7 : *Après un instant t_1 la courbe devient rectiligne. Quelle est alors la particularité de la vitesse de rotation du bras (on notera cette vitesse angulaire) ? Que peut-on dire du moteur ? Relever la valeur de cette vitesse.*

1.2.2 Consigne de position avec trapèze de vitesse

Une consigne en trapèze de vitesse permet un déplacement à accélération constante suivi d'un déplacement à vitesse constante, suivi d'un déplacement à décélération constante.



Envoyer une consigne de position avec trapèze de vitesse pour amener le bras à 60° (depuis 30°). On demandera à visualiser la consigne et la réponse sur une durée de 0.8 s .

Q - 8 : *Identifier sur la courbe les trois zones décrites précédemment.*

Q - 9 : *Relever le temps de réponse à 5% (temps pour atteindre 95% du déplacement).*

Q - 10 : *Relever l'erreur statique sur le déplacement (écart entre le réel et la consigne).*

Q - 11 : *Le déplacement à vitesse constante se fait entre les instants t_1 et t_2 . On atteint la consigne à l'instant $t_2 + t_1$. On appelle θ l'angle d'inclinaison, θ_0 l'angle initial et α l'accélération angulaire. Pour chaque zone exprimer $\dot{\theta}$ et θ en fonction du temps t, de α , de θ_0 et des t_i.*

Q - 12 : *Quelle est l'expression de θ pour $t = t_1 + t_2$?*

Q - 13 : *A partir de relevés sur la courbe déterminer la valeur de $\dot{\theta}$ dans la zone de déplacement à vitesse constante et en déduire la valeur de α. Calculer alors la valeur de θ à $t = t_2 + t_1$. Comparer avec la valeur réelle.*

Q - 14 : *Tracer sur la même feuille que la réponse la courbe de consigne de vitesse. Refaire un relevé identique mais en demandant d'afficher la vitesse de l'axe. Imprimer. Comparer avec votre détermination. Commenter.*

1.2.3 Comparaison des deux types de consigne

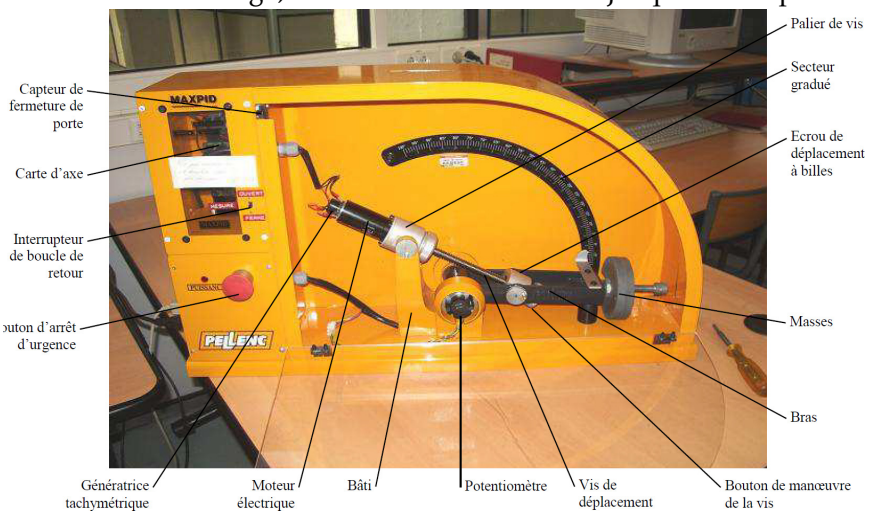
Q - 15 : *Comparer les temps de réponse, les erreurs statiques, les vitesses de rotation et commenter en précisant les avantages et inconvénients de chaque consigne.*

2 Identification en réponse à un échelon

On prendra $K_p = 20$. On cochera les courbes "consigne " et "position " .

Q - 16 : *Solliciter le système par un échelon de 30° à partir de la position 20°. Cliquer sur la fonction commentaires pour relever le temps de réponse et l'écart statique. Imprimer la courbe et représenter dessus le temps de réponse et l'écart statique.*

Attention ! S'il y a un retard au démarrage, recommencer la mesure jusqu'a sa disparition :



Q - 17 : *Enregistrer les mesures sous Excel dans le répertoire travail.*

3 Identification a un modèle du premier ordre

On se propose dans un premier temps de modéliser le comportement observé par une fonction de transfert du 1er ordre.

Q - 18 : *Justifier ce choix.*

On pose alors : $\text{FTBF}(p) = \dfrac{\Omega(p)}{\Omega_c(p} = \dfrac{K_1}{1 + T.p}$

La consigne est de type échelon : $\Theta_c(p) = \dfrac{\theta_0}{p}$.

Q - 19 : *Donnez la réponse temporelle du système $\theta_c(t)$.*

Q - 20 : *Démontrez, par la méthode de votre choix, que :* $K_1 = \dfrac{\theta_f}{\theta_0}$ *avec θ_f, la valeur finale. Précisez l'unité de K_1.*

Q - 21 : *A partir de l'impression, déterminez K_1 et T_1, vous expliquerez votre démarche.*

Q - 22 : *Ouvrez un fichier intitulé "Maxpid-ordre-1.xlsx ".*

Il permettra de superposer le tracé expérimental, et le tracé théorique : On pourra y renseigner K_1 et T_1. A l'ouverture, des valeurs aléatoires remplissent les cases correspondantes. La colonne B représente le temps, la colonne C, la réponse théorique d'un système du premier ordre à un échelon (à compléter).

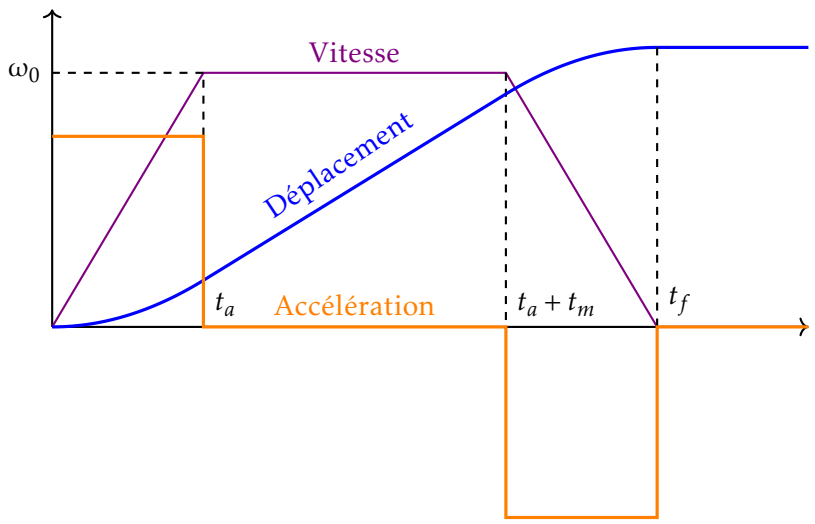
Q - 23 : *Copiez les valeurs de la réponse expérimentale issues des questions précédentes dans la colonne D, en ayant au préalable rendu les conditions initiales nulles par changement de variable sous Excel.*

Les échelles de temps entre théorie et mesure correspondent, ou doivent correspondre.

Q - 24 : *Superposez sur un même graphe les réponses théoriques et expérimentales, recherchez les valeurs de* T_1 *et* K_1 *qui assurent la meilleur approximation qu'il soit possible d'atteindre.*

4 Validation du premier ordre avec une rampe en consigne

L'échelon n'est pas la seule consigne imposable : on y trouve la consigne en trapèze de vitesse. Il s'agit de commander l'axe Maxpid avec une consigne de vitesse de rotation définie par morceau comme l'indique la figure suivante :



- **Phase 1 :** C'est une phase d'accélération constante, on note a cette accélération. La phase d'accélération dure un certain instant, note t_a, jusqu'à ce que la vitesse ait atteint une valeur ω_0.
- **Phase 2 :** Cette vitesse est maintenue durant un certain temps de maintien note t_m.
- **Phase 3 :** C'est une phase de décélération constante de valeur $-a$. On note t_f la durée totale de la commande.

Les paramètres a et ω_0 sont fixés par l'utilisateur. Il faut également choisir l'amplitude du déplacement, en degré. Ce dernier impose le temps de commande t_f.

Q - 25 : *Lancez une sollicitation de 40 ° à partir de la position de 20°. Pour cela vous choisirez "trapèze de vitesse " . Il faudra, dans "PID " choisir l'accélération (a=40rad.s^{-2}) et la vitesse (ω_0 = 3 rad/s). A partir de l'essai justifiez (mathématiquement) l'allure de la consigne de position.*

Au bout de t_f secondes, le bras Maxpid est en position finale. On note A l'amplitude du mouvement.

Q - 26 : *Exprimez* $\theta(t_f) = A$ *en fonction de* t_m, a, *et* ω_0.

Q - 27 : *Donnez la valeur numérique de* t_m *pour les valeurs des paramètres mentionnées plus haut. Comparez* t_m *à* t_a. *Justifiez alors qu'on puisse assimiler la consigne de position à une rampe de pente* ω_0 *en phase de mouvement.*

On note la fonction de transfert approximant le comportement du bras Maxpid :

$$\text{FTBF}(p) = \frac{\Omega(p)}{\Omega_c(p)} = \frac{K_2}{1 + T_2.p}$$

On sollicite le système par une rampe : $\theta_c(t) = \omega_0.t.u(t)$

Q - 28 : *Démontrez que dans ces conditions :* $\theta(t) = K_2.\omega_0.\left(t + T_2.\left(e^{-t/T_2} - 1\right)\right).u(t)$.

Q - 29 : *En suivant la même démarche que celle suivie précédement pour l'échelon, ouvrez un fichier intitulé "Maxpid-rampe.xlsx " et trouvez les valeurs de* K_2 *et* T_2 *qui offrent la meilleure approximation possible.*

Q - 30 : *Pour chaque modèle obtenu, donnez la courbe des écarts entre réponse mesurée et réponse théorique. Commentez et interprétez.*