

Génie électrique

Devoir Surveillé : N°1

Dans le cas où un(e) étudiant(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

- L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire est rigoureusement interdit.
- Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des explications entreront pour une part importante dans l'appréciation des copies.

Asservissement en position d'un bras automatisé pour robot de traite

I. Présentation

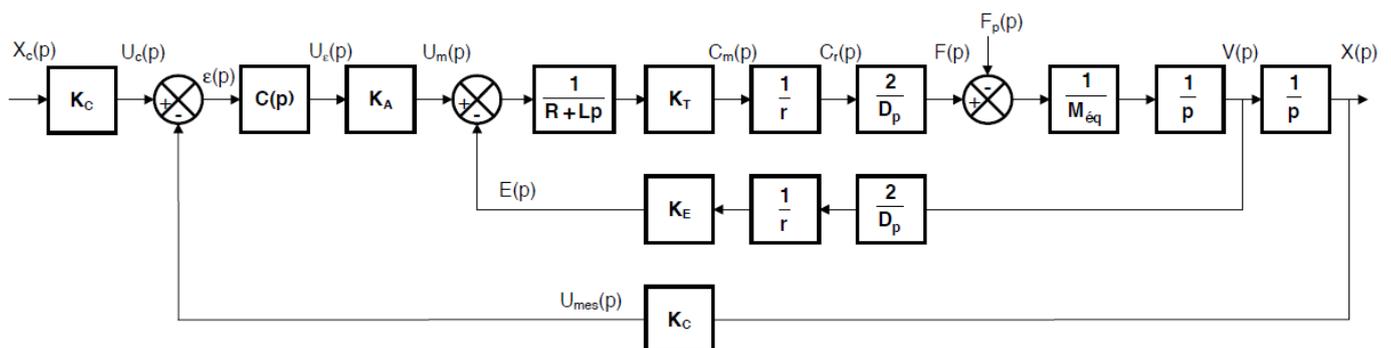
Le robot est composé :

- D'une zone (box où la vache est installée lors de la traite) composée d'une structure tubulaire mécano-soudée, équipée de deux portes (entrée et sortie), d'un tapis de pesée et d'une auge réservée à l'alimentation en granulés.
- D'un système de bras articulé, permettant au système de traite de se positionner au mieux pour traire la vache ;
- D'une interface H/M, écran de contrôle tactile, qui permet au personnel agricole d'obtenir des renseignements sur le processus en cours et de gérer d'éventuelles opérations de maintenance.



Un chariot asservi en position permet de déplacer le bras articulé. Il est monté sur des galets qui réalisent la liaison glissière de direction horizontale. L'ensemble est mu par un motoréducteur à courant continu associé à un système de transmission pignon - crémaillère.

La modélisation (schéma - bloc du déplacement du chariot en translation par rapport au bâti) est donnée par la figure suivante :



❖ **Données de la chaîne d'énergie**

- Modulateur d'énergie : gain $K_A = 100$
- Moteur CC : Résistance de l'induit $R = 2,15 \Omega$
Inductance $L = 10 \text{ mH}$
Constante de fém $K_E = 0,08 \text{ V.s.rad}^{-1}$
Constante de couple $K_T = 0,08 \text{ N.m.A}^{-1}$
- Réducteur : réduction $r = \Omega_r / \Omega_m = 1 / 10$
- Pignon-crémaillère : diamètre pignon $D_p = 50 \text{ mm}$.
- Dynamique du chariot dans son mouvement par rapport au bâti : $F(t) - F_p(t) = M_{\text{éq}} \Gamma(\text{chariot/bâti})$
 - $F(t)$ est l'effort transmis pour le déplacement du chariot (en N).
 - $F_p(t)$ est un effort qui représente la perturbation que peut subir le système (en N).
 - $M_{\text{éq}}$ est la masse équivalente (en déplacement) : $M_{\text{éq}} = 50 \text{ kg}$
 - $\Gamma(\text{chariot/bâti})$ est l'accélération du chariot par rapport au bâti (en m.s^{-2}).

❖ **Chaîne d'information :**

- Codeur absolu et CNA : $K_c = 6.4 \text{ V/m}$
- Cahier des charges fonctionnel (CdCF) :

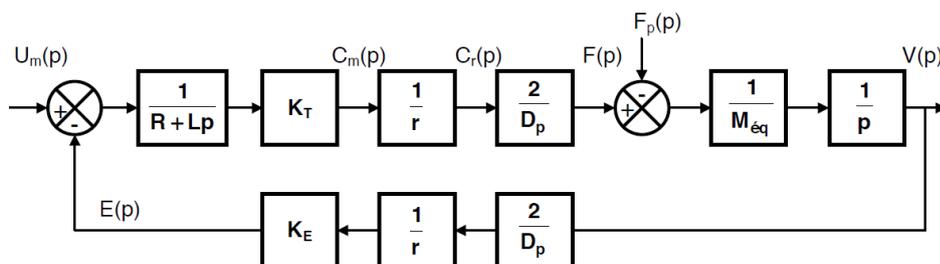
« Asservir en position le bras automatisé » (translation du chariot par rapport au bâti)	Stabilité	$M\phi \geq 60^\circ$
	Précision de positionnement	Ecart statique inférieur à 1 %
	Rapidité	$\text{tr}_5 \% \leq 1 \text{ s}$

Hypothèses de travail :

- Il n'y a pas de perturbation extérieure, donc $F_p(p) = 0$.
- La valeur du correcteur est $C(p) = K$ (correcteur proportionnel).

II. Modélisation du comportement du moteur

Le schéma bloc du moteur est la suivante (à partir de schéma bloc précédente) :



1. Déterminer la fonction de transfert $H(p) = \frac{V(p)}{U_m(p)}$ en fonction des paramètres de l'énoncé.
2. Ecrire la fonction de transfert $H(p)$ sous la forme : $H(p) = \frac{G}{1 + \frac{2m}{\omega_n} p + \frac{1}{\omega_n^2} p^2}$
 - Donner les expressions du facteur d'amortissement z , de la pulsation propre ω_n et le gain G en fonction des paramètres de l'énoncé ;
 - Faire les applications numériques ;

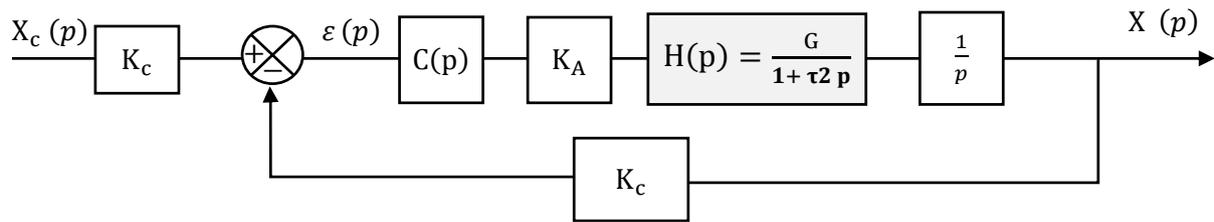
La fonction de transfert peut-être écrire sous la forme suivant après avoir calculé les pôles : $H(p) = \frac{G}{(1 + \tau_1 p)(1 + \tau_2 p)}$ avec

$G = 0,03125, \tau_1 = 0,0049 \text{ s}$ et $\tau_2 = 0,1 \text{ s}$.

3. Quelle(s) hypothèse(s) pouvez-vous faire afin d'assimiler $H(p)$ à un premier ordre ?
Donner alors l'expression de $H(p)$ sous forme littérale et numérique.

III. Stabilité de l'asservissement

Le schéma bloc présenté sur la page 1/3, où le moteur est représenté, est maintenant modifié pour inclure le modèle simplifié mentionné dans la question 3 (modèle de 1^{er} ordre). Le schéma d'asservissement de position devient :



Conseil : simplifier le schéma bloc avant de répondre aux questions !

- On suppose que $C(p) = K = 1$. Exprimer la fonction de transfert en boucle ouverte $Hbo(p)$ de l'asservissement en position.
- À l'aide du document réponse DR (diagrammes de Bode de la FTBO du **système non corrigé** $C(p) = 1$), donner les valeurs des marges de phase et de gain du système. Que pouvez-vous en conclure sur la stabilité ?
- Calculer la valeur de K permettant d'obtenir $M\phi = 60^\circ$. Pour ce faire :
 - Donner la fonction de transfert complexe $Hbo(j\omega)$
 - Calculer leur module $|Hbo(j\omega)|$ et leur argument $Arg[Hbo(j\omega)]$.
 - Calculer la pulsation unitaire $\omega 1$ pour avoir la marge de phase correspondante.
 - Enfin, calculer le gain K qui garantit le module : $|Hbo(j\omega 1)| = 1$

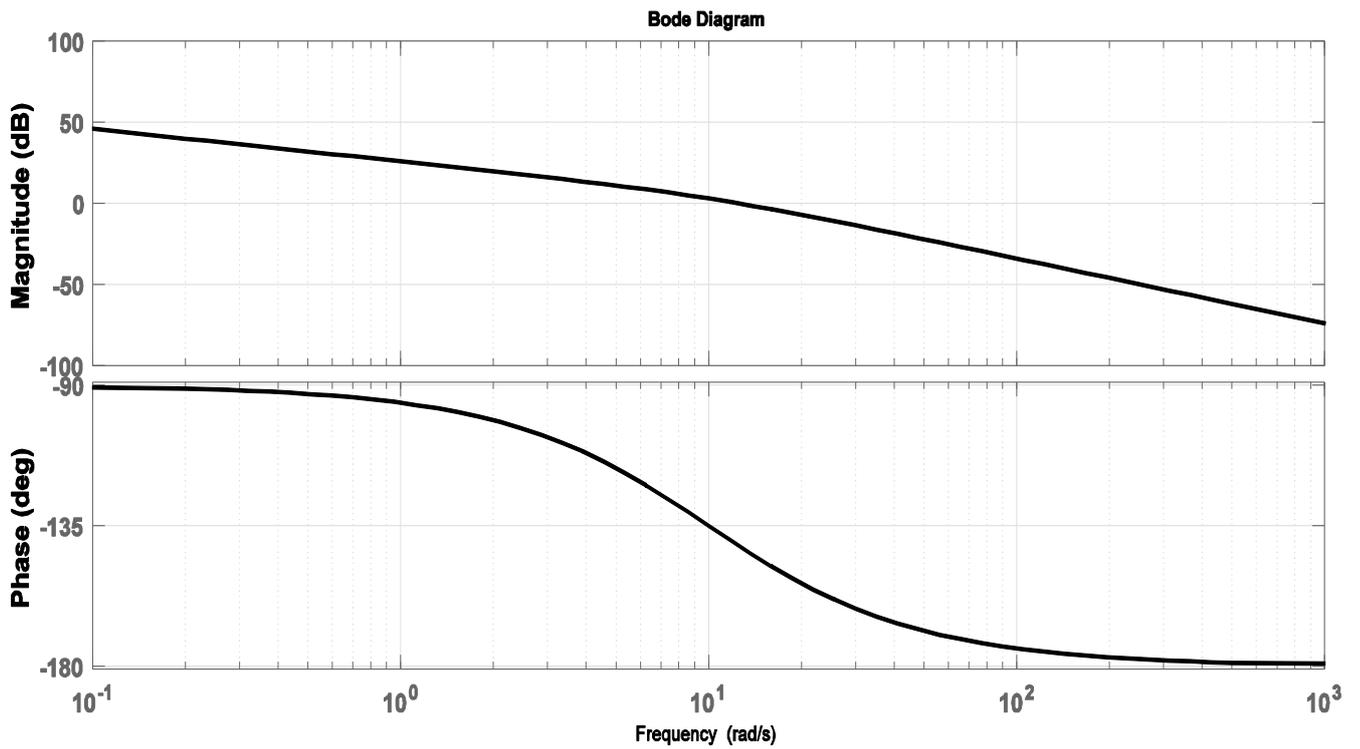
IV. Rapidité et précision de l'asservissement

- Montrer sans calcul que l'erreur statique est nulle. Que peut-on dire de la précision ?
- Déterminer pour $C(p) = K = 0,34$, la fonction de transfert en boucle fermée du système notée $F(p) = \frac{X(p)}{Xc(p)}$, la mettre sous forme canonique : $F(p) = \frac{G}{1 + \frac{2m}{\omega_n} p + \frac{1}{\omega_n^2} p^2}$
Que vaut l'amortissement z et la pulsation ω_n .
- À l'aide de l'abaque de l'annexe, déterminer le temps de réponse à 5%. Conclure sur la validité de rapidité.

– fin énoncé –

Annexe

❖ Diagramme de Bode :



❖ Abaque de temps de réponse en fonction de z et ωn

