

CELLULE D'ASSEMBLAGE POUR AVION FALCON

D'après concours E3A – PSI 2015.

Objectifs :

- ☐ Objectif 1
- ☐ Objectif 2

1 MISE EN SITUATION

1.1 Présentation

2 SÉLECTIONNER LES FIXATIONS – EXIGENCE

1.1

2.1 Notations domaine temporel – domaine de Laplace

2.2 Critères à respecter pour l'exigence 1.2

Exigence	Critères	Niveaux
Déplacer le chariot	Stabilité : <ul style="list-style-type: none"> Marge de gain Marge de phase 	$M_G = 6\text{dB mini}$ $M_\phi = 45^\circ \text{ mini}$
	Précision : <ul style="list-style-type: none"> Erreur statique par rapport à une consigne de vitesse constante 	NULLE
	Rapidité : <ul style="list-style-type: none"> Temps de réponse à 5% en réponse à une consigne échelon 	$\text{Tr}_{5\%} = 0,1 \text{ s maxi}$

2.3 Choix d'une architecture de la chaîne de transmission

Question 1. Proposer sous la forme d'un schéma une autre solution permettant le déplacement du chariot. La conversion de l'énergie électrique en énergie mécanique par un moteur doit être conservée.

Corrige

Utilisation d'un système vis-écrou.

Compte tenu des vitesses de translation importantes, le système retenu est de type poulie-courroie.

2.4 Détermination de l'inertie équivalente

Question 2. À partir des grandeurs définies déterminer l'expression littérale de l'inertie équivalente J_{eq} de l'ensemble $\Sigma = \{\text{moteur} + \text{réducteur} + \text{poulies} + \text{chariot}\}$ ramenée sur l'arbre moteur. Cette inertie équivalente est définie par $\mathcal{E}_c(\Sigma) = \frac{1}{2} J_{eq} \omega_m^2$.

Corrige

$$\mathcal{E}_c(\Sigma) = \mathcal{E}_c(\text{moteur}) + \mathcal{E}_c(\text{réducteur}) + \mathcal{E}_c(\text{poulies}) + \mathcal{E}_c(\text{chariot})$$

$$\mathcal{E}_c(\text{moteur}) = \frac{1}{2} J_m \omega_m^2$$

$$\mathcal{E}_c(\text{réducteur}) = \frac{1}{2} J_{red} \omega_m^2$$

$$\mathcal{E}_c(\text{poulies}) = \frac{1}{2} (J_{Pm} + J_{PR}) \omega_{red}^2 = \frac{1}{2} (J_{Pm} + J_{PR}) \lambda^2 \omega_m^2$$

$$\mathcal{E}_c(\text{chariot}) = \frac{1}{2} M V^2 = \frac{1}{2} M R_p^2 \lambda^2 \omega_m^2$$

$$\text{On a donc } J_{eq} = M R_p^2 \lambda^2 + (J_{Pm} + J_{PR}) \lambda^2 + J_{red} + J_m$$

Question 3. Déterminer la valeur numérique de l'expression précédente.

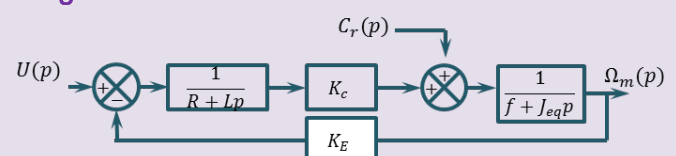
Corrige

$$J_{eq} = 0.0068 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

2.5 Modèle de connaissance du moteur à courant continu

Question 4. À partir des équations du moteur à courant continu, réaliser le schéma bloc du moteur à courant continu.

Corrige



Question 5. En considérant que $C_R(p) = 0$, déterminer la fonction de transfert $H_M(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U(p)}$ sous sa forme canonique et donner la valeur des caractéristiques de la fonction de transfert.

Corrige

$$H_m(p) = \frac{\frac{K_c}{K_c K_E + Rf}}{1 + \frac{RJ_{eq} + Lf}{K_c K_E + Rf} p + \frac{LJ_{eq}}{K_c K_E + Rf} p^2}$$

Question 6. Montrer que la fonction de transfert $H_M(p)$ peut se mettre sous la forme $H_M(p) = \frac{K_c}{K_c K_E + RJ_{eq} p + LJ_{eq} p^2}$. Justifier la réponse. Pour cette question, la valeur numérique de J_{eq} considérée sera $J_{eq} = 7 \cdot 10^{-3} \text{ kg m}^2$ indépendamment du résultat numérique calculé précédemment.

Corrige

En faisant les applications numériques on montre que Rf est négligeable devant $K_c K_E$ et que Lf est négligeable devant RJ_{eq} . On a donc :

$$H_m(p) = \frac{\frac{K_c}{K_c K_E}}{1 + \frac{RJ_{eq}}{K_c K_E} p + \frac{LJ_{eq}}{K_c K_E} p^2} = \frac{K_c}{K_c K_E + RJ_{eq} p + LJ_{eq} p^2}$$

Question 7. Montrer qu'avec l'expression, $H_M(p)$ peut s'écrire sous la forme $H_M(p) = \frac{K_M}{(1+T_E p)(1+T_M p)}$ avec $T_E < T_M$.

Corrige

$$\begin{cases} T_e + T_m = \frac{RJ_{eq}}{K_c K_E} \\ T_e T_m = \frac{LJ_{eq}}{K_c K_E} \end{cases}$$

On a (résolution d'une équation du second degré):

$$T_e = \frac{\frac{RJ_{eq}}{K_c K_E} - \sqrt{\left(\frac{RJ_{eq}}{K_c K_E}\right)^2 - 4 \cdot \frac{LJ_{eq}}{K_c K_E}}}{2}$$

$T_e = 0,0051 \text{ s}$ et $T_m = 0,0074 \text{ s}$.

Remarque – Déplacement du sommateur

3 ÉTUDE DE L'ASSERVISSEMENT EN POSITION DE L'AXE

3.1 Modélisation de l'asservissement en position

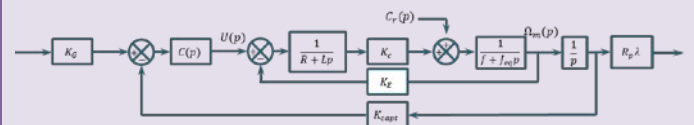
Question 8. Quelle doit être la valeur de K_G pour assurer un asservissement correct (c'est à dire l'écart ε doit être nul si la position de l'axe est identique à la consigne) ?

Corrige

On doit avoir $K_G = K_{capt} \cdot \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{1}{R_p} = 0,556 \text{ V} \cdot \text{rad}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$.

Question 9. Donner le schéma bloc de l'asservissement.

Corrige



3.2 Étude du modèle simplifié

Question 10. Donner l'expression de $Y(p)$.

Corrige

On raisonne par superposition :

Si $C_r(p) = 0$:

$$Y_1(p) = Y_{cons}(p) \cdot \frac{\frac{K_G K_{capt} C(p) H_m(p) K_r}{p}}{1 + \frac{K_G K_{capt} C(p) H_m(p) K_r}{p}} = Y_{cons}(p) \cdot \frac{K_G K_{capt} C(p) H_m(p) K_r}{p + K_G K_{capt} C(p) H_m(p) K_r}$$

Si $Y_{cons}(p) = 0$:

$$Y_2(p) = C_r(p) \cdot \frac{\frac{H_c(p) K_r}{p}}{1 + \frac{K_r}{p} K_G K_{capt} C(p) H_m(p)} = C_r(p) \cdot \frac{H_c(p) K_r}{p + K_r K_G K_{capt} C(p) H_m(p)}$$

On a donc

$$Y(p) = Y_1(p) + Y_2(p)$$

Question 11. Calculer l'écart statique pour $C(p) = Kp$. Conclure.

Corrige

Question 12. Conclure.

Corrige

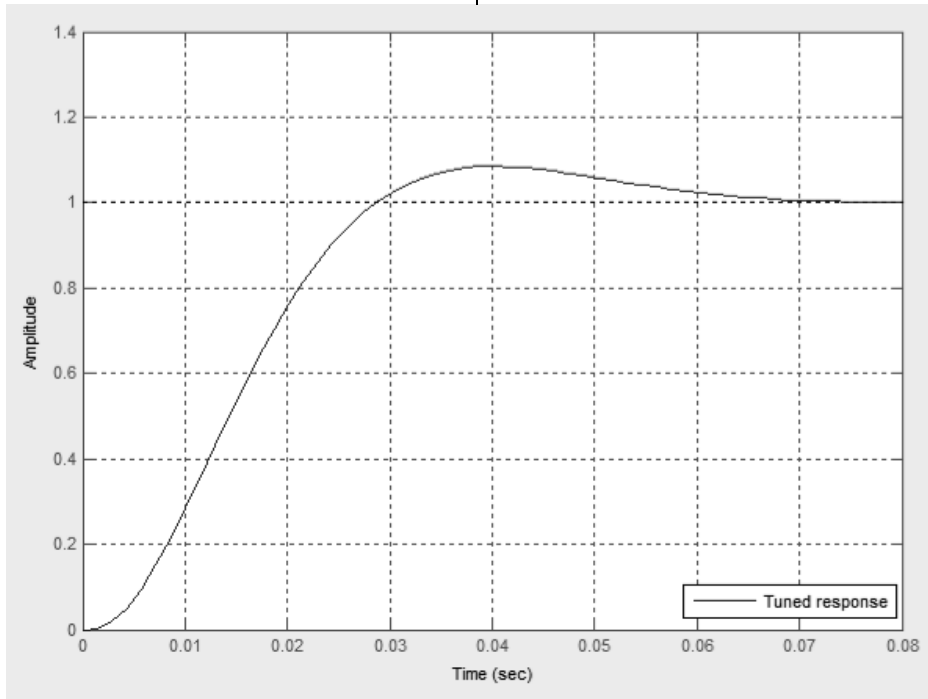
Pour une entrée échelon unitaire :

Question 13. Ce nouveau correcteur permet-il de respecter l'exigence fonctionnelle liée à la précision ? Justifier la réponse par un calcul littéral.

Corrige

Corrige

Question 14. Conclure sur la conformité au cahier des charges du système ainsi réglé.



3.3 Tracé de diagramme de Bode

On considère $C_R(p) = 0$.

Question 15. Tracer le diagramme de Bode de la fonction de transfert en boucle ouverte pour $C(p) = 1$.

Corrige

Question 16. Tracer le diagramme de Bode de la fonction de transfert en boucle ouverte pour $C(p) = \frac{1}{p}$.

4 VERIFICATION DES PERFORMANCES DE L'AXE DU MAGASIN DE RIVETS

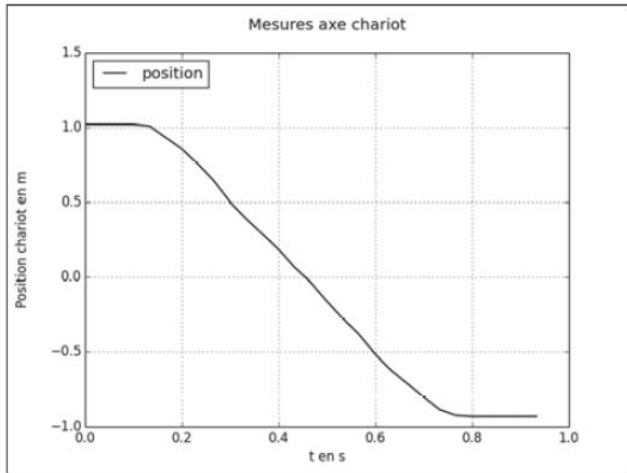
Afin de vérifier les réglages précédents, un essai sur le système réel est réalisé. L'absence de système d'acquisition

dédié impose un système de mesure extérieur au système réel. C'est un dispositif d'analyse d'image qui est retenu pour ces mesures.

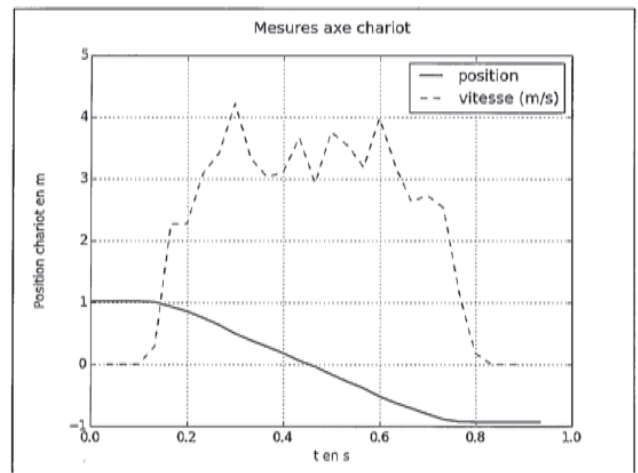
Question 17. À partir des relevés ci-dessous, conclure sur le respect des exigences fonctionnelles de l'axe du magasin de stockage des rivets.

Corrige

Corrige



Position du chariot en fonction du temps



Position et vitesse du chariot en fonction du temps

Le diagramme de Bode de la fonction de transfert en boucle ouverte HBO(p) est donné sur le document réponse. Le tracé est donné pour $C(p) = 1$.

Question 18. *Le système est-il stable ? Justifier la réponse.*

Le couple résistant est un couple constant C_0 qui traduit l'action mécanique de pesanteur subie par l'ensemble mobile.

Question 19. *Justifier que si $C(p) = 1$, l'exigence fonctionnelle liée à la précision (erreur nulle) ne peut être respectée.*

Proposer une forme générale de fonction de transfert pour ce correcteur permettant de satisfaire à cette exigence fonctionnelle.

Afin de répondre totalement au cahier des charges, l'utilisation d'un correcteur proportionnel intégral dérivé est retenue. En effet, la commande de l'axe intègre directement ce type de correcteur. Dans la suite du problème, le correcteur $C(p)$ sera de la forme : $C(p) = K_I \left(1 + \frac{1}{T_I p}\right) (1 + T_D p)$. Le réglage des coefficients a été fait par simulation numérique.

Question 20. *Ce nouveau correcteur permet-il de respecter l'exigence fonctionnelle liée à la précision ? Justifier la réponse par un calcul littéral.*

Le diagramme de Bode de la nouvelle fonction de transfert en boucle ouverte $H'BO(p)$ est donné sur le document réponse.

Question 21. *À partir du diagramme de Bode conclure sur l'exigence fonctionnelle liée à la stabilité.*

Afin de vérifier maintenant le critère de rapidité, on donne la réponse temporelle de l'axe à un échelon de position de 1 m.

Question 22. *Conclure sur la conformité au cahier des charges du système ainsi réglé.*

La simulation a permis de déterminer un réglage satisfaisant vis-à-vis des exigences fonctionnelles pour ce système. Il faut maintenant vérifier ces réglages par la mesure directe d'un déplacement de l'axe.

5 VERIFICATION DES PERFORMANCES DE L'AXE DU MAGASIN DE RIVETS

Afin de vérifier les réglages précédents, un essai sur le système réel est réalisé. L'absence de système d'acquisition dédié impose un système de mesure extérieur au système réel. C'est un dispositif d'analyse d'image qui est retenu pour ces mesures.

L'objectif de cette partie est de traiter les mesures obtenues puis de vérifier que les performances obtenues sont satisfaisantes.

Question 23. *À partir des mesures précédentes, conclure sur le respect des exigences fonctionnelles de l'axe du magasin de stockage des rivets.*