teaching sciences for innovation

Proposition de corrigé

Concours : Concours Centrale-Supélec

Année : 2014

Filière : MP

Épreuve : Sciences Industrielles pour l'Ingénieur

Ceci est une proposition de corrigé des concours de CPGE, réalisée bénévolement par des enseignants de Sciences Industrielles de l'Ingénieur et d'Informatique, membres de l'UPSTI (Union des Professeurs de Sciences et Techniques Industrielles), et publiée sur le site de l'association :

https://www.upsti.fr/espace-etudiants/annales-de-concours

A l'attention des étudiants

Ce document vous apportera des éléments de corrections pour le sujet traité, mais n'est ni un corrigé officiel du concours, ni un corrigé détaillé ou exhaustif de l'épreuve en question.

L'UPSTI ne répondra pas directement aux questions que peuvent soulever ces corrigés : nous vous invitons à vous rapprocher de vos enseignants si vous souhaitez des compléments d'information, et à vous adresser à eux pour nous faire remonter vos éventuelles remarques.

Licence et Copyright

Toute représentation ou reproduction (même partielle) de ce document faite sans l'accord de l'UPSTI est **interdite**. Seuls le téléchargement et la copie privée à usage personnel sont autorisés (protection au titre des droits d'auteur).

En cas de doute, n'hésitez pas à nous contacter à : corrigesconcours@upsti.fr.

Informez-vous !

Retrouvez plus d'information sur les Sciences de l'Ingénieur, l'orientation, les Grandes Ecoles ainsi que sur les Olympiades de Sciences de l'Ingénieur et sur les Sciences de l'Ingénieur au Féminin sur notre site : www.upsti.fr

L'équipe UPSTI

Question 1. Sans considérer le mouvement panoramique propre à la caméra, quel doit être le degré de mobilité utile du bras AIA ? Argumenter en précisant le type de mobilité.

On veut inspecter la surface intérieure du tore ➔ placer l'objectif de la caméra dans une position quelconque dans un repère lié au Tore Supra ➔ 6 mobilités nécessaires, soit :
3 pour placer le point D_c dans le repère lié au Tore Supra + 3 pour orienter le module d'inspection.
Toutefois l'image n'est pas modifiée par une rotation autour de la normale au plan de l'image, cette mobilité pourrait ne pas être nécessaire, mais elle correspond au mouvement panoramique que l'on ne prend pas en compte.
Conclusion : il faut 5 mobilités utiles au bras AIA.
3 mobilités pour l'assemblage des modules porteurs + 2 mobilités en rotation (θ_c,α_c) pour l'orientation du module d'inspection / premier module porteur M_1.

Question 2. Quel doit être le degré de mobilité utile de l'ensemble des modules porteurs ? A l'aide de la figure 8, déterminer le degré de mobilité interne de l'ensemble des modules porteurs du bras AIA. Quelle conséquence a un degré de mobilité interne élevé sur la commande du bras AIA ?

Il faut **3 mobilités utiles** pour l'assemblage des modules porteurs. Or sur la figure 8, on comptabilise au total **8 mobilités** (pour les modules porteurs). Il existe donc **5 mobilités internes** inhérentes à l'ensemble des modules porteurs.
Les mobilités internes rendent plus complexe la commande en déplacement du bras AIA.

Question 3. Pour le module porteur M_n, exprimer $\vec{\Omega}(3_n / 4_n)$. Justifier brièvement. Exprimer alors $\vec{\Omega}(3_n / 3_{n+1})$. En déduire que $\vec{Z}_C$ est toujours confondu avec $\vec{Z}_0$. L'attitude de la caméra est-elle modifiée par les mouvements des modules porteurs ? Si oui, préciser quel(s) mouvement(s) modifie(nt) l'attitude de la caméra.

On a $\vec{\Omega}(3_n / 4_n) = \vec{0}$ car le mouvement de 3_n par rapport à 4_n est une translation circulaire (parallélogramme déformable).

$$\vec{\Omega}(3_n / 3_{n+1}) = \vec{\Omega}(3_n / 4_n) + \vec{\Omega}(4_n / 3_{n+1}) = \vec{\Omega}(4_n / 3_{n+1}) = \dot{\theta}_n \vec{Z}_0$$

Ce qui montre que tous les axes de lacet sont toujours portés par $\vec{Z}_0$. Ce qui permet d'affirmer que $\vec{Z}_C$ reste toujours confondu avec $\vec{Z}_0$.
D'après la définition donnée de l'attitude de la caméra, celle ci est modifiée par les mouvements des modules porteurs. En effet :

$$\vec{\Omega}(\text{cam} / 0) = \vec{\Omega}(\text{cam} / 4_c) + \vec{\Omega}(4_c / 3_1) + \vec{\Omega}(3_1 / 0)$$

$$= \dot{\alpha}_C \vec{X}_C + \dot{\theta}_C \vec{Z}_0 + \sum_{i=1}^{5} \dot{\theta}_i \vec{Z}_0 = \dot{\alpha}_C \vec{X}_C + \left[\dot{\theta}_C + \sum_{i=1}^{5} \dot{\theta}_i \right] \vec{Z}_0$$

On en déduit alors que seuls les mouvements de lacet (rotation : θ_i) propres aux modules porteurs modifient l'attitude de la caméra.

Question 4. En reprenant les réponses apportées aux questions précédentes, quel doit être le nombre minimal de modules porteurs ? Pour quelle(s) raison(s) ce choix ne peut être retenu ?

Le module d'inspection possède deux mobilités angulaires (θ_c,α_c). Un module porteur standard possède au plus deux mobilités (θ_i,α_i).
D'après les conclusions de la question 1, l'ensemble de modules porteurs doit faire apparaitre 3 mobilités utiles. Il faut donc assembler au moins deux modules porteurs (ce qui induira une mobilité interne en lacet).
Cependant, en considérant l'espace d'inspection, il semble évident que deux modules porteurs ne permettrons pas d'atteindre tous les points de cet espace.

Union des Professeurs de Sciences et Techniques Industrielles
© UPSTI - Toute reproduction interdite sans l'autorisation de l'UPSTI

Il est donc nécessaire de placer en série plus de 2 modules porteurs. La justification du nombre (5 modules porteurs) est l'objet de la suite du questionnement.

Question 5. Déterminer la longueur maximale d'un module porteur pour qu'il puisse être inséré dans l'enceinte torique. Comparer cette longueur aux longueurs des modules standards.
L'enceinte étant délimitée par deux cercles respectivement de rayon r=1,20 m et R=3,2 m, la longueur maximum des modules est de R-r-10cm (dû à la détection de collision). Ainsi un module ne peut avoir une longueur excédant 1,90 m. Pour le robot AIA, les modules les plus longs font 1,66 m de longueur ce qui est donc acceptable.

Question 6. Pour un module porteur M_n déployé ($n \neq 5$) donner l'expression de l'angle β_n en fonction de R_e (rayon de C_e) et L_n (longueur du module porteur M_n). Donner la valeur numérique de chaque angle β_n ($n \neq 5$) et en déduire la valeur de l'amplitude angulaire de déploiement β_d en faisant l'hypothèse que $\beta_5 \approx \beta_4$. Conclure vis-à-vis du cahier des charges.

On a $\sin\left(\frac{\beta_n}{2}\right) = \frac{L_n}{2R_m}$ d'où $\beta_n = 2.\arcsin\frac{L_n}{2R_m}$

Application numérique

n	Ln	β_n
1	1,21 m	31,9°
2	1,21 m	31,9°
3	1,56 m	41,5°
4	1,66 m	44,3°
5		44,3(du fait de l'hypothèse formulae dans le sujet)
		D'où $\beta_d = 194°$

Le cahier des charges spécifiant $\beta_d \geq 180°$, le niveaux associé à l'amplitude angulaire de déploiement lié à la fonction FS1.1 est satisfait.

Question 7. Dans ces conditions, quelle est l'élévation verticale minimale du module d'inspection ? Faire l'application numérique. Conclure quant au respect du cahier des charges.

$\alpha_i = \pm 45° \Rightarrow \Delta H = \sqrt{2}.L_n$

Pour le module porteur le plus cours (longueur L_n égale à 1,21 m), on obtient : $\boxed{\Delta H = 1{,}71\,m}$

Le petit rayon de l'enceinte vaut 2 m (3,2 m – 1,2 m). La détection de collision interdisant de l'approcher à plus de 10 cm de la paroi, il reste 1,8 m. Compte tenu des dimensions du dôme Pyrex qui protège la caméra, on peut conclure positivement quant au respect du cahier des charges.

Question 8. Dans le contexte de l'étude et en reprenant les réponses apportées aux questions précédentes, quel critère détermine principalement la longueur du module porteur le plus court et quel critère détermine la longueur du module porteur le plus long ?

A ce stade de l'étude, on peut dire que :

- longueur du module le plus court ➔ amplitude en déplacement vertical du module d'inspection ;
- longueur du module le plus long ➔ compatibilité à être déployé dans le Tore Supra.

Union des Professeurs de Sciences et Techniques Industrielles
© UPSTI - Toute reproduction interdite sans l'autorisation de l'UPSTI

Question 9. Isoler le module M_1 et déterminer les éléments de réduction au point D_1 du torseur d'action mécanique exercé par le module porteur M2 sur le module porteur M1 noté $\left\{T(M_2 \to M_1)\right\}_{D_1}$ en fonction de m, m_m, L, L_c, g.

On isole le module **M_1**. L'IAME (Inventaire des Actions Mécaniques Extérieures) donne :

$$\left\{T(grav \to M_1)\right\} = \begin{Bmatrix} -m_m g \vec{Z}_0 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_{G_1}$$

$$\left\{T(4_C \to M_1)\right\} = \begin{Bmatrix} \vec{Z}_{4C} = -mg\vec{Z}_0 \\ \vec{M}_{D_C}(4_C \to M_1) = -mg\frac{L_C}{2}\vec{X}_0 \end{Bmatrix}_{D_C}$$: équilibre du module d'inspection

$\left\{T(M_2 \to M_1)\right\}$: à déterminer

On applique les théorèmes généraux de la statique au module (M_1) en équilibre dans (R_0) galiléen, ce qui donne :

TRS en proj. selon $\vec{Z}_0 \to 0 = Z_{M_2 \to M_1} - m_m g - mg \Rightarrow Z_{M_2 \to M_1} = \left[m_m + m\right]g$

TMD en D_1 en proj. selon $\vec{X}_0 \to 0 = L_{M_2 \to M_1} - \frac{m_m}{2}Lg - mgL - mg\frac{L_C}{2} \Rightarrow L_{M_2 \to M_1} = \frac{m_m}{2}Lg + mg\left[L + \frac{L_C}{2}\right]$

Donc, finalement il vient :

$$\left\{T(M_2 \to M_1)\right\} = \begin{Bmatrix} \vec{R}_{M_2 \to M_1} = \left[m_m + m\right]g\vec{Z}_0 \\ \vec{M}_{D_1}(M_2 \to M_1) = \frac{m_m}{2}Lg + mg\left[L + \frac{L_C}{2}\right]\vec{X}_0 \end{Bmatrix}_{D_1}$$

Question 10. En généralisant les relations pour n modules porteurs, établir l'expression de la norme de la résultante $\left\|\vec{R}(M_{n+1} \to M_n)\right\|$ et du moment en D_n $\left\|\vec{M}_{D_n}(M_{n+1} \to M_n)\right\|$ des actions mécaniques exercées par le module porteur M_{n+1} sur le module porteur M_n en fonction de n et de m, m_m, L, L_c, g.

Sans détailler excessivement les calculs, il vient aisément, par sommation :

$$\left\|\vec{R}(M_2 \to M_1)\right\| = \left[m + m_m\right]g$$

$$\left\|\vec{M}_{D_1}(M_2 \to M_1)\right\| = \frac{m_m}{2}Lg + mg\left[L + \frac{L_C}{2}\right]$$

Question 11. Le nombre de modules porteurs nécessaires à une inspection dans le Tore Supra est-il compatible avec le critère de charge admissible énoncé précédemment ?

Question 12. Pour la position particulière définie sur la figure 11, déterminer l'expression de la résultante d'action mécanique qu'exerce le ressort sur le solide (1_n) assurant de fait l'équilibre du module porteur M_n en fonction de m, m_m, H, g, d et n. Pour cela, indiquer avec rigueur :

i. les hypothèses nécessaires à votre calcul ;
ii. le ou les solides isolés, les bilans des actions mécaniques extérieures ainsi que le ou les théorèmes utilisés pour la résolution.

Conseil : on commencera par isoler le solide (2_n) puis on montrera que la résultante de l'action mécanique exercée par (2_n) sur (3_n) possède une composante nulle selon $\vec{Z}_0$.

1- On isole (2_n). L'IAME donne :

$\left\{T(4_n \to 2_n)\right\}$; $\left\{T(3_n \to 2_n)\right\}$

Union des Professeurs de Sciences et Techniques Industrielles
© UPSTI - Toute reproduction interdite sans l'autorisation de l'UPSTI

Ce solide est donc soumis à **2 glisseurs**. Il est en équilibre si ces deux torseurs possèdent le même axe central Δ porté par (A_nC_n).

Donc les résultantes $\vec{R}(4_n \to 2_n)$ et $\vec{R}(3_n \to 2_n)$ sont toutes les deux portées par $\vec{Y}_0$; ce qui démontre à l'évidence que $\boxed{\vec{R}(2_n \to 3_n).\vec{Z}_0 = 0}$.

2- On isole l'ensemble $\Sigma = \{3_n \cup M_{n-1} \cup ... M_1 \cup M_{inspection}\}$. L'IAME donne alors :

$\{T(2_n \to 3_n)\}$ avec $\vec{R}(2_n \to 3_n).\vec{Z}_0 = 0$

$\{T(grav \to \Sigma)\}$ avec $\vec{R}(grav \to \Sigma) = -[m_m(n-1)+m]g\vec{Z}_0$

$\{T(1_n \to 3_n)\}$ avec $\vec{R}(1_n \to 3_n) = Y_{1n3n}\vec{Y}_0 + Z_{1n3n}\vec{Z}_0$

On applique le **TRS** en projection selon $\vec{Z}_0$ à Σ en équilibre dans (R_0) galiléen, ce qui donne :

$$0 = -[m_m(n-1)+m]g + Z_{1n3n} \Rightarrow Z_{1n3n} = [m_m(n-1)+m]g$$

3- On isole (1n). L'IAME donne :

$$\{T(3_n \to 1_n)\} = \left\{\begin{matrix}\vec{R}(3_n \to 1_n) \\ \vec{0}\end{matrix}\right\}_{B_n}$$

$$\{T(grav \to 1_n)\} = \left\{\begin{matrix}-m_m g\vec{Z}_0 \\ -\frac{d}{2}m_m g\vec{X}_0\end{matrix}\right\}_{O_n}$$

$$\{T(res \to 1_n)\} = \left\{\begin{matrix}\vec{R}(res \to 1_n) \\ \vec{0}\end{matrix}\right\}_{B_n}$$

$$\{T(4_n \to 1_n)\} = \left\{\begin{matrix}\vec{R}(4_n \to 1_n) \\ \vec{0}\end{matrix}\right\}_{O_n}$$

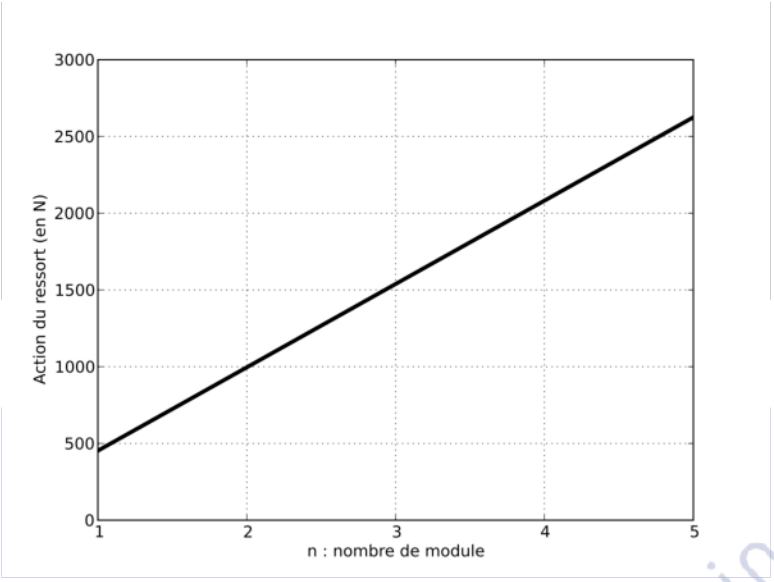
On applique le **TMS** en O_n et en projection selon à (1_n) en équilibre dans (R_0) galiléen, ce qui donne :

$$0 = -\frac{d}{2}m_m g - [m_m(n-1)+m]dg + R(res \to 1_n)\frac{dH}{\sqrt{d^2+H^2}}$$

soit : $$\boxed{R(res \to 1_n) = \frac{\sqrt{d^2+H^2}}{H}\left[\frac{m_m}{2} + m_m(n-1)+m\right]g = \frac{\sqrt{d^2+H^2}}{H}\left[\frac{m_m}{2}(2n-1)+m\right]g}$$

En utilisant les données fournies dans le sujet (modules identiques de longueur $L = 1{,}66\,m$), on peut tracer l'évolution suivante avec $(H = 0{,}08\,m, d = 1{,}446\,m)$:

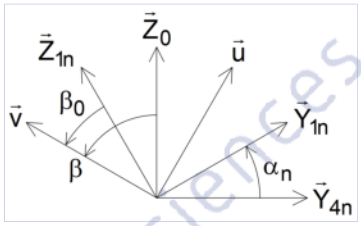
Union des Professeurs de Sciences et Techniques Industrielles
© UPSTI - Toute reproduction interdite sans l'autorisation de l'UPSTI



Question 13. Expliquer en quoi la relation précédemment établie permet d'affirmer que la condition d'équilibrage du module porteur M_n ne dépend pas de la position relative de l'ensemble des modules porteurs M_{n-1} à M_1 et du module d'inspection par rapport au module porteur M_n.

On remarque que l'action du ressort d'équilibrage du module M_n, déterminée précédemment, n'est pas fonction de la position du centre de gravité des modules M_{n-1} à M_1 ni de la position du centre de gravité du module d'inspection, mais uniquement du nombre de modules.

Question 14. Sachant que $\delta = \delta_0 + \alpha_n$, déterminer la variation de position du point F_n appartenant au câble, notée ΔL, provoquée par la variation de l'angle de tangage $\Delta\alpha_n$. Déterminer ensuite la variation de l'angle de lacet $\Delta\theta_n$ provoquée par la variation ΔL. Déduire l'expression de K_c des résultats précédents.



Dans la configuration : $\alpha_n = 0$, la longueur partielle du câble est égale à :

$$L = \underbrace{Long_Arc(Q_{1n}d_1)}_{R_1\beta_0} + \underbrace{Long(d_1d_2)}_{cste} + \underbrace{Long_Arc(d_2Q_{2n})}_{R_2\beta_0}$$

Dans la configuration : $\alpha_n > 0$, la longueur partielle du câble est égale à :

$$L' = \underbrace{Long_Arc(Q_{1n}d_1)}_{R_1\beta} + \underbrace{Long(d_1d_2)}_{cste} + \underbrace{Long_Arc(d_2Q_{2n})}_{R_2\beta_0}$$

On a alors $\Delta L = L' - L = R_1(\delta - \delta_0) = R_1\alpha_n$ et donc que $\boxed{K_C = \frac{R_1}{R_0}}$

Pour $\alpha_n > 0$, on obtient $\theta_n < 0$. Si on veut être « raccord » avec les signes portés sur le schéma-bloc donné dans le texte, il faut poser $K_C = -\frac{R_1}{R_0}$.

Union des Professeurs de Sciences et Techniques Industrielles
© UPSTI - Toute reproduction interdite sans l'autorisation de l'UPSTI

Question 15.

a) Déterminer les expressions de A_λ et de B_λ en fonction de k, p_1 et R_0. En déduire l'expression de $\dot{\lambda}(t)$.

b) En précisant le théorème ou le principe utilisé, déterminer l'équation du mouvement du bras liant $\ddot{\theta}$, $\dot{\theta}$, θ, $\dot{\theta}_m$ et θ_m. Mettre cette relation sous la forme : $A.\ddot{\theta}(t)+B.\dot{\theta}(t)+C.\theta(t)=D.\dot{\theta}_m(t)+E.\theta_m(t)$ où A, B, C, D et E sont des constantes que vous exprimerez obligatoirement en fonction des différents paramètres géométriques et mécaniques du système.

L'élongation du ressort est $\boxed{\lambda(t)=\frac{k.p_1}{2\pi}\theta_m(t)-R_0.\theta(t)=A_\lambda\theta_m(t)-B_\lambda\theta(t)}$ (déplacement du point F_5– déplacement du point H'_5)

D'où par dérivation $\boxed{\dot{\lambda}(t)=\frac{k.p_1}{2\pi}\dot{\theta}_m(t)-R.\dot{\theta}(t)}$

On isole l'ensemble Σ composé de l'ensemble du bras AIA sauf la poulie motrice de l'articulation 5 qui est liée au bâti ainsi que les câbles G et Dr.

On utilise le théorème du moment dynamique appliqué à Σ au point D5 et en projection sur $\vec{Z}_0$

➲ **Bilan des actions mécaniques extérieures appliquées à l'ensemble Σ**

- Action mécanique de pesanteur : au centre de gravité de l'ensemble c'est un glisseur dirigé selon $\vec{Z}_0$ et donc de moment nul sur $\vec{Z}_0$ quelque soit la position du centre de gravité.
- Action mécanique du câble G $\left\{T_{G\to 5a}\right\}_{H'_5}=\left\{\begin{array}{c}\left(-k_c\lambda(t)-f_c\dot{\lambda}(t)\right)\vec{Y}_1\\ \vec{0}\end{array}\right\}_{H'_5}$
- Action mécanique du câble Dr $\left\{T_{Dr\to 5b}\right\}_{H_5}=\left\{\begin{array}{c}\left(k_c\lambda(t)+f_c\dot{\lambda}(t)\right)\vec{Y}_1\\ \vec{0}\end{array}\right\}_{H_5}$
- Action mécanique transmissible par la liaison pivot entre (1+3) et (0)

$\left\{T_{0\to(1+3)}\right\}_{D_5}=\left\{\begin{array}{c}\overrightarrow{F_{0\to(1+3)}}\\ \overrightarrow{M_{D_5\,0\to(1+3)}}\end{array}\right\}_{D_5}$ avec $\overrightarrow{M_{D_5\,0\to(1+3)}}.\vec{Z}_0=0$ (liaison pivot parfaite)

- Action mécanique dû au frottement visqueux au sein de la liaison pivot entre {1+3} et 0:

$\left\{T_{visq\to\{1+3\}}\right\}_{D_5}=\left\{\begin{array}{c}-f_0.\dot{\theta}(t).\vec{Z}_O\\ \vec{0}\end{array}\right\}_{D_5}$

➲ **Théorème du moment dynamique appliqué à Σ au point D5 et en projection sur $\vec{Z}_0$**

$$\left(\overrightarrow{M_{D_5\,Dr\to 5b}}+\overrightarrow{M_{D_5\,G\to 5a}}+\overrightarrow{M_{D_5\,0\to(1+3)}}+\overrightarrow{M_{D_5\,visq\to(1+3)}}\right).\vec{Z}_0=\overrightarrow{\delta_{(D_5,\Sigma/R_0)}}.\vec{Z}_0$$

$$\left(\overrightarrow{D_5H_5}\wedge\overrightarrow{F_{Dr\to 5b}}+\overrightarrow{D_5H'_5}\wedge\overrightarrow{F_{G\to 5a}}-f_0.\dot{\theta}(t).\vec{Z}_0\right).\vec{Z}_0=\overrightarrow{\delta_{(D_5,\Sigma/R_0)}}.\vec{Z}_0$$

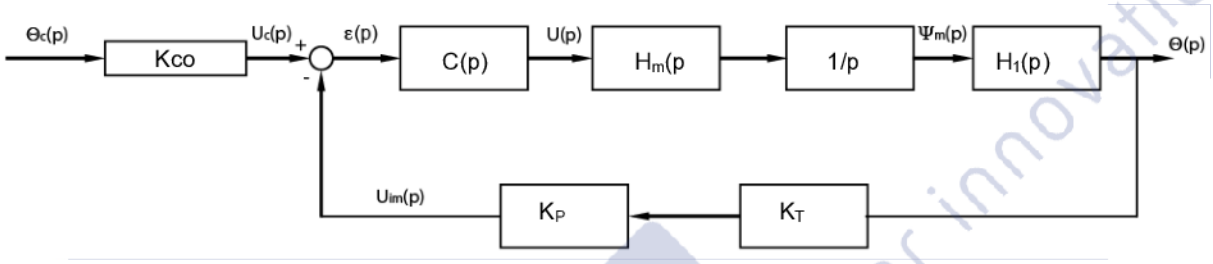
Union des Professeurs de Sciences et Techniques Industrielles
© UPSTI - Toute reproduction interdite sans l'autorisation de l'UPSTI

$$\text{Soit } R_0\left(k_c\lambda(t)+f_c\dot{\lambda}(t)\right)-R_0\left(-k_c\lambda(t)-f_c\dot{\lambda}(t)\right)-f_0.\dot{\theta}(t)=J_{eq}.\ddot{\theta}(t)$$

$$\text{D'où } \boxed{J_{eq}.\ddot{\theta}(t)+\left(2R_0^2f_c+f_0\right).\dot{\theta}(t)+2R_0^2k_c\theta(t)=\frac{kf_cR_0p_1}{\pi}\dot{\theta}_m(t)+\frac{kk_cR_0p_1}{\pi}\theta_m(t)}$$

$$\boxed{A=J_{eq}\quad B=2R_0^2f_c+f_0\quad C=2R_0^2k_c\quad D=\frac{kf_cR_0p_1}{\pi}\quad E=\frac{kk_cR_0p_1}{\pi}}$$

Question 16. Compléter le schéma-bloc fourni sur le document.



Question 17. Au vu des figures 17 et 18, le comportement du modèle correspond-il à ce qui est imposé par le cahier des charges ? Justifier votre réponse et énoncer les inconvénients d'un tel comportement lors d'une phase d'inspection des parois de l'enceinte.

Sur la courbe de réponse temporelle on observe un comportement oscillatoire (donc avec dépassement). La diagramme de Bode de la FTBO permet d'identifier une marge de gain très faible (proche des 2dB) et un déphasage un peu inférieur à 90° (donc marge de phase supérieure à 45°).
Les critères de marge de gain, de marge de phase et d'amortissement ne sont donc pas respectés.

Seul la précision pour une entrée type échelon est correcte car en régime permanent la réponse tend vers la valeur de consigne (attendu car présence d'un intégrateur dans la chaîne directe). C'était prévisible dans la mesure où la FTBO est de classe 1 et en amont de la perturbation.

Le comportement oscillatoire pose problème pour :

- un positionnement du module vidéo proche des parois (risque de collision) car lors d'un changement de configuration du bras, ces phénomènes seront présents pour chaque module en mouvement (amplification en bout chaîne);
- la qualité de l'enregistrement vidéo qui du fait des oscillations risque d'être fortement dégradée (nécessité d'un traitement lourd des vidéos enregistrées).

Question 18. Donner l'expression numérique de $\frac{N(p)}{D(p)}$.

D'après les caractéristiques du correcteur, $N(p)=\frac{p^2}{\omega_0^2}+\frac{2\xi}{\omega_0}p+1=0{,}826.p^2+0{,}1.p+1$

Pour D(p) : on doit avoir $\xi_D=1$ (rapidité max sans dépassement) et donc ω_D =0,625 rd/s ($tr_{5\%}=\frac{5}{\omega_D}$)

En conclusion $\boxed{\frac{N(p)}{D(p)}=\frac{0{,}826.p^2+0{,}1.p+1}{2{,}56.p^2+3{,}2.p+1}}$

Union des Professeurs de Sciences et Techniques Industrielles
© UPSTI - Toute reproduction interdite sans l'autorisation de l'UPSTI

Question 19. Déterminer la valeur de K' permettant d'avoir une marge de gain de 19 dB. Quel est l'effet de K' (précédemment déterminé) sur le diagramme de Bode en gain de la figure 19 ? Quelle est la conséquence sur la marge de gain ? Le critère de marge de phase est-il respecté avec la valeur de K' trouvée précédemment?

Sur la figure 19, on relève une marge de gain de 16,6 dB après correction (mais pour K'=1).
Il manque 3 dB de marge de gain. K' doit permettre la translation vers le bas de la courbe de gain et tel que $20\log(K') = -3dB$.
Ainsi on trouve K'=0,7 sans unité

Question 20. La commande en lacet du bras vérifie-t-elle les exigences attendues ? Justifier brièvement votre réponse.

Une fois le correcteur implanté, on observe que le comportement temporel de l'axe de lacet correspond à ce qui est attendu. Plus d'oscillation et aucun dépassement et le critère de précision est vérifié (réponse=consigne une fois le régime permanent établi).

Question 21. Recenser les caractéristiques et les performances évaluées dans les études précédentes qui permettent de conclure positivement sur la qualification du bras AIA en tant qu'outil d'inspection dans le Tore Supra.

- Une association de 5 modules porteurs en série est une solution recevable pour une utilisation dans une enceinte torique ;
- Le déploiement de cette structure est possible dans le Tore Supra en utilisant la seule voie d'accès ;
- Une fois déployé dans l'enceinte torique, le bras permet de positionner correctement le module d'inspection afin d'observer toute la surface intérieure du Tore Supra ;
- Les articulations sont correctement dimensionnées afin de supporter les actions mécaniques générées par son architecture en porte-à-faux ; la structure en parallélogramme permet de compenser l'action de la gravité ;
- Les performances de la commande en position respectent, après correction, les critères définis par le cahier des charges (précision, stabilité et dépassement transitoire).

Union des Professeurs de Sciences et Techniques Industrielles
© UPSTI - Toute reproduction interdite sans l'autorisation de l'UPSTI