

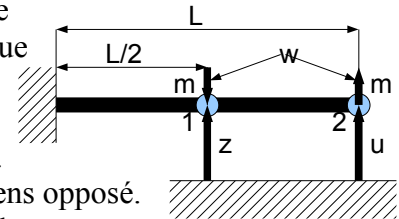
Les notes de cours et de TP / TD sont admises ainsi qu'une calculatrice scientifique. Ni machine programmable ni ordinateur n'est autorisé.

Dans vos réponses, pensez à des réponses complètes et ciblées mais sans bavardages. Répondez donc aux questions, mais rien qu'aux questions ! Montrez moi que vous avez compris.

Partie A – Indicateurs énergétiques et positionnement des capteurs et actionneurs- 10 points

A.1 (3 points) Quels renseignements peuvent donner les indicateurs de perturbabilité, d'observabilité et de commandabilité pour le choix et le positionnement des actionneurs ?

A.2 (7 points) Le système, représenté ci-contre, est composé d'une poutre de masse négligeable, encadrée à gauche qui ne peut fléchir que dans le plan vertical du dessin. Deux masses ponctuelles de même valeur m sont fixées au milieu de la poutre et en extrémité droite.



Une excitation extérieure de bruit blanc agit sur les masses m .

Ce sont deux forces de même intensité, de même direction mais de sens opposé.

L'objectif est de diminuer autant que possible la vibration de la masse m au point 2, c'est-à-dire la flèche f_2 .

Cet objectif doit être atteint à l'aide d'un actionneur permettant de produire une force u en bout à droite. Un capteur mesure la vitesse verticale de la masse m au point 1.

Sachant que ce système a évidemment 2 modes propres, on demande de calculer les perturbabilités, les observabilités (de la sortie et du capteur), les commandabilités pour le système mécanique initial. Analysez les résultats obtenus.

Données du système mécanique

L	=	1	m	Longueur de la poutre
E	=	$210 \cdot 10^9$	N/m ²	Module de Young de la poutre
I	=	$5 \cdot 10^{-9}$	m ⁴	Inertie de la section droite de la poutre
m	=	10	kg	Masse en bout et en milieu de poutre
ξ	=	0.02		Taux d'amortissement modal

Autres données

Excitations extérieures : $W = 10^5$ N²/sec

Capteur : donne un signal électrique de sensibilité : 10 V/(mm/sec), bruit : $V = 10^{-6}$ V²/sec

Actionneur : est commandé par un signal électrique u avec $u_{\max} = 12$ V. On suppose un bruit négligeable. Son efficacité est de 1 N/V.

Données du modèle

L'expression mathématique des relations de base dans les axes cartésiens est :

$$m \begin{bmatrix} \ddot{f}_1 \\ \ddot{f}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{f}_1 \\ \dot{f}_2 \end{bmatrix} + \frac{48 EI}{7 L^3} \begin{bmatrix} 16 & -5 \\ -5 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \end{bmatrix} w + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u$$

La matrice d'amortissement n'est pas définie plus avant mais on suppose que l'amortissement est modal et identique pour les 2 modes ($\xi = 0.01$).

$$y = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \end{bmatrix} ; \quad z = c \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{f}_1 \\ \dot{f}_2 \end{bmatrix} + v$$

Valeurs propres et modes propres : $\omega = \begin{bmatrix} 16.9212 \\ 112.5774 \end{bmatrix}$ rad/sec

$\Phi = \begin{bmatrix} -0.0965 & -0.3011 \\ -0.3011 & 0.0965 \end{bmatrix}$ déjà normés à 1 par rapport à la matrice de masse

Partie B – Stabilité - 10 points

- En contrôle optimal, les pondérations qui interviennent dans la fonction J sont considérées comme connues. Expliquez comment elles sont déterminées dans le processus de positionnement des actionneurs pour un système avec deux sorties et deux actionneurs.
- Qu'apporte la notion de « fonction d'état limite » dans l'analyse des systèmes avec incertitudes. Quelles sont les conditions pour pouvoir mettre en œuvre cette notion.
- Expliquez ce qui peut conduire à l'instabilité d'un système mécatronique complexe muni d'un observateur et un régulateur LQG.
- Quels sont les trois principaux moyens pour restituer la stabilité d'un système mécatronique complexe. Indiquez leurs conditions d'application et comparer leurs avantages / inconvénients.
- Quels sont les moyens pour évaluer les instabilités éventuelles d'un système mécatronique complexe. Indiquez leurs conditions d'application et comparer leurs avantages / inconvénients.