Concours Centrale-Supélec, France

Session 2002, filière MP

Option sciences industrielles de l'ingénieur

Ce que traite le sujet

- Parties A et B : analyse fonctionnelle et architecture du positionneur

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années : prepahelp.com/annales/centrale/mp/2002/si

Prepa Help ne revendique aucun droit sur le sujet, propriété de l'organisateur du concours.

SCIENCES INDUSTRIELLES

Remarque préliminaire. Les calculatrices et les documents ne comportant pas de feuilles volantes sont autorisés.

Document remis. La présente notice comporte 8 pages dactylographiées et 1 feuille-réponse (format A 3).

Système d'image pour la cardiologie et l'angiographie : Advantx LC

L'imagerie médicale

La radiographie est une technique d'exploration anatomique. Cette technique est fondée sur une différence d'absorption des rayons X par les différents tissus du corps. Elle est employée en angiographie c'est à dire pour la visualisation des vaisseaux sanguins et notamment des vaisseaux coronaires.

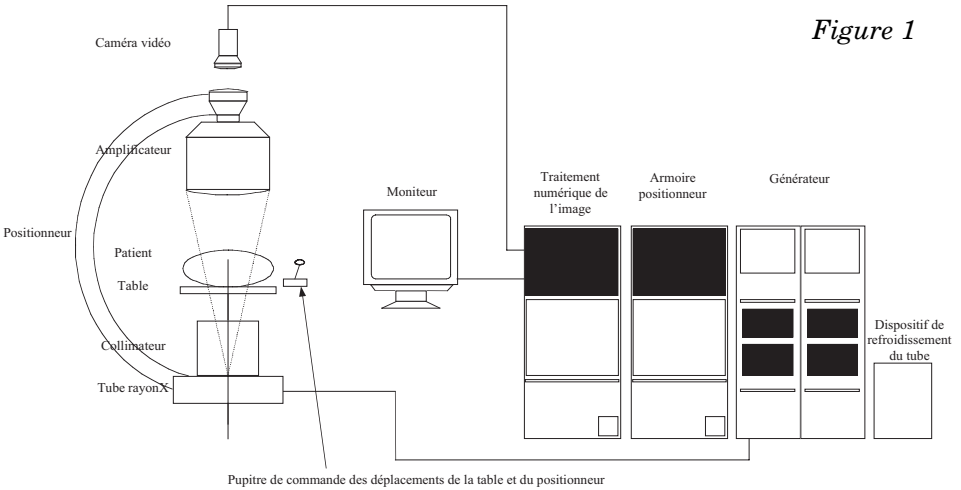
Les nouvelles technologies de l'imagerie médicale permettent d'observer les organes et leurs réactions en direct sur un écran, de situer avec une grande précision une anomalie, de suivre étape par étape l'effet d'une thérapie et d'intervenir en temps réel.

La numérisation facilite la mise en œuvre de techniques permettant l'analyse d'images, l'archivage, la transmission rapide des données. La radiologie numérique fait appel à un amplificateur de luminescence qui recueille l'image radiante. L'image est «reprise» par une caméra vidéo dont le signal est numérisé. L'obtention d'une image de bonne qualité suppose l'alignement parfait du tube émetteur de rayons X avec l'amplificateur ainsi qu'une grande stabilité et rigidité du positionneur.

On ne peut pas distinguer deux tissus qui absorbent de la même manière les rayons X, ceci oblige le médecin à administrer au patient des produits de contraste. En angiographie on administre des produits iodés hydrosolubles injectés à distance et éliminés sélectivement par les reins. Cette technique permet d'obtenir des images de grande qualité par soustraction d'une image obtenue sans produit (image de masque) et d'une image avec produit (image de contraste).

Filière MP

Figure 1



Application avancée : reconstruction d'image 3D en angiographie

L'image tridimensionnelle permet la mise en volume des objets étudiés ce qui en facilite la compréhension. Celle-ci est obtenue grâce à une série d'images planes de masque et de contraste. La qualité de l'image reconstituée est liée à la bonne correspondance entre ces deux images. Pour cela le porteur du sous-système de formation de l'image se doit de réaliser des mouvements avec une bonne répétabilité.

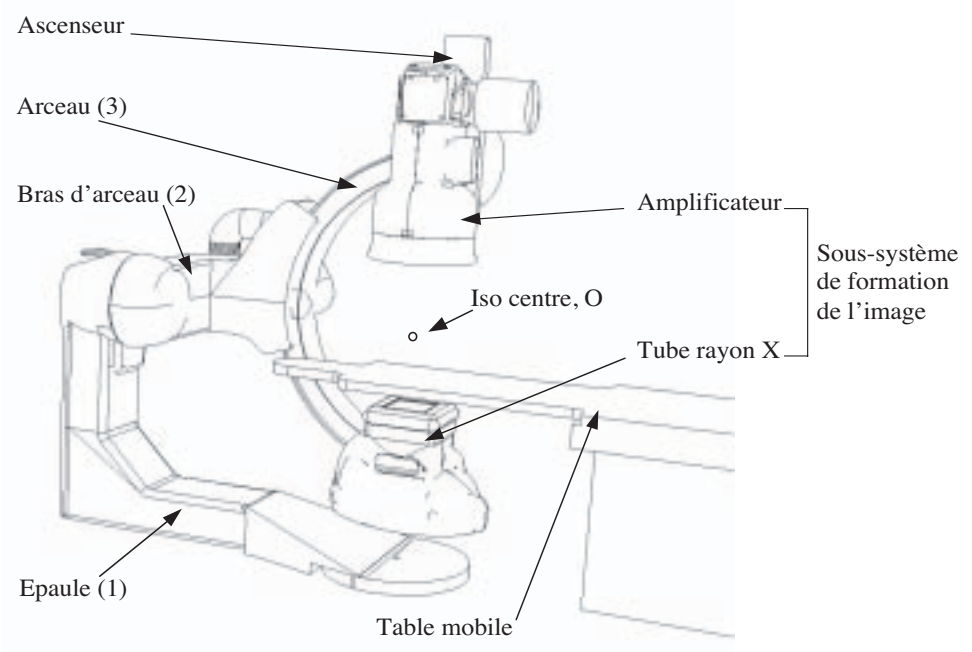
Le nombre de radiographies pratiquées ainsi que la dose d'exposition au cours d'un examen doivent être limités car les rayons X, à partir d'une certaine quantité, deviennent des agents mutagènes (qui entraînent des mutations des cellules du corps).

Les critères de conception de ce type de système se déduisent à la fois des exigences du patient et de celles du médecin. Ces exigences sont :

- du point de vue du patient : sécurité, rapidité de l'examen, confort postural,
- du point de vue du médecin et de l'équipe médicale : sécurité, qualité de l'image, manœuvrabilité, flexibilité, ergonomie, rapidité, confort d'utilisation et accès facile au patient.

Le système de positionnement Advantx LC de General Electric

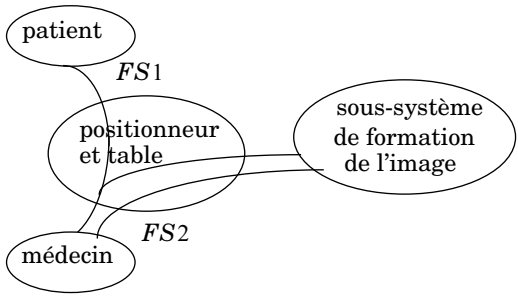
Figure 2



Le système de positionnement de l'émetteur du faisceau (tube rayon X) et du récepteur (amplificateur) par rapport au patient est principalement constitué d'une table et d'un positionneur. Le médecin peut translater le patient à l'aide de la table pour placer la zone à observer proche de l'iso centre du positionneur puis orienter le système image à l'aide du positionneur. Le positionneur est constitué d'une épaule en forme de L, d'un bras et d'un arceau en forme de C. Pour faciliter l'accès au patient l'amplificateur est monté sur un ascenseur. On ne tiendra pas compte de cette mobilité en translation dans cette étude.

A - Analyse fonctionnelle du système de positionnement

Une représentation partielle du graphe mettant en évidence les relations entre le produit étudié et son milieu environnant est donnée ci-contre. Celle-ci permet d'identifier deux des fonctions de service du positionneur et de la table.



FS1 : Placer le sous-système de formation de l'image par rapport au patient dans la position voulue par le médecin.

FS2 : Contribuer à l'obtention d'une image de qualité.

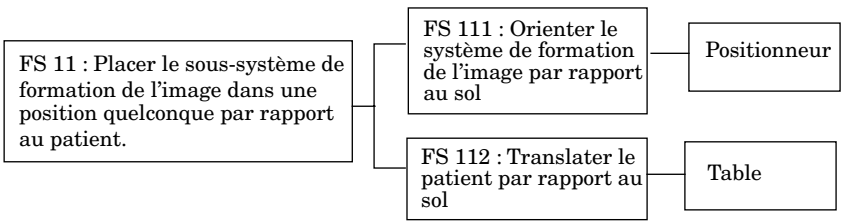
B - Analyse de l'architecture du système de positionnement

L'objet de cette étude est de valider le choix de la cinématique retenue par les ingénieurs de General.Electric.Medical Systems. Nous allons donc plus particulièrement nous intéresser à la fonction suivante :

Fonction FS 11 : Placer le sous-système de formation de l'image dans une position quelconque par rapport au patient.

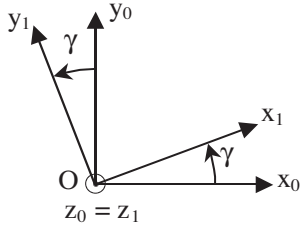
Q.1 Combien de degrés de liberté sont-ils nécessaires et suffisants pour que la cinématique du système de positionnement {positionneur et table} remplisse la fonction FS11 ?

On peut hiérarchiser les fonctions en utilisant un FAST :



Q.2 Combien de degrés de liberté sont-ils nécessaires et suffisants pour remplir la fonction FS 112 ? Décrire succinctement ces degrés de liberté.

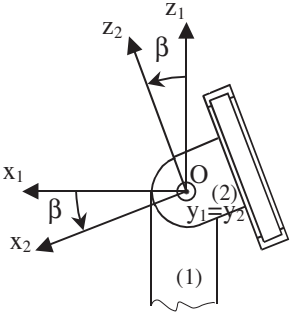
Paramètrage du positionneur .



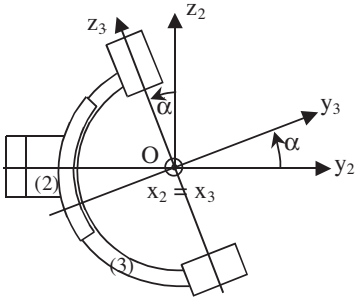
Le point O est l'isocentre du positionneur.

Repère fixe lié au sol : $R_0(O; \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$

Repère lié à l'épaule (1) : $R_1(O; \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ $-100° \leq \gamma \leq 100°$



Repère lié au bras d'arceau (2) : $R_2(O; \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$ $-109° \leq \beta \leq 121°$



Repère lié à l'arceau (3) : $R_3(O; \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_3)$ $-47° \leq \alpha \leq 52°$

Remarques : l'arceau (3) comprend l'ampli et le tube.
$\vec{z}_3$ est la normale au plan de l'image.

Q.3 D'après le paramétrage, combien de degrés de liberté le positionneur possède-t-il par rapport au sol ? Faire un schéma cinématique du positionneur seul. Ce schéma sera effectué en perspective.

Q.4 Prenons l'exemple d'un robot de manutention qui tient un solide dans son préhenseur. Sa fonction est de placer le solide tenu dans une position géométrique quelconque par rapport au sol. Ce type de robot sera appelé robot redondant si son nombre de degrés de liberté est supérieur au nombre de degrés de liberté nécessaires et suffisants pour remplir la fonction.

a) Un robot de manutention cinq axes peut-il remplir la fonction ? Justifier brièvement.

b) Un robot de manutention six axes peut-il remplir la fonction et être redondant ? Justifier brièvement.

c) Quelle est la conséquence géométrique d'une redondance dans la cinématique d'un robot ?

d) Quelle est la conséquence d'une redondance sur la partie commande d'un robot de manutention ?

Q.5 Justifier brièvement en quoi la rotation autour de l'axe $(O, \vec{z}_3)$ du système de formation de l'image par rapport au patient, n'est pas nécessairement une contrainte pour la qualité de l'image. Dans ces conditions le libellé de la fonction FS11 vous semble-t-il correct ?

Q.6 Compte tenu de la remarque effectuée à la question 5, l'ensemble {positionneur et table} forme-t-il un robot redondant ? Justifier brièvement à l'aide des réponses précédentes.

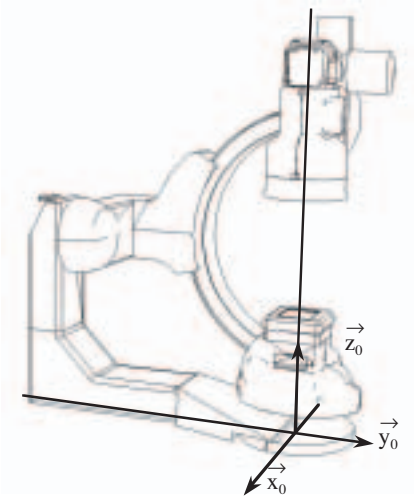
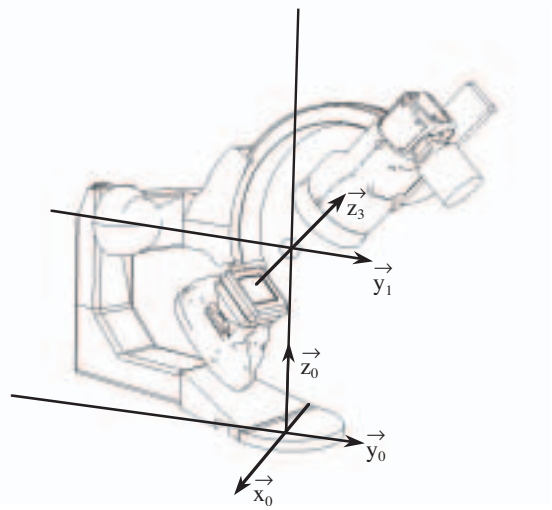
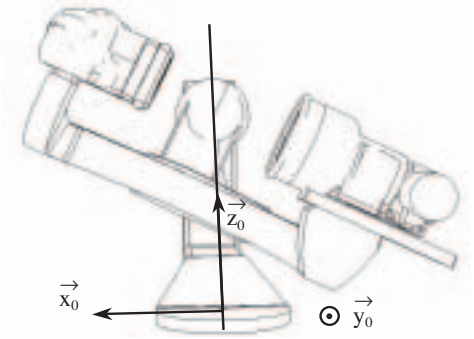


Figure 3


$\vec{z}_3$
$\vec{y}_1$
$\vec{z}_0$
$\vec{y}_0$
$\vec{x}_0$


$\vec{z}_0$
$\vec{x}_0$
$\vec{y}_0$

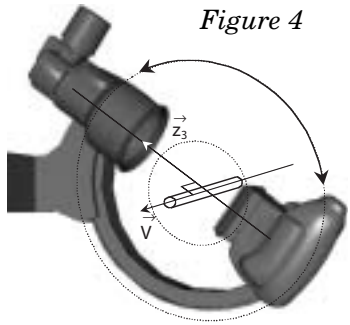
Étude des mouvements pour l'application avancée : profil exact d'un vaisseau sanguin

En angiographie, l'inclinaison du vaisseau sanguin par rapport à l'axe du sous-système de formation d'image a pour conséquence de donner une vue amincie de la section du vaisseau. Cette vue déformée peut être à l'origine d'erreur ou d'interprétations fausses de la sévérité de la lésion.

Le réglage de l'axe du faisceau de rayons X perpendiculaire au segment de lésion est donc une nécessité.

Le pointage sur le vaisseau à ausculter est calculé à partir de deux vues angulairement différentes obtenues par des acquisitions conventionnelles simples planes. L'assistance logicielle fournit au médecin les angles optimaux pour l'utilisation du positionneur. Il est ensuite possible d'effectuer plusieurs images en effectuant le tour du vaisseau.

Figure 4



Soit $\vec{V} = v_x\vec{x}_0 + v_y\vec{y}_0 + v_z\vec{z}_0$ un vecteur unitaire de direction l'axe du vaisseau sanguin.

Pour cette application deux solutions sont envisageables.

Solution 1 : Placer la normale au plan de l'arceau (3) dans l'axe du vaisseau sanguin et tourner l'arceau (3) par rapport au bras d'arceau (2) pour effectuer le tour du vaisseau (voir figure 4).

Solution 2 : Bloquer le mouvement de l'arceau (3) par rapport au bras d'arceau (2) et déplacer le sous-système de formation de l'image de telle sorte que la normale au plan de l'image soit toujours normale à l'axe du vaisseau. On prendra $\alpha = 0$.

Q.7 Étude de la solution 1. Comment peut-on obtenir le système d'équations scalaires permettant de déterminer γ et β en fonction de v_x, v_y et v_z. Le calcul n'est pas demandé. γ et β étant déterminés par le système d'équations précédent, sur quelle plage angulaire est-il possible d'observer le vaisseau sanguin ? On observerait une dérive de l'image du vaisseau sur l'écran, pendant la rotation de l'arceau, si l'axe du vaisseau n'était pas fixe dans le plan $(\vec{x}_3, \vec{y}_3)$. Y a t-il une dérive de l'image du vaisseau sanguin sur l'écran ? Justifier brièvement.

Q.8 Étude de la solution 2. Écrire l'équation scalaire liant γ et β à v_x, v_y et v_z. Soit E_1 cette équation. Cette solution est-elle envisageable ? Si oui, comment faut-il piloter les mouvements de l'épaule et du bras d'arceau ? Calculer $\vec{V} \cdot \vec{y}_3$. Que doit vérifier $\vec{V} \cdot \vec{y}_3$ pour qu'il n'y ait pas de dérive de l'image du vaisseau sanguin sur l'écran au cours du mouvement ? Soit E_2 cette condition. Avec l'équa-

tion E_1 et la condition E_2 montrer que dans le cas général il y a forcément une dérive de l'image du vaisseau sur l'écran.

Q.9 Pour cette application avancée le constructeur du positionneur a retenu la première solution. Au regard des critères de conception, quelles sont les raisons principales de ce choix ? Répondre à cette question en complétant le tableau donné en annexe (Réponse 9).

C - Vérification des performances de la motorisation du mouvement du bras d'arceau

C-1-Validation du choix de la motorisation

L'objet de cette étude est de valider le choix de certains constituants de la chaîne de transmission de puissance de l'axe horizontal du bras d'arceau. Cette motorisation entraîne l'ensemble du bras d'arceau (2) et de l'arceau (3).

L'ensemble en mouvement ne doit pas toucher le patient. Cette protection est gérée par un programme d'anticollision qui calcul en temps réel la position de l'ensemble en mouvement par rapport à un modèle volumique du patient. Ce calcul limite les performances du système à une vitesse de rotation de chaque axe à $10° \cdot s^{-1}$. *Cependant, l'application avancée de reconstruction 3D nécessite un déplacement plus rapide de ce système. Dans ce cas, il devient nécessaire de ne pas utiliser le programme anticollision et d'effectuer un mouvement lent préalable de validation.*

Application avancée : reconstruction d'image 3D en angiographie

La reconstruction 3D des vaisseaux sanguins repose sur l'acquisition de vues multiples sur une large plage angulaire. Le but global de ce type d'application médicale est de diminuer le temps d'examen, d'utiliser moins de produit de contraste et de réduire la dose de rayonnement, tout en fournissant plus d'informations pour le diagnostic. Les clichés sont pris pendant que le bras d'arceau (2) est en mouvement, l'arceau (3) étant fixe par rapport au bras d'arceau : $\alpha = 0$. *C'est l'application la plus contraignante en vitesse et en accélération.*



Évaluation de la vitesse de rotation nécessaire à la reconstruction 3D

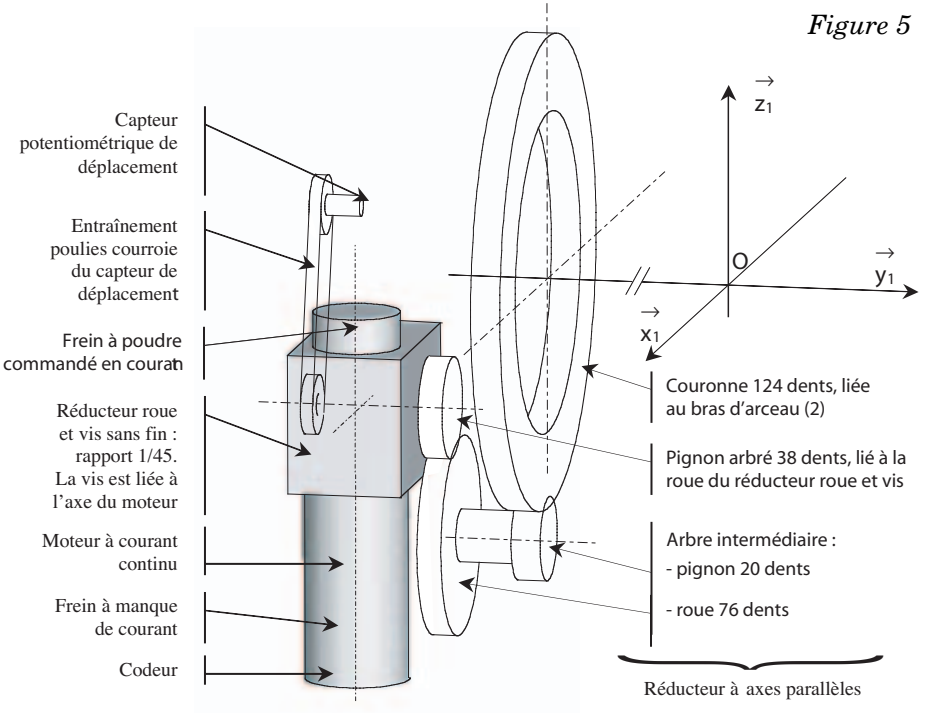
Soit $\vec{\Omega}_{(2/1)} = \omega_{2/1}\vec{y}_1$ la vitesse de rotation du bras d'arceau (2) par rapport à l'épaule (1).

Critères :

- Pour la construction d'images 3D, il faut disposer d'au moins 40 clichés pris à vitesse angulaire constante sur la plage angulaire la plus grande possible.
- On se fixe comme objectif de minimiser la dose de produit de contraste administrée au patient. Cette dose de produit limite le temps de prise de clichés à $T = 3$ secondes.
- La rotation du bras d'arceau (2) est limitée : $-105° \leq \beta \leq 120°$.
- Compte tenu de sa souplesse, on limite l'accélération et la décélération angulaires maximales du bras d'arceau (2) à $\boldsymbol{a} = 13° \cdot s^{-2}$.

Q.10 Tracer l'allure de la courbe de la loi en vitesse, $\omega_{2/1}(t)$, permettant d'exploiter au mieux les possibilités de la motorisation. Justifier brièvement le choix de la loi en vitesse angulaire effectué. Chaque portion de courbe sera commentée brièvement au regard des critères énoncés précédemment.

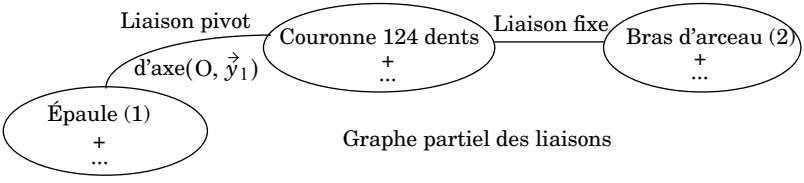
Figure 5



Calcul de la vitesse de rotation du moteur

Le dessin de la figure 5 présente l'architecture de la chaîne de transmission de puissance du bras d'arceau.

Le carter du moteur et du réducteur roue et vis sans fin est fixé sur l'épaule (1), l'arbre intermédiaire est en liaison pivot avec l'épaule (1) et la couronne liée au bras d'arceau (2) est en liaison pivot d'axe $(O, \vec{y}_1)$ avec l'épaule (1).



Graphe partiel des liaisons

Pour le réducteur roue et vis sans fin la vis est à droite, ainsi avec la base $(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ retenue $\frac{\omega_{roue/1}}{\omega_{vis/1}} = r_1 = \frac{1}{45}$.

Soient $\vec{\Omega}_{(m/1)} = \omega_m \vec{z}_1$ la vitesse de rotation de l'arbre du moteur par rapport à l'épaule (1).

Q.11 Calculer le rapport de réduction $r = \frac{\omega_{2/1}}{\omega_m}$. Actuellement la vitesse de rotation maximale du bras d'arceau est de $30° \cdot s^{-1}$. Calculer la vitesse de rotation du moteur pour les vitesses de rotation du bras d'arceau de $10° \cdot s^{-1}$ et de $30° \cdot s^{-1}$.

Calcul du couple moteur

Pour vérifier le dimensionnement du moteur il faut calculer le couple maxi nécessaire à l'entraînement de l'arceau (2) et du bras d'arceau (3). L'application la plus contraignante en accélération est l'application de reconstruction 3D. L'accélération angulaire retenue est l'accélération maximale $\boldsymbol{a} = 13° \cdot s^{-2}$. Pour cette application l'épaule (1) est fixe par rapport au sol que l'on supposera galiléen, l'arceau (3) est fixe par rapport au bras d'arceau (2) : $\alpha = 0$. Pour toute cette partie on ne considère pas l'action du frein à poudre. Dans un premier temps toutes les liaisons sont supposées parfaites. L'axe $(O\,;\vec{z}_0)$ est vertical ascendant et on désigne par $\vec{g} = -g\vec{z}_0$ l'accélération de la pesanteur.

Données cinétiques :

- Le bras d'arceau (2)
  Centre d'inertie G_2 :

  $\overrightarrow{OG_2} = x_{G_2}\vec{x}_2 + y_{G_2}\vec{y}_2 + z_{G_2}\vec{z}_2 = -230\vec{x}_2 - 1070\vec{y}_2 - 15\vec{z}_2$ dimensions en mm.

  Masse $m_2 = 60$ kg

  Matrice d'inertie dans la base $(\vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$:

  $$[\boldsymbol{I}_{(G_2,(2))}] = \begin{bmatrix} A_2 & -F_2 & -E_2 \\ -F_2 & B_2 & -D_2 \\ -E_2 & -D_2 & C_2 \end{bmatrix}_{(\vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)} = \begin{bmatrix} 6 & -3 & -1 \\ -3 & 7 & 1 \\ -1 & 1 & 8 \end{bmatrix}_{(\vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)} \text{ en kg} \cdot \text{m}^2.$$

- Le solide (3) constitué de l'arceau, du tube, de l'ascenseur en position haute et de l'ampli.
  Centre d'inertie G_3 :

  $\overrightarrow{OG_3} = x_{G_3}\vec{x}_3 + y_{G_3}\vec{y}_3 + z_{G_3}\vec{z}_3 = -190\vec{x}_3 - 125\vec{y}_3 + 75\vec{z}_3$: dimensions en mm.

  Masse $m_3 = 260$ kg

  Matrice d'inertie dans la base $(\vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_3)$:

  $$[\boldsymbol{I}_{(G_3,(3))}] = \begin{bmatrix} A_3 & -F_3 & -E_3 \\ -F_3 & B_3 & -D_3 \\ -E_3 & -D_3 & C_3 \end{bmatrix}_{(\vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_3)} = \begin{bmatrix} 160 & 6 & -12 \\ 6 & 190 & 8 \\ -12 & 8 & 20 \end{bmatrix}_{(\vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_3)} \text{ en kg} \cdot \text{m}^2.$$

Soit $C_1 = \vec{M}_{O(\text{Couronne} \to 2)} \cdot \vec{y}_1$ la projection sur $\vec{y}_1$ du moment en O de l'action de la couronne sur le bras d'arceau (2). On modélise l'action du moteur sur la vis du système roue et vis sans fin par un couple $\left\{ \begin{matrix} \vec{0} \\ C_m\vec{z}_1 \end{matrix} \right\}_M$.

Q.12 Exposer brièvement la méthode retenue pour déterminer l'équation scalaire qui permet d'exprimer C_1 en fonction des données cinétiques et de $\ddot{\beta}$. (Les mots clés sont bien évidemment : système matériel isolé…, bilan …, application du théorème …à… en projection sur…. etc.).

Q.13 Selon la méthode exposée ci-dessus, déterminer l'expression littérale de C_1 en fonction des données cinétiques et de $\ddot{\beta}$.

À partir de l'expression de C_1 et des valeurs numériques, on peut montrer que le maximum de la valeur absolue de C_1 est principalement fonction de l'action de la pesanteur, lors de l'accélération angulaire de $13° \cdot s^{-2}$. Désormais nous allons tenir compte de ce résultat en se plaçant à une vitesse de rotation du bras (2) constante. Et on validera le choix du moteur à vitesse constante.

Q.14 Appliquer le théorème de l'énergie cinétique à l'ensemble constitué du moteur, du système roue et vis sans fin et du réducteur à axes parallèles. En déduire une relation entre ω_m, C_m, $\omega_{2/1}$ et C_1.

Q.15 Le rendement du système roue et vis sans fin étant assez faible il est nécessaire d'en tenir compte pour évaluer le couple moteur. Écrire la relation entre ω_m, C_m, $\omega_{2/1}$ et C_1 lorsque le rendement ρ de l'ensemble constitué du système roue et vis sans fin et du réducteur à axes parallèles est égal à $0,65$.

Q.16 La courbe de la figure 6 donne la valeur de $-C_1$ en fonction de β. À l'aide des résultats précédents et de cette courbe, calculer le couple moteur maxi en valeur absolue.

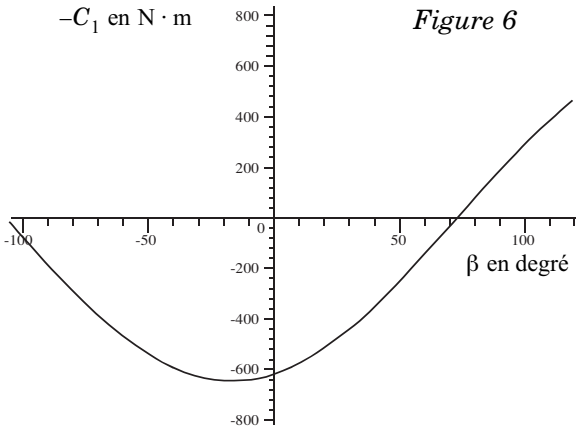


Figure 6

Validation du choix moteur

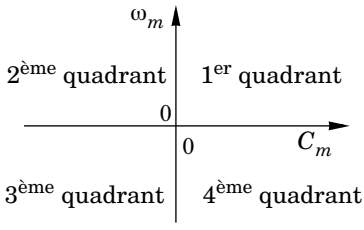
Q.17 Répondre à cette question sur la feuille donnée en annexe (Réponse 17). Placer sur la courbe d'utilisation du moteur les points de fonctionnement correspondant à une vitesse de rotation du bras d'arceau de $10° \cdot s^{-1}$ et de $30° \cdot s^{-1}$. Apporter une conclusion quant au dimensionnement du moteur.

Étude des régimes du moteurs

Q.18 Répondre à cette question sur la feuille donnée en annexe (Réponse 18). Tracer l'allure du couple moteur en fonction de la position angulaire β .

Q.19 Le plan C_m , ω_m (voir figure 7) est découpé en quatre quadrants. Indiquer pour chaque quadrant le comportement du moteur électrique c'est à dire s'il agit en moteur ou en frein. Justifier brièvement.

Figure 7



Q.20 Puisqu'il faut dissiper de l'énergie, proposer deux solutions pour dissiper cette énergie dans le contexte d'une transmission motorisée par un actionneur électrique.

Q.21 En fonction de l'angle d'inclinaison d'hélice et du coefficient de frottement un système roue et vis sans fin peut-être considéré comme irréversible. Expliquer brièvement en quoi l'irréversibilité de la chaîne de transmission de puissance serait intéressante du point de vue de la sécurité. Mais l'irréversibilité n'est pas garantie, ni l'irréversibilité statique (positionneur arrêté) et encore moins l'irréversibilité dynamique (par exemple : positionneur arrêté mais en vibration), même si le rendement inverse est faible. Quel organe de la transmission vient alors en complément ?

C-2- Détermination de la structure de la commande du moteur

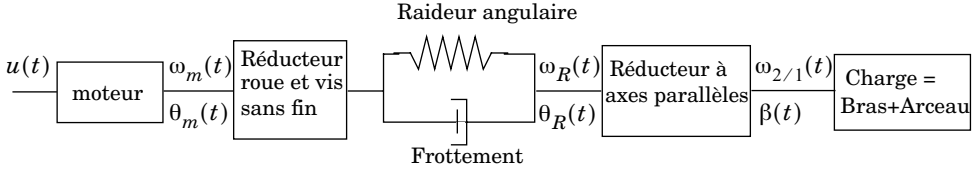
La validation du choix de la motorisation ayant été effectuée, l'objectif de l'étude suivante est la détermination d'une structure de commande du moteur de la chaîne de transmission de puissance du bras d'arceau ainsi que la synthèse du correcteur.

Modélisation

Le moteur transmet son mouvement à l'ensemble {Bras d'arceau (2) + Arceau (3)}, mais cet ensemble ainsi que les éléments de la transmission ne sont pas infiniment rigides ce qui risque de nuire à la stabilité. Nous nous intéresserons uniquement à l'influence du comportement souple de la chaîne de transmission sur la commande en position angulaire du bras d'arceau (2), et plus particulièrement au réducteur roue et vis sans fin.

En effet, le réducteur roue et vis sans fin n'est pas infiniment rigide et dissipe de l'énergie par frottement. On note K la raideur angulaire du réducteur ramenée sur son arbre de sortie et f le coefficient de frottement caractérisant le réducteur. Nous ne prendrons pas en compte, dans cette étude, l'action de la pesanteur. Cette dernière pouvant être introduite ensuite comme une perturbation.

La chaîne de transmission de puissance peut être modélisée de la façon suivante :



$u(t)$ est la tension d'alimentation du moteur électrique,

$$\frac{d\theta_m(t)}{dt} = \omega_m(t) \text{ et } \frac{d\theta_R(t)}{dt} = \omega_R(t).$$

Équations temporelles associées au modèle :

- Le rapport de réduction du réducteur roue et vis sans fin est $r_1 = 1/45$.
- Le rapport de réduction du réducteur à axes parallèles est $r_2 = \dfrac{\omega_{2/1}}{\omega_R}$
- L'arbre d'entrée du réducteur à axes parallèles est soumis à un couple $C_R = C_T + C_F$ avec $C_T = K(r_1 \cdot \theta_m - \theta_R)$ et $C_F = f(r_1 \cdot \omega_m - \omega_R)$.
  On note J_R le moment d'inertie, ramené sur l'arbre d'entrée du réducteur à axes parallèles, de la charge et du réducteur à axes parallèles.
  L'étude dynamique conduit à l'équation :
  $$J_R \cdot \frac{d\omega_R}{dt} = C_R = C_T + C_F = K(r_1 \cdot \theta_m - \theta_R) + f(r_1 \cdot \omega_m - \omega_R).$$
- Le moteur est régi par les lois de comportement suivantes :
  $$u = R \cdot i + L\frac{di}{dt} + K_e \cdot \omega_m \text{ et } C_m = K_c \cdot i.$$
- L'arbre du moteur est soumis à un couple $C_u = C_m - r_1 C_R$.
  On note Jm le moment d'inertie équivalent, ramené sur l'arbre moteur, de l'ensemble des solides entraînés.
  L'étude dynamique conduit à l'équation :
  $$Jm \cdot \frac{d\omega_m}{dt} = C_u = C_m - r_1 \cdot C_R.$$

Q.22 Répondre à cette question sur la feuille donnée en annexe (Réponse 22). Compléter le schéma blocs qui représente les équations du modèle après transformation de Laplace en reportant les expressions littérales des différentes transmittances. On note $\Omega_m(p)$ la transformée de Laplace de $\omega_m(t)$, $\theta(p)$ la transformée de Laplace de $\theta(t)$, $C_R(p)$ la transformée de Laplace de $C_R(t)$ …

La fonction de transfert $H_{(p)} = \dfrac{\theta_m(p)}{U(p)}$ est alors connue et l'application numérique permet d'écrire :

$$H(p) = \frac{\theta m(p)}{u(p)} = \frac{125\left(1 + \dfrac{p^2}{191^2}\right)}{p\left(1 + \dfrac{p}{22,4}\right)\left(1 + \dfrac{p}{365}\right)\left(1 + \dfrac{2\xi_1}{\omega_1}p + \dfrac{p^2}{{\omega_1}^2}\right)} \quad \xi_1 = 0,05 \quad \omega_1 = 654 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

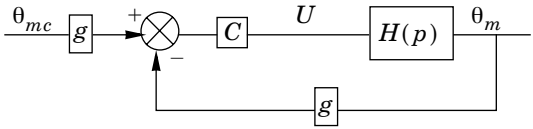
Étude de l'asservissement en position de l'arbre moteur

Le schéma précédent décrit une commande non asservie de la position angulaire du bras d'arceau.

Q.23 Justifier la nécessité d'un asservissement en position de ce système.

L'architecture de la chaîne de transmission de puissance du bras d'arceau est telle que le capteur de position utilisé est un codeur placé sur l'arbre du moteur.

La structure de l'asservissement est donc définie par le schéma suivant :



On considérera $g = 1 \text{ V} \cdot \text{rad}^{-1}$. C= correcteur.

Le cahier des charges de l'asservissement impose :

- une marge de phase $M\varphi = 60°$,
- un temps d'établissement $t_e = 0,05$ s.

Soient ω_c la pulsation de coupure à 0 dB de la FTBO et t_e le temps d'établissement de la boucle fermée. On utilisera (sans justification) la relation $\omega_c \cdot t_e = 3$.

Le premier correcteur envisagé est un correcteur proportionnel de gain C.

Q.24 Pour cette question, reporter les tracés nécessaires sur la feuille donnée en annexe (Réponse 24). Quelle est la valeur de la pulsation de coupure ω_c qui permet d'assurer une marge de phase de $60°$? En déduire la valeur du gain C du correcteur proportionnel. En déduire le temps d'établissement t_e. Que peut-on conclure ? Remarque : pour cette question, on peut se limiter à l'étude dans la bande $[0, 100 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}]$.

Le second correcteur envisagé est de la forme $C_{(p)} = \dfrac{\lambda(1+Tp)}{1+aTp}$ *avec* $a < 1$.

Q.25 Déterminer les tracés asymptotiques des diagrammes de Bode (gain et phase) de ce correcteur (indiquer les valeurs caractéristiques indispensables). Donner l'allure de la courbe de phase sur le diagramme de phase.

On note φ_m la valeur maxi de l'avance de phase du correcteur et ω_1 la valeur de la pulsation associée à φ_m. ω_1 est appelée : la pulsation centrale du correcteur. ω_1 et φ_m sont déterminées par les relations :

$$\omega_1 = \frac{1}{T\sqrt{a}} \text{ et } \sin\varphi_m = \frac{1-a}{1+a}.$$

Q.26 Montrer que la valeur du gain du correcteur pour la pulsation ω_1 vaut $20\log\lambda + 10\log\frac{1}{a}$.

Q.27 Quelle est la valeur recherchée pour la pulsation de coupure ω_c de la FTBO ?

Le correcteur est placé sur la pulsation de coupure ω_c, soit $\omega_c = \omega_1$.

Q.28 Déterminer a et T permettant de respecter la marge de phase de la FTBO.

Q.29 Déterminer le gain λ permettant d'assurer la valeur ω_c déterminée précédemment. Donner la fonction de transfert du correcteur à avance de phase ainsi déterminé (valeurs numériques).

L'asservissement étudié précédemment est en fait réalisé sur la position de l'arbre moteur.

Q.30 Proposer une autre implantation du capteur permettant de mieux contrôler l'asservissement en position du bras d'arceau. Quelle est alors la modification à apporter au schéma blocs donné à la question 22 ? Indiquer cette modification sur la feuille donnée en annexe, (Réponse 22), en utilisant une autre couleur.

••• FIN •••

SCIENCES INDUSTRIELLES

Annexe du sujet de Sciences-Industrielles, filière MP

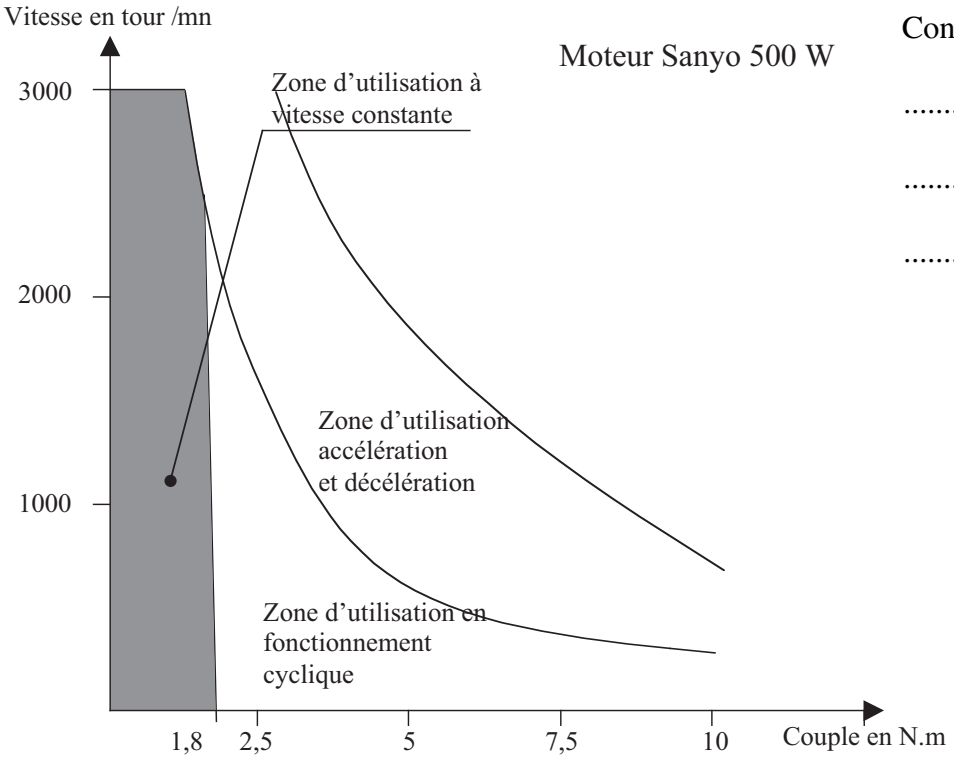
Cette annexe doit être rendue avec les autres copies. Il ne pourra pas être délivré d'autre exemplaire de ce document.

Réponse 9

Critères	Solution 1	Solution 2
Confort d'utilisation	.....	Dérive à l'écran (en l'absence d'un système de correction)
Sécurité (risque de bousculer un membre de l'équipe médicale)	Le risque de bousculer un membre de l'équipe médicale est moins grand parce qu	Le risque de bousculer un membre de l'équipe médicale est plus grand parce qu ....
Ergonomie (lisibilité du mouvement : bonne interprétation spatiale, par le médecin, de la position du vaisseau du patient)	....	....
Stabilité répétabilité	La stabilité et la répétabilité sont plus faciles à obtenir parce qu	La stabilité et la répétabilité sont moins faciles à obtenir parce qu ....

Filière MP

Réponse 17



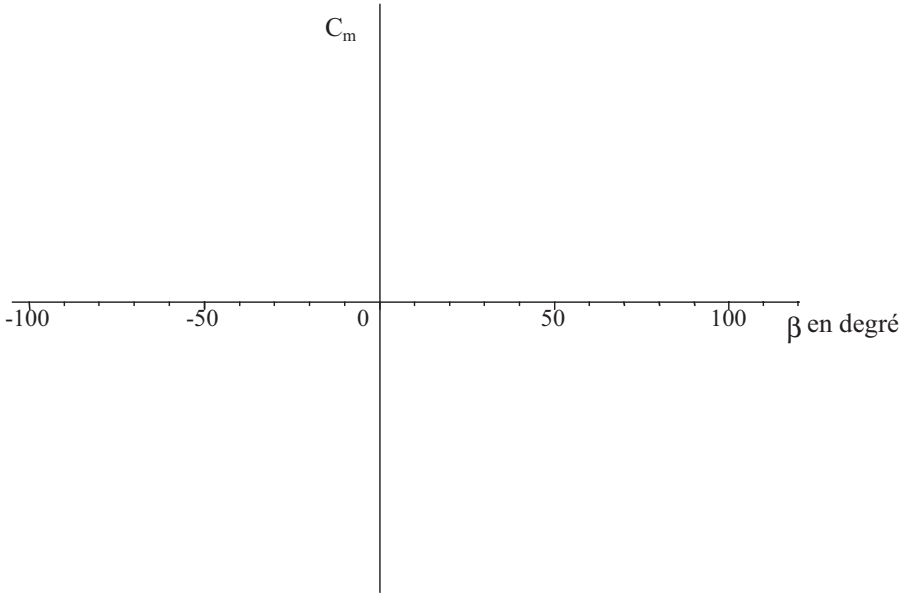
Conclusion :

.....

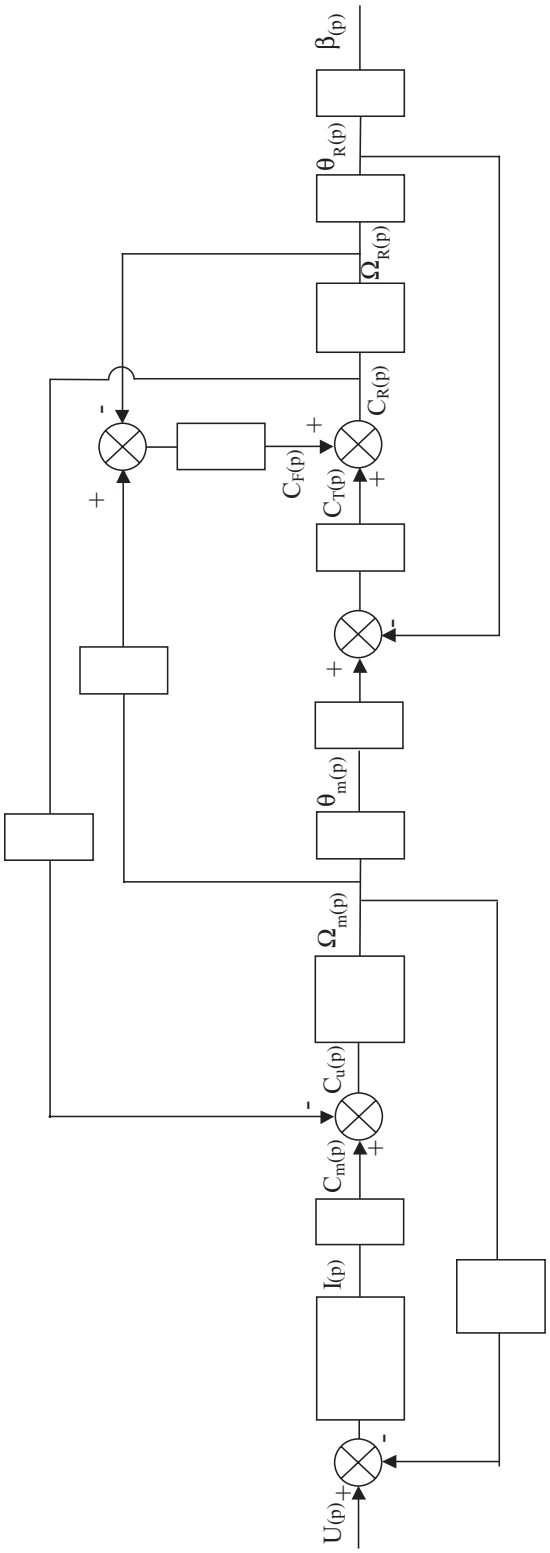
.....

.....

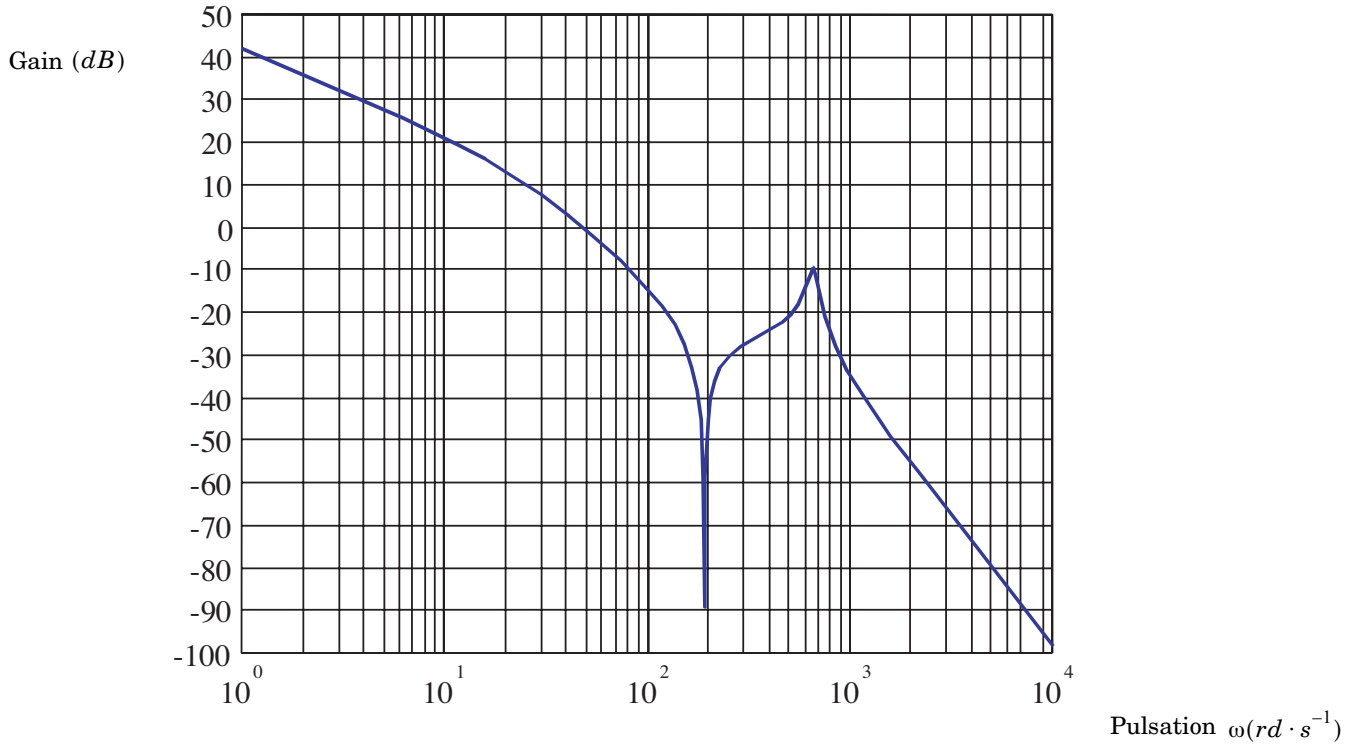
Réponse 18

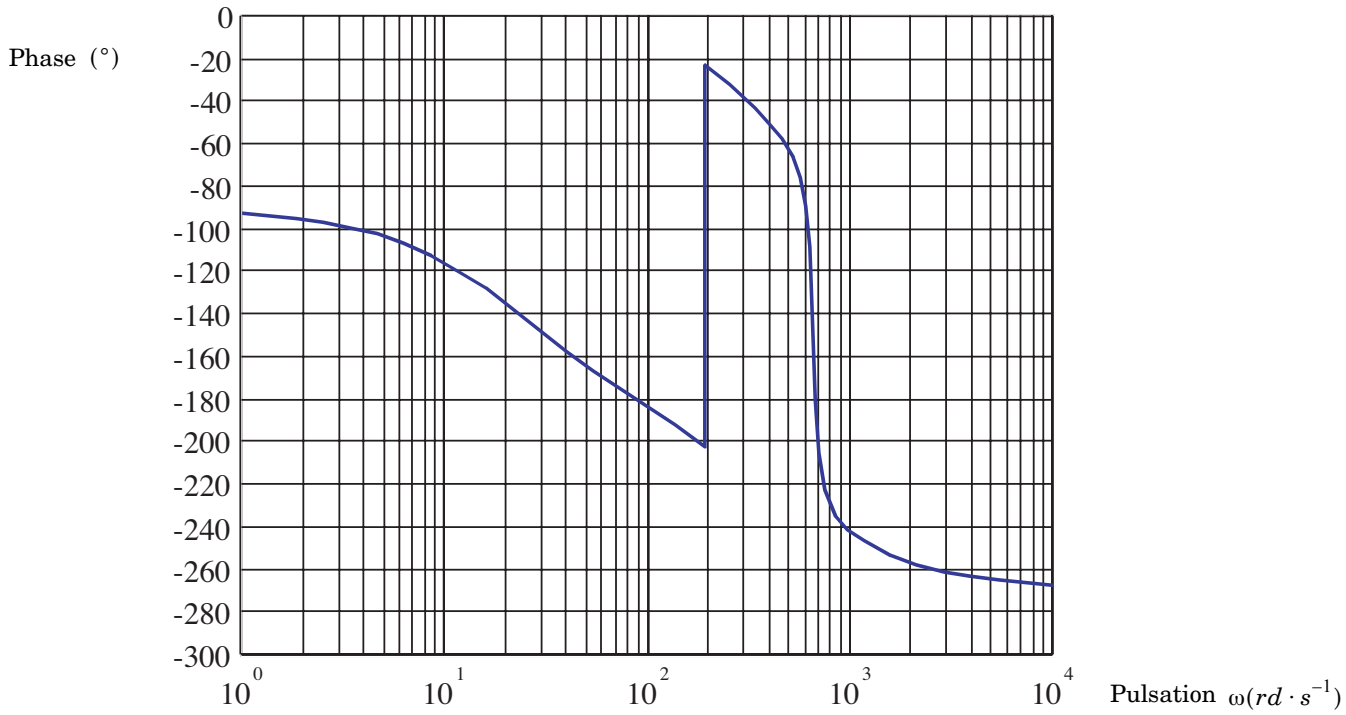


Réponse 22



Réponse 24


Gain (dB)
50
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
-70
-80
-90
-100
10^0
10^1
10^2
10^3
10^4
Pulsation $\omega(rd \cdot s^{-1})$


Phase $(°)$
0
-20
-40
-60
-80
-100
-120
-140
-160
-180
-200
-220
-240
-260
-280
-300
10^0
10^1
10^2
10^3
10^4
Pulsation $\omega(rd \cdot s^{-1})$

Travailler les chapitres de ce su

Prepa Help suit le programme de MP chapitre par chapitre : cours détaillé, méthodes, pièges, exercices et problèmes corrigés pas à pas, tirés des concours. L'essai gratuit donne accès aux chapitres offerts de ta



Ouvrir l'essai gratuit

Scanne le code ou clique sur le bou

graphe des liaisons et

prepahelp.com/#essai

, exigences et

Une question sur le concours ou sur

ramétrage, vitesse, taux de

écrire sur WhatsApp

ique

- Dynamique des systèmes de solides : principe fondamental, stratégie d'isolement, équilibrage
- Énergétique : puissances, théorème de l'énergie cinétique, rendement
- Transmetteurs de puissance et trains d'engrenages
- Géométrie des masses : centre d'inertie, matrice d'inertie, théorème de Huygens
- Modélisation des systèmes asservis : structure, SLCI,

Les autres années et épreuves : prepahelp.com/annales/centrale/mp