

Exercice 9 **Système de positionnement d'un appareil d'imagerie médicale**

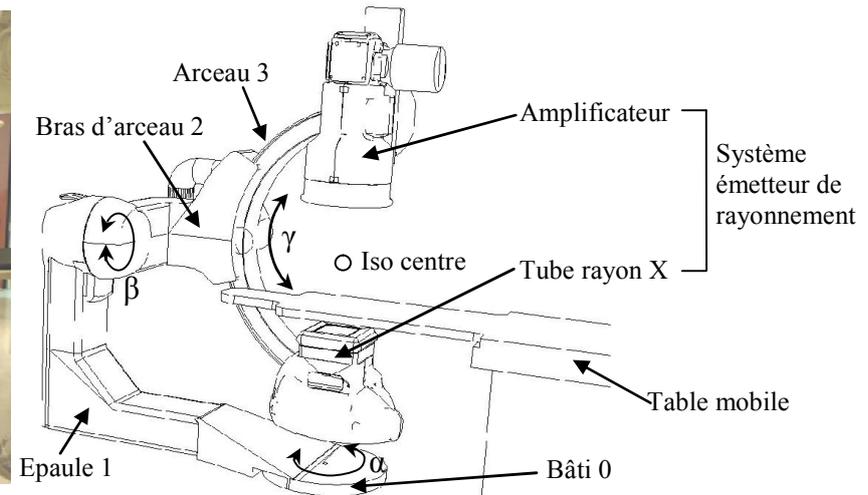
1. Présentation

L'étude porte sur un système permettant de réaliser des imageries médicales de vaisseaux sanguins sur un patient.

Ce système, conçu par *General Electric Medical System*, envoie des rayons X dans le corps du patient et mesure leur rayonnement. En fonction des informations reçues, une image de synthèse en trois dimensions est réalisée, permettant de voir les éventuels problèmes médicaux à venir.



Anévrisme en image de synthèse →



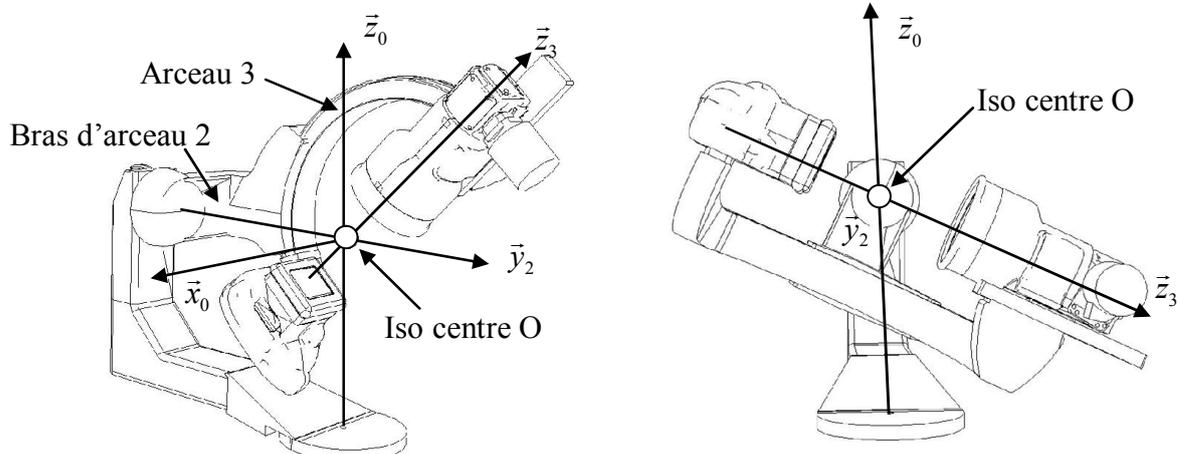
Système d'imagerie médicale

Ce système est constitué des éléments suivants :

- le bâti 0 ;
- une épaule 1 qui peut être mis en mouvement par rapport au bâti 0 ;
- un bras d'arceau 2 qui peut s'orienter par rapport à l'épaule ;
- un arceau 3 qui se déplace par rapport au bras d'arceau 2.

Le patient est situé sur une table mobile. Le réglage en hauteur du patient sur la table mobile est possible pour son confort mais n'est pas utilisé au cours d'une analyse. Seuls les degrés de liberté α , β et γ sont utilisés pendant l'analyse.

L'émetteur de rayons, situé sur l'arceau, focalise la vision interne du patient en un point appelé iso centre.



Paramétrage du système d'imagerie médicale

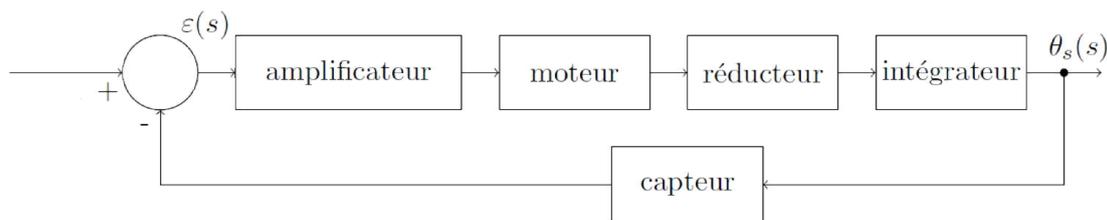
Sur l'image de gauche, l'arceau 3 s'oriente par rapport au bras d'arceau 2 et sur l'image de droite le bras d'arceau 2 se déplace par rapport à l'épaule 1.

On donne ci-dessous un extrait de cahier des charges du système de positionnement dans la phase d'utilisation correspondant à une acquisition d'imagerie.

Exigence	Critère	Niveau	Flexibilité
Positionner le système émetteur de rayonnement par rapport au patient	Vitesse angulaire pour chaque axe	$10^\circ \cdot s^{-1}$	$\pm 10\%$
	Marge de phase	$M\phi > 45^\circ$	<i>aucune</i>

Dans la suite, on s'intéresse à l'axe permettant d'orienter le bras d'arceau 2 par rapport à l'épaule 1.

La structure de la chaîne fonctionnelle asservie de cet axe est la suivante :



Structure de l'asservissement en position angulaire

Les différents éléments de cette chaîne fonctionnelle sont les suivants :

- l'amplificateur est un gain pur K_a ;
- le réducteur, qui diminue la vitesse angulaire d'un facteur 558, est un gain pur K_r ;
- le capteur est un gain pur K_c ;
- le moteur, de fonction de transfert $H_m(p)$, est assimilé à un système du premier ordre de constante de temps T_m et de gain K_m .

2. Objectif

Valider les critères du cahier des charges.

3. Travail demandé

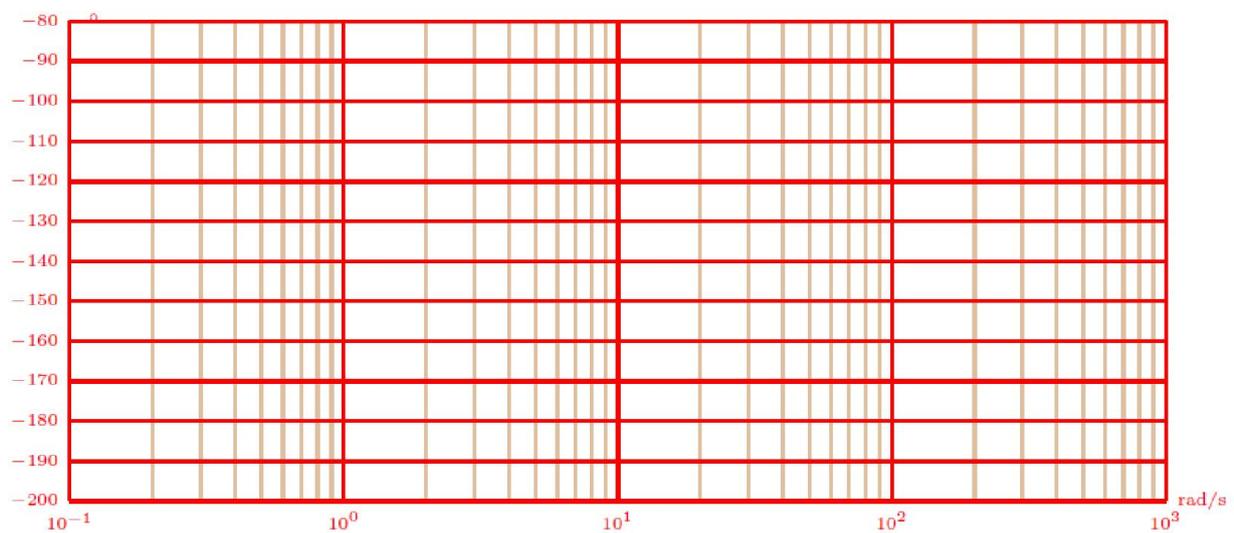
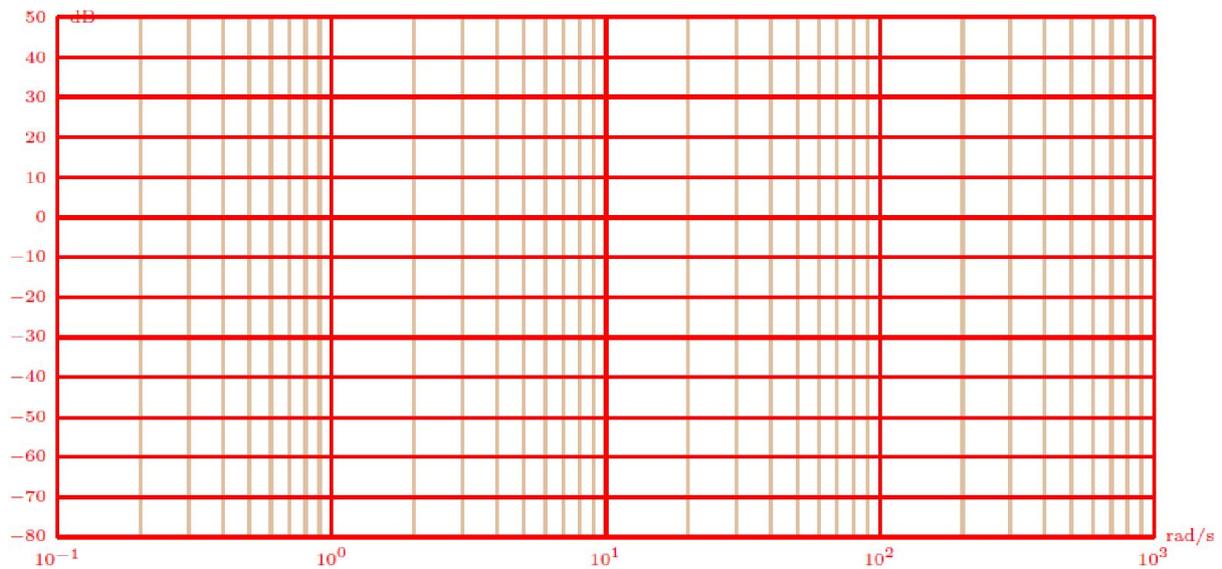
- Déterminer la valeur numérique du gain K_r du réducteur.
- Déterminer la fonction de transfert en chaîne directe $FTCD(p)$, la fonction de transfert en boucle ouverte $FTBO(p)$ et la fonction de transfert en boucle fermée $FTBF(p)$ de cet asservissement. Exprimer les résultats en fonction de K_a , K_m , K_r , K_c et T_m .
- Montrer que la fonction de transfert en boucle fermée de ce système peut s'écrire sous la forme d'un deuxième ordre $\frac{K}{1 + \frac{2 \cdot z}{\omega_0} p + \frac{1}{\omega_0^2} p^2}$. Donner l'expression littérale de K , z et ω_0 en fonction de K_a ,

K_m , K_r , K_c et T_m .

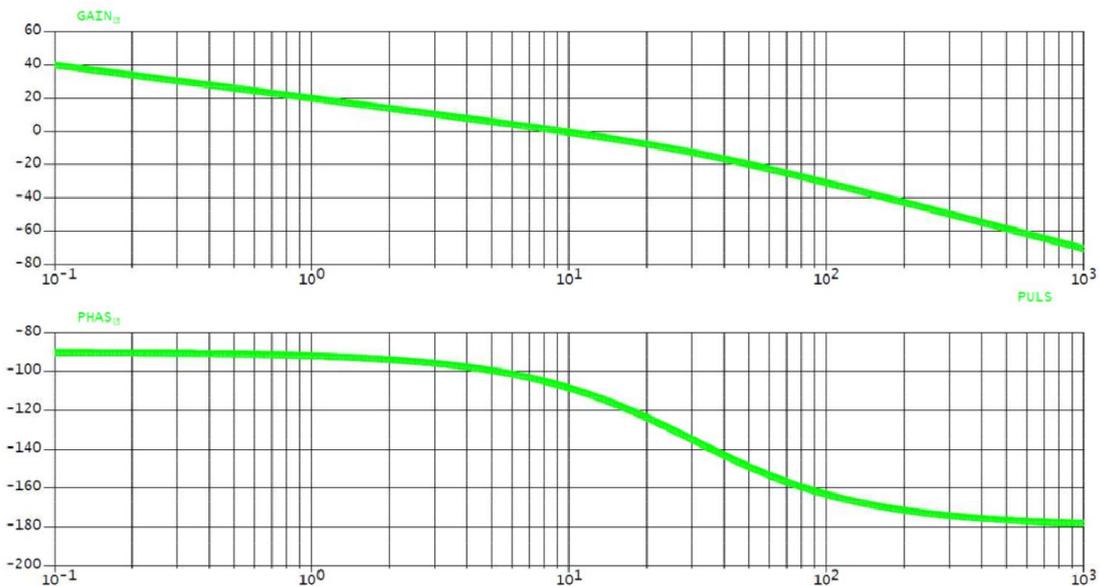
Avec les valeurs numériques des coefficients des différents gains, on peut déterminer la valeur numérique de la fonction de transfert en boucle ouverte :

$$FTBO(p) = \frac{10}{p \cdot \left(1 + \frac{1}{30} \cdot p\right)}$$

- Tracer, en bleu, le diagramme de Bode asymptotique de la fonction de transfert en boucle ouverte sur le document réponse.
- Calculer le gain en décibel et la phase exacte pour $\omega = 30 \text{ rad/s}$.



On donne ci-dessous les tracés réels des courbes de gain et de phase de la *FTBO*.



6. Déterminer la pulsation qui annule le gain en décibel puis déterminer la marge de phase M_φ du système.
7. Conclure quant à la capacité du système à satisfaire le critère de marge de phase du cahier des charges.