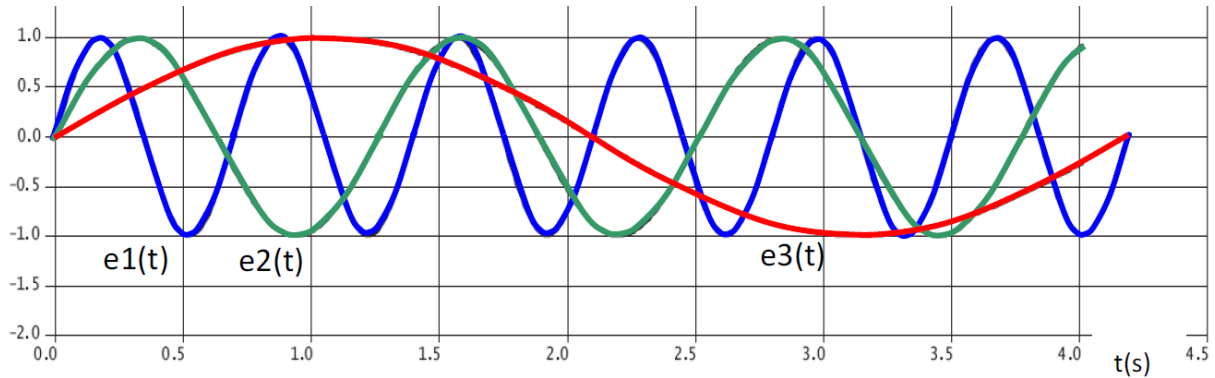


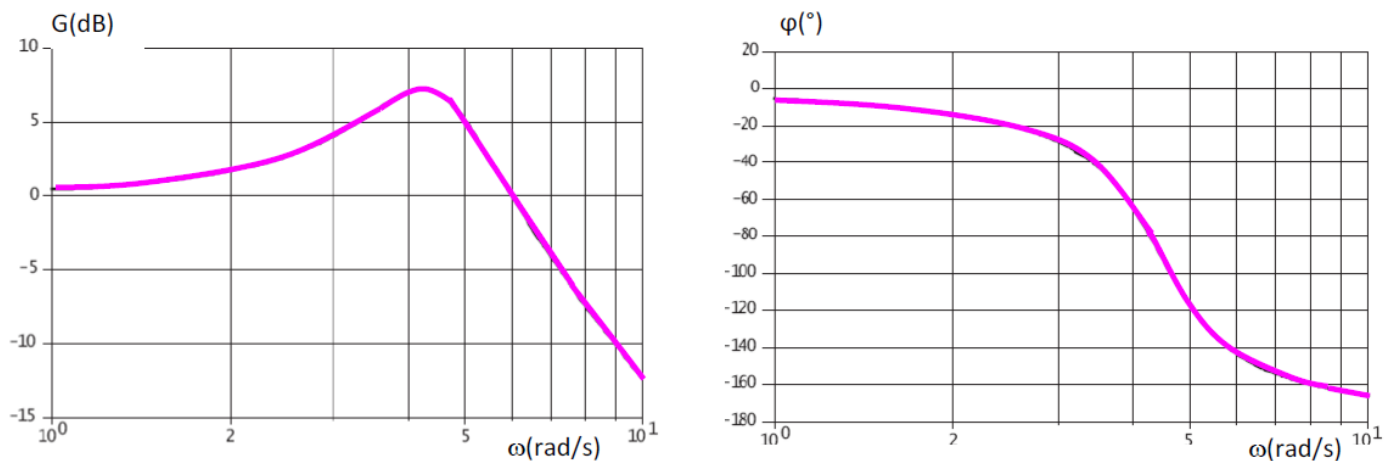
Ex. 1 : Réponses temporelles et harmoniques d'un SLCI

Le diagramme temporel ci-dessous présente, en fonction du temps en s, l'évolution de 3 signaux d'entrée sinusoïdaux.



Question 1. Déterminer les périodes et les pulsations de chacun des signaux.

Soit un système dont le diagramme de Bode est donné ci-dessous :



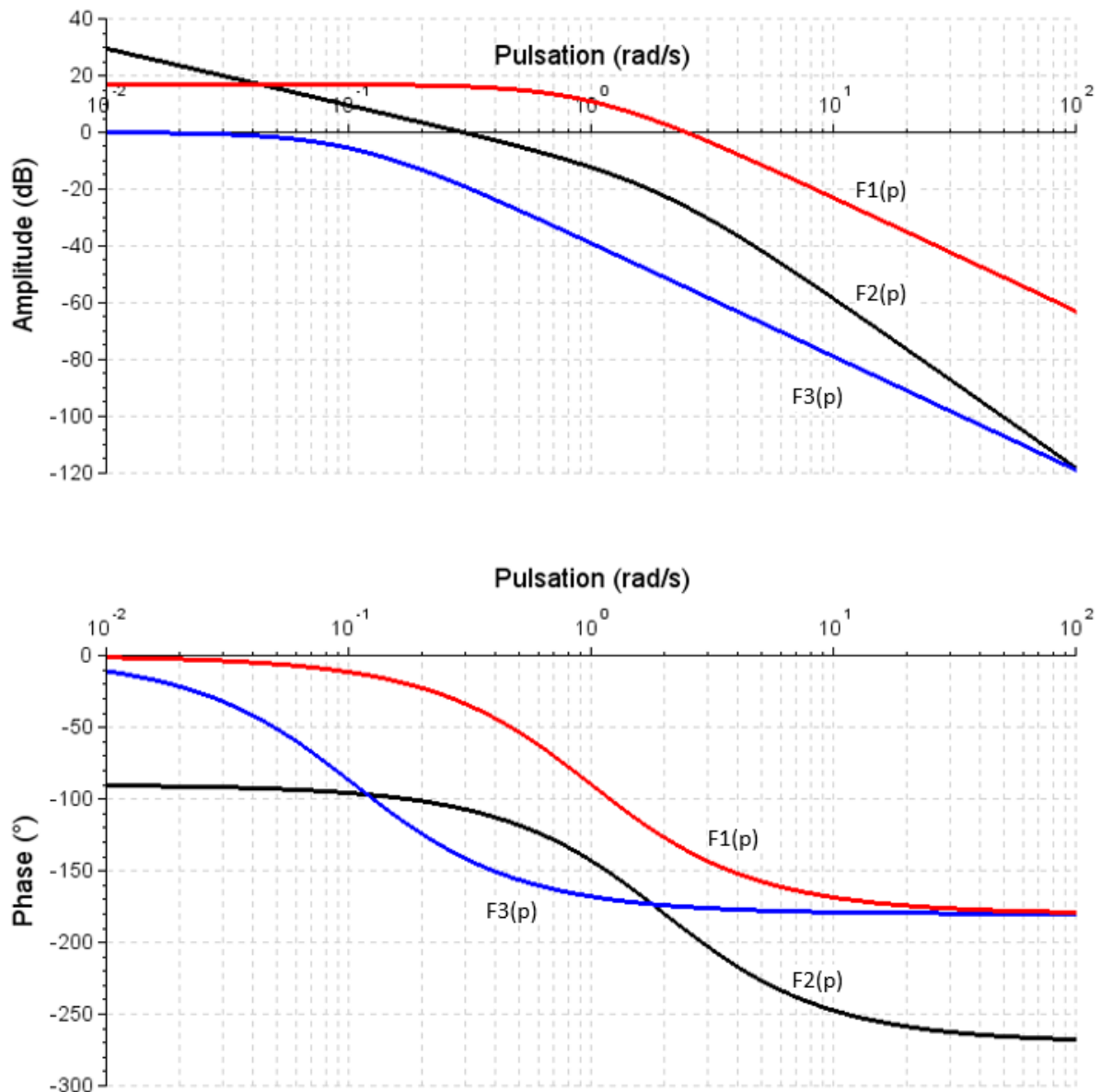
Question 2. En déduire le gain en dB, puis le gain, et le déphasage en $^\circ$ en régime permanent pour chacune des pulsations correspondant aux 3 entrées précédentes.

Question 3. En déduire l'expression temporelle de chacun des signaux de sortie.

Question 4. En déduire le tracé des courbes temporelles de sortie correspondant aux 3 entrées précédentes.

Question 5. Conclure.

Ex. 2 : Performances en harmonique



Question 1. Évaluer les performances de stabilité, précision (pour une consigne en échelon) et rapidité (en déterminant graphiquement ω_{C-3dB}) des 3 modèles dont les diagrammes de Bode sont donnés ci-dessus.

On donne :

$$F1(p) = \frac{7}{1 + 2p + p^2} \quad \text{et} \quad F3(p) = \frac{1}{(1 + 10p)(1 + 9p)}$$

Question 2. Retrouver par une méthode analytique les pulsations de coupure à -3dB de ces 2 modèles.

Ex. 3 : Robot pour la chirurgie endoscopique

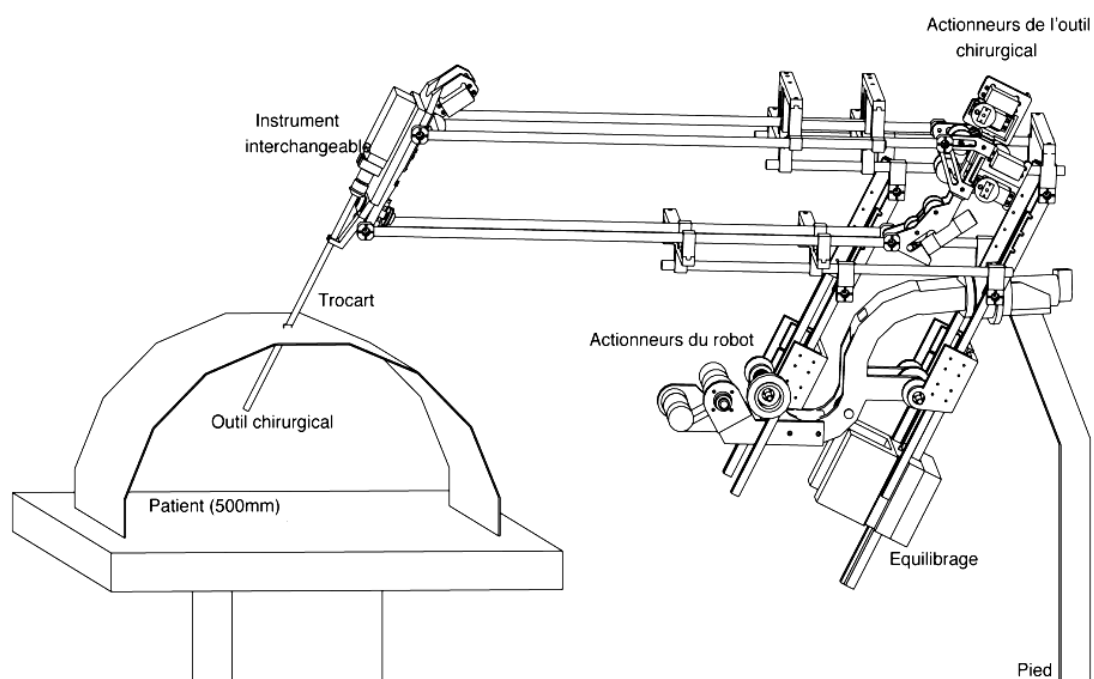
Les avancées technologiques dans le domaine de la chirurgie permettent actuellement de réaliser des opérations de très grande complexité avec des avantages pour le patient qui proviennent de la limitation des zones de dissection, ce qui réduit considérablement le traumatisme opératoire. Le chirurgien est aujourd'hui installé devant un poste de commande et de contrôle pour commander à distance des robots portant les outils chirurgicaux (voir les vidéos sur le site internet). Ce poste nommé "console" contient :

- les dispositifs d'acquisition des mouvements du chirurgien ;
- un écran vidéo pour le retour d'image provenant de l'endoscope ;
- un écran de contrôle du système informatique.

Outre le confort opératoire pour le chirurgien, le principal avantage du système robotisé est de permettre le traitement des commandes générées par la console, avant que ceux-ci ne soient transmis aux robots esclaves. On peut par exemple utiliser ce traitement pour :

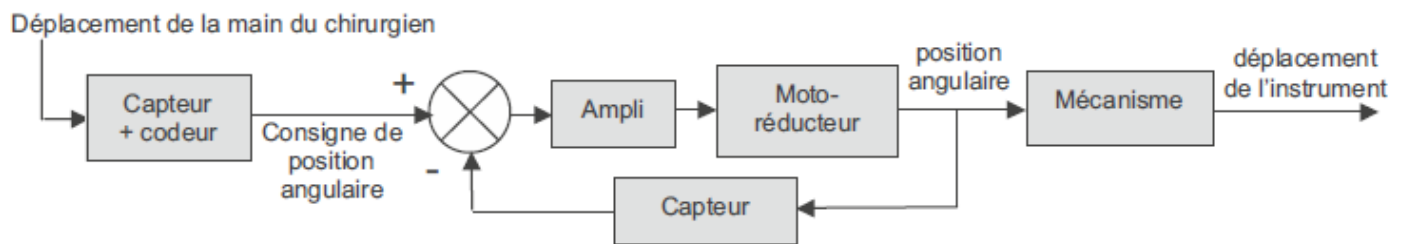
- limiter les débattements des outils ;
- filtrer les mouvements vibratoires ;
- changer d'échelle et permettre des déplacements infinitésimaux.

On s'intéresse ici à un prototype de robot appelé "Endoxirob" ou "robot pour la chirurgie endoscopique".



Sur l'extrémité du bras de robot, les instruments chirurgicaux sont interchangeables. L'échange d'instruments s'effectue rapidement pendant l'utilisation du robot. Le choix technologique des ingénieurs a été de placer les actionneurs électriques de l'outil chirurgical non pas sur l'instrument chirurgical lui-même, mais sur la structure du robot ; ce choix a conduit à la conception d'une interface mécanique spécifique, à poussoirs, permettant le transfert des actions de commande des actionneurs vers l'outil chirurgical.

Le schéma-blocs ci-dessous présente la commande du déplacement de l'instrument :



La console permet de capter le déplacement de la main, de le coder et éventuellement de le filtrer afin d'élaborer la tension de consigne de position angulaire du moto-réducteur. La position angulaire est transformée en position linéaire de l'instrument, par un mécanisme de transformation de mouvement à crémaillère. La fonction de transfert de l'asservissement est :

$$H(p) = \frac{D_{instrument}(p)}{D_{main}(p)} = \frac{1}{(1 + 0,014 p + 0,00017 p^2)(1 + 0,015 p + 0,0014 p^2)}$$

avec $d_{instrument}(t)$ le déplacement de l'instrument (en m) et $d_{main}(t)$ le déplacement de la main du chirurgien (en m).

Objectif : concevoir un filtre à insérer en série dans le bloc d'élaboration de la consigne angulaire, afin de limiter l'amplitude de l'instrument lors du tremblement de la main du chirurgien, tout en préservant une rapidité suffisante au système.

Comportement de l'asservissement sans filtre : Sur le graphique 1 de la page suivante, on donne le diagramme de gain de $H(p)$ noté « asservissement sans filtre ».

Question 1. Déterminer, en raisonnant graphiquement, l'amplitude du mouvement pris par l'instrument lorsque la main du chirurgien est prise d'un tremblement modélisable par un signal sinusoïdal d'amplitude 1 mm et de période 0,25 s. Conclure.

Mise en place d'un filtre : Afin de limiter l'amplitude du mouvement de l'instrument, lors du tremblement de la main du chirurgien, un filtre est inséré en amont du comparateur, c'est-à-dire en série avec l'asservissement sans filtre. La courbe de gain de l'asservissement ainsi filtré est égale alors à la somme de la courbe de gain du filtre et de la courbe de gain de l'asservissement sans filtre. On hésite entre trois filtres passe-bas de fonction de transfert :

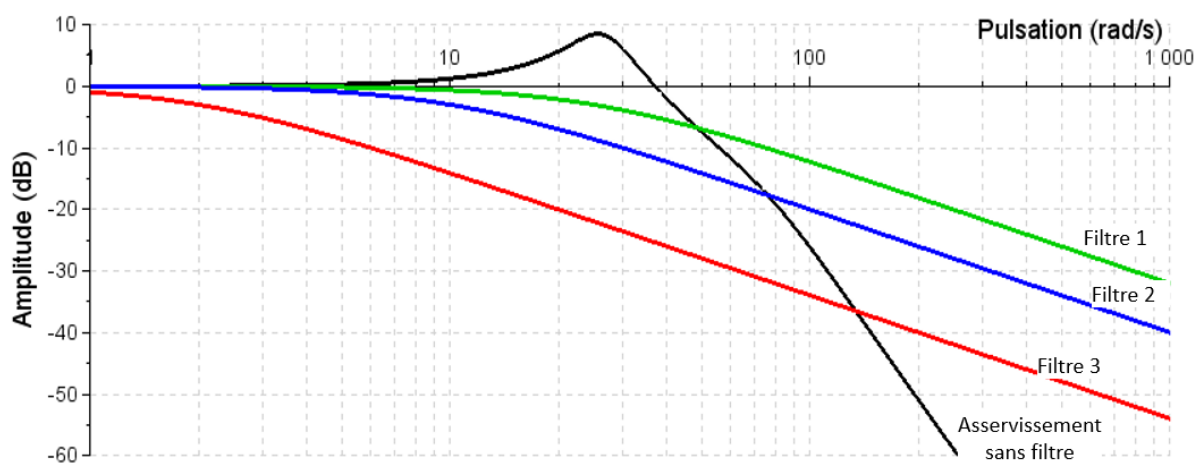
$$F_1(p) = \frac{7}{1 + 0,04 p} \quad F_2(p) = \frac{1}{1 + 0,1 p} \quad F_3(p) = \frac{1}{1 + 0,5 p}$$

Les diagrammes de gain de ces 3 filtres sont également donnés sur le graphique 1 de la page suivante.

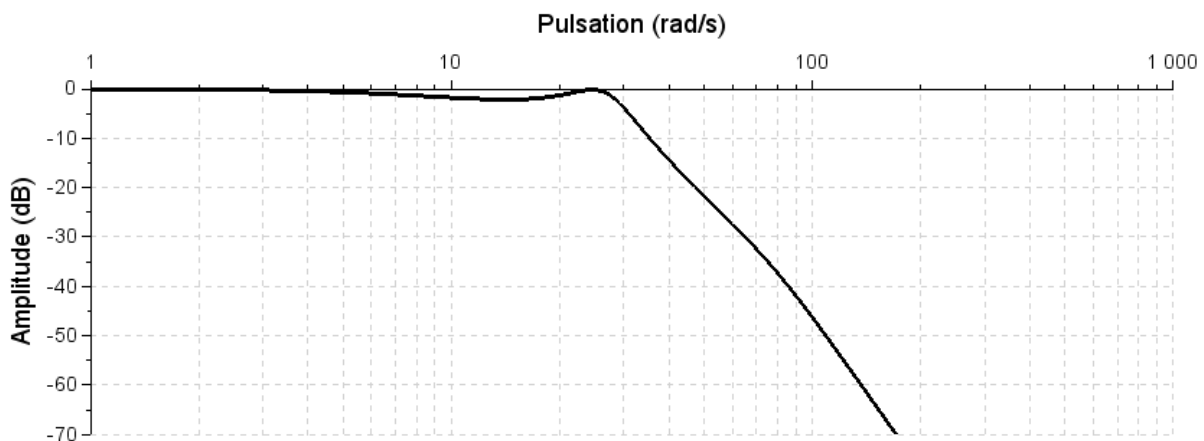
Question 2. Choisir parmi ces trois filtres, ceux qui permettent d'atténuer sensiblement le phénomène lié au tremblement de la main du chirurgien et mis en évidence dans la partie précédente.

Le filtre retenu ne doit pas, en revanche, filtrer les mouvements réalisés de manière volontaire par le chirurgien. On considère qu'un mouvement dont la période est supérieure à 1 s, est un mouvement souhaité, et non un tremblement. L'amplitude d'un tel mouvement ne doit pas être diminué de plus de 10 % au niveau de l'instrument chirurgical.

Question 3. Choisir le filtre qui permet d'avoir un tel comportement.



Graphique 1 : diagramme de gain de $H(p)$ noté « asservissement sans filtre » et des 3 filtres



Graphique 2 : diagramme de gain de $F_i(p) \times H(p)$ avec $F_i(p)$ le filtre retenu à la question 3

Une large bande passante à -3dB caractérise un système rapide car cela implique que le système est apte à suivre des entrées rapides ou des fréquences élevées. Le cahier des charges de l'asservissement étudié impose une fréquence de coupure à -3 dB supérieure ou égale à 4 Hz.

Question 4. Pour le filtre retenu précédemment, déterminer analytiquement la pulsation de coupure à -3dB. Vérifier ce résultat graphiquement. Valider le critère du cahier des charges ci-dessus.