

# TD4 : Actionneur piézoélectrique

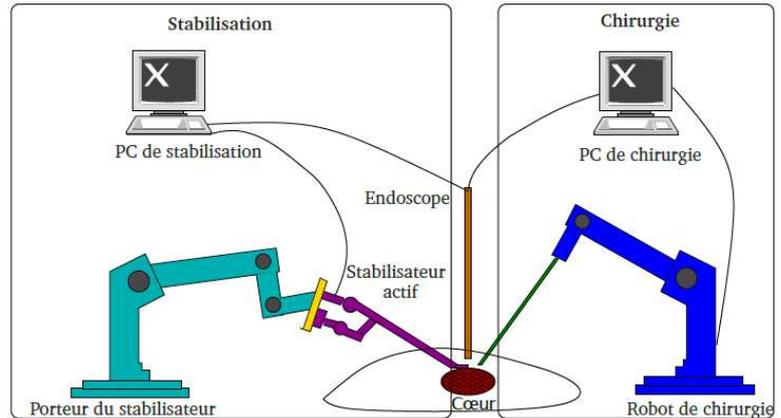
## Mise en situation et présentation du système

### Mise en situation

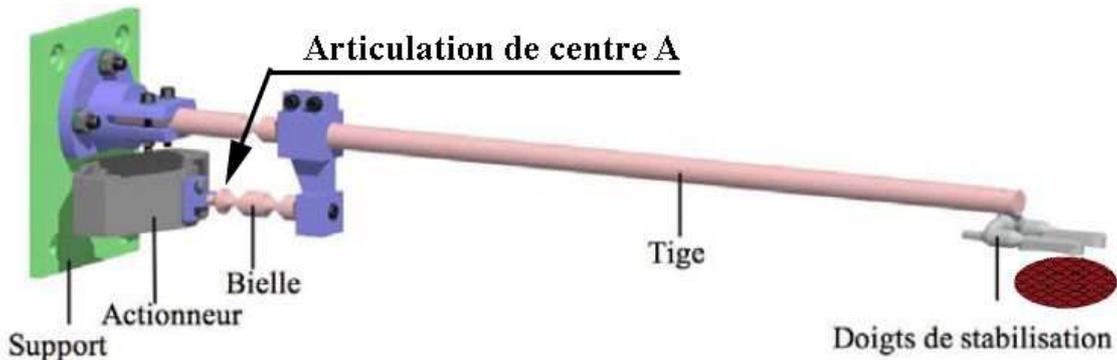
La chirurgie à cœur battant se substitue progressivement à celle courante impliquant un arrêt du cœur et la mise en place d'une circulation extracorporelle. L'avantage essentiel de cette chirurgie à cœur battant est de limiter les complications induites par l'intervention. Cette technique opératoire se différencie du pontage classique par la conservation du battement cardiaque durant l'intervention ; la principale difficulté réside alors dans la nécessité d'immobiliser la partie du cœur à opérer.

Pour intervenir précisément sur la zone concernée, il est nécessaire de faire appel à un stabilisateur mécanique qui immobilise cette « zone cible ».

La solution proposée pour remédier à ces insuffisances est constituée par un stabilisateur cardiaque actif, c'est-à-dire commandé en position. Dans le cas de cette étude, il s'agit du système Cardiolock1 développé principalement au laboratoire du LSIT de l'Université de Strasbourg.



Les doigts de stabilisation du cœur sont fixés à l'extrémité d'une tige articulée sur le support fixé lui-même sur le porteur du stabilisateur. La rotation de cette tige est assurée par une bielle elle-même déplacée par un actionneur piézoélectrique. Notre étude se limite à cet actionneur piézoélectrique.

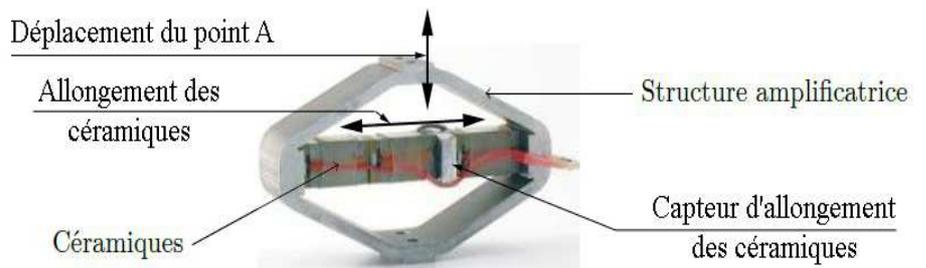


### Description de l'actionneur

Cette actionneur permet de déplacer le point A centre de l'articulation entre l'actionneur et la bielle.

On applique une tension de commande aux céramiques qui par effet piézoélectrique s'allongent.

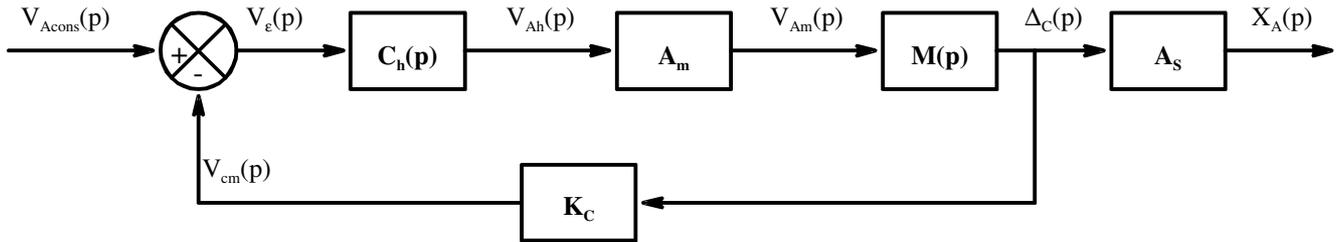
Cet allongement déforme la structure amplificatrice, ce qui crée un déplacement du point A.



Un capteur, constitué de quatre jauges de déformation collées sur les céramiques, mesure l'allongement des céramiques. Cet actionneur permet donc un asservissement en position du point A. La position de consigne est calculée par le PC de stabilisation qui délivre une tension image de la consigne  $V_{Acons}(t)$ . Cette asservissement permet alors de piloter la position du point A :  $x_A(t)$ .

**Modélisation de l'asservissement**

L'asservissement en position du point A est décrit par le schéma bloc ci-dessous :



- Avec :
- ☞  $V_{Acons}(p)$  : Tension image de la consigne de position du point A
  - ☞  $V_{cm}(p)$  : Tension image de l'allongement des céramiques
  - ☞  $V_{Ah}(p)$  : Tension de commande de l'amplificateur de puissance.
  - ☞  $V_{Am}(p)$  : Tension de commande de l'actionneur piézoélectrique.
  - ☞  $\Delta_C(p)$  : Allongement des céramiques.
  - ☞  $X_A(p)$  : Position du point A
  - ☞  $C_h(p)$  : Fonction de transfert du correcteur PI (Proportionnel Intégral).
  - ☞  $A_m$  : Gain de l'amplificateur de commande,  $A_m = 20$
  - ☞  $M(p)$  : Fonction de transfert de l'actionneur piézoélectrique.
  - ☞  $A_s$  : Gain de la structure amplificatrice,  $A_s = 6,5$
  - ☞  $K_C$  : Gain du capteur d'allongement des céramiques,  $K_C = 3,75 \cdot 10^5 \text{ V.m}^{-1}$

**Objectif du problème**

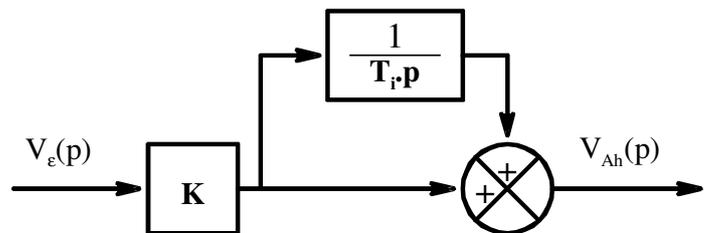
L'objectif du problème est de déterminer le gain du correcteur permettant de respecter le cahier des charges qui impose une marge de phase de 45. Pour cela on effectue une analyse fréquentielle de l'actionneur permettant notamment d'identifier les caractéristiques de la fonction de transfert en boucle ouverte de l'asservissement.

**Travail demandé**

**1<sup>ère</sup> partie : Identification de la fonction de transfert de l'actionneur**

Afin de limiter l'impact des non linéarités de l'actionneur piézoélectrique (hystérésis, fluage) on utilise un correcteur proportionnel intégral défini par le schéma bloc ci-contre.

On note K le gain de ce correcteur PI et  $T_i$  sa constante de temps.



**1.1-** Déterminer, en fonction de K et  $T_i$ , l'expression de  $C_h(p)$  la fonction de transfert du correcteur PI sous sa forme canonique.

**1.2-** On note  $H_{BONC}(p) = \frac{V_{cm}(p)}{V_{\epsilon}(p)}$  la fonction de transfert de l'actionneur en boucle ouverte du système non corrigé. Soit avec un gain unitaire du correcteur :  $K = 1$ .

Une analyse fréquentielle de cette fonction de transfert donne le diagramme de Bode du document réponse DR2 (page 4/4). Donner la forme de la fonction de la fonction de transfert de l'actionneur en boucle ouverte. En déduire le type est la fonction de transfert de l'actionneur piézoélectrique  $M(p)$ .

**1.3-** En identifiant l fonction de transfert en boucle ouverte non corrigée, déterminer la constante de temps  $T_i$  du correcteur et en déduire les éléments caractéristiques de la fonction de transfert de l'actionneur piezoélectrique  $M(p)$ . Puis donner l'expression numérique de  $M(p)$ .

**2<sup>ème</sup> partie : Détermination du gain du correcteur PI**

On utilise maintenant un correcteur PI de gain  $K \neq 1$ . Pour faire une nouvelle analyse fréquentielle.

**2.1-** Dire pour chacun des deux diagrammes (de phase et de gain) de cette analyse fréquentielle s'ils sont modifiés par la modification du gain  $K$  de ce correcteur. Si oui, dire comment ils sont modifiés.

**2.2-** A partir document réponse DR2, Déterminer la pulsation  $\omega$  pour laquelle la phase en boucle ouverte est de  $\varphi_{BO}(\omega) = -135^\circ$ . Quelle est pour cette pulsation  $\omega$ , la valeur du gain de l'analyse fréquentielle en boucle ouverte non corrigé ?

**2.3-** Le cahier des charges impose une marge de phase  $M_\phi$  de  $45^\circ$ . De combien de décibels faut-il translater la courbe de gain du document DR2 pour avoir une marge de phase de  $45^\circ$  ?

**2.4-** En déduire le gain  $K$  du correcteur permettant des respecter le cahier des charges.

## Document réponse DR2

