

---

---

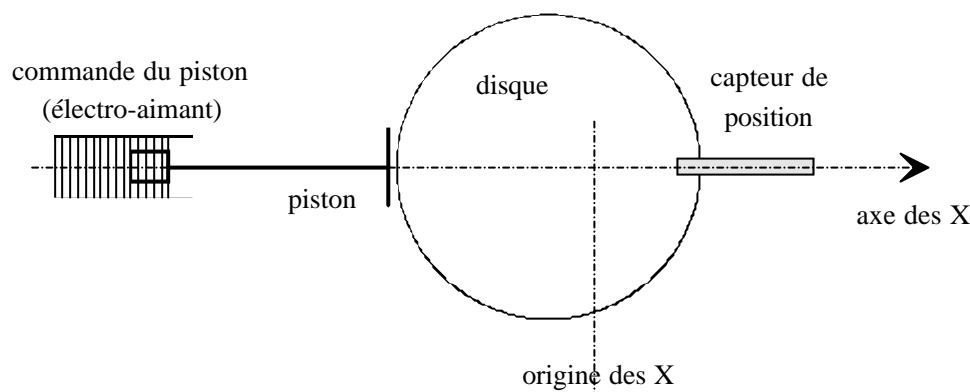
TD15 Centrage d'un disque de silicium

---

---

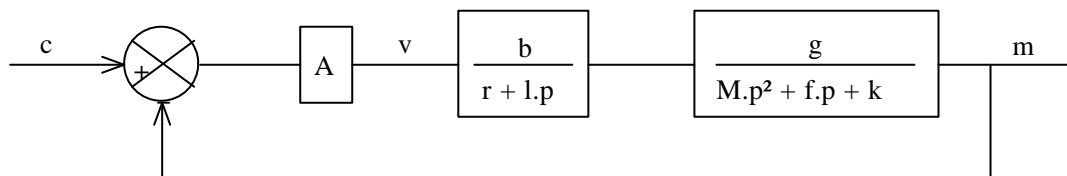
*Thèmes abordés.* Fonctions de transfert en boucle ouverte et boucle fermée - Stabilité - Précision - Correction - Réponse indicielle - Temps de réponse

On s'intéresse dans ce problème au centrage d'un disque de silicium sur un support tournant. Le système est schématisé comme suit:



On suppose que le décentrage initial est uniquement sur l'axe des x et négatif. Il s'agit donc d'étudier l'asservissement du piston qui doit ajuster le centrage du disque.

La mise en équations de ce système a conduit au diagramme fonctionnel suivant:



où  $v$  est la tension de commande du piston,  $m$  est la tension fournie par le capteur de mesure ( $m$  est directement proportionnel à  $x$ ) et  $c$  est la tension de consigne.

Les valeurs numériques du système sont:

$r = 2 \, \Omega$ ,  $l = 50 \, \mu\text{H}$ ,  $M = 250 \, \text{g}$ ,  $f = 3 \, \text{N/m/s}$ ,  $k = 100 \, \text{N/m}$ ,  $b = 50 \, \text{N/A}$ ,  $g = 20 \, \text{V/m}$

# 1 Etude de la fonction de transfert en boucle ouverte.

## 1.1 Expression de la fonction de transfert.

Donner l'expression de la fonction de transfert  $T(p)$  du système en Boucle Ouverte. Préciser la valeur des éléments caractéristiques. Quelle est l'expression du gain statique  $K_s$  ?

## 1.2 Représentations graphiques.

Donner l'allure de la représentation de Bode de  $T(p)$ .

## 1.3 Stabilité absolue.

Discuter la stabilité absolue du système asservi à l'aide du critère algébrique de Routh. Quelle est la limite de stabilité pour  $K_s$  ?

Dans la suite, on suppose que 
$$T(p) = \frac{K_s}{1 + \frac{2 \cdot V}{w_n} \cdot p + \left(\frac{p}{w_n}\right)^2}$$

avec  $V = 0,75$  et  $w_n = 50$  rad/s

# 2 Etude du système asservi - Fonction de transfert en boucle fermée.

## 2.1 Représentation de Black.

En supposant  $K_s = 1$ , compléter le tableau suivant:

$\omega$ rad/s	0	25	50	57	76	111	147	217	432
$ T _{dB}$		-0.5			-8.4	-14.3	-18.9	-25.6	-37.5
$\arg(T)^\circ$		-45			-120	-140	-150	-160	-170

Tracer la représentation de  $T(p)$  dans le plan de Black- Nichols.

## 2.2 Stabilité.

Quels sont les domaines de stabilité du système asservi ?

## 2.3 Réglage du gain statique.

Régler le gain statique du système pour avoir en Boucle Fermée une surtension de +3 dB. Donner les caractéristiques du système du second ordre équivalent. Donner les marges de stabilité correspondantes.

## 2.4 Précision.

Donner la valeur de l'erreur statique du premier ordre vis à vis d'un échelon de tension :  $\varepsilon_{01}$ .

### 3 Réponse indicielle du système asservi.

#### 3.1 Fonction de transfert en BF.

Calculer la fonction de transfert  $H(p)$  du système en Boucle Fermée. Mettre  $H(p)$  sous forme canonique et donner ses éléments caractéristiques : Gain statique ( $K'_s$ ), amortissement ( $V$ ) et pulsation propre du système non amorti ( $\omega_n$ ).

#### 3.2 Réponse indicielle.

Donner l'expression de la réponse indicielle  $w(t)$  du système en Boucle Fermée. Avec la valeur de  $K_s$  du 2.3, quelle est l'allure de  $w(t)$ . Préciser les caractéristiques de  $w(t)$ : dépassement et instant de premier dépassement.

Initialement, le disque est déposé sur le support avec un décentrage négatif. Le positionnement sera donc réalisé en poussant le disque jusqu'à l'annulation de la variable de sortie. Le piston ne pouvant que pousser, le positionnement doit être réalisé sans dépassement.

#### 3.3 Positionnement correct du disque.

Comment doit être la forme de  $w(t)$  pour assurer un positionnement correct ? Comment doivent être les caractéristiques de  $H(p)$  ? Peut-on régler  $K_s$  pour obtenir un positionnement correct ?

#### 3.4 Nouveau réglage de $K_s$ .

Calculer  $K_s$  pour que le dépassement de  $w(t)$  ne dépasse pas 4%. Donner la méthode pour calculer le temps de réponse à 4% du système. Calculer alors  $\varepsilon_{01}$  et vérifier les marges de stabilité du système. Conclusion?

### 4 Correction

Dans la suite, on corrige le système avec un intégrateur.

#### 4.1 Positionnement sans erreur.

Quels sont les avantages de cette correction ?

#### 4.2 Fonction de transfert en BF.

Que devient l'expression de la fonction de transfert du système asservi ? Pour analyser le régime transitoire de ce système, on néglige le terme du 3<sup>me</sup> ordre du dénominateur de  $H(p)$ . Donner la condition de validité de cette simplification. Donner ensuite les caractéristiques du système du second ordre résultant: amortissement ( $V$ ) et pulsation propre du système non amorti ( $\omega_n$ ).

#### 4.3 Réglage de $K'_s$ .

Peut-on ajuster le gain statique  $K'_s$  pour que la réponse indicielle du système asservi soit sans dépassement? Calculer cette valeur. Donner la méthode pour calculer le temps de réponse à 4% du système. Calculer alors  $\varepsilon_{01}$  et vérifier les marges de stabilité du système. Conclusion?