

## Hemostase – Stabilité★

### C2-03

**Question 1** Déterminer l'expression de la fonction de transfert en boucle ouverte

$$H_{bo}(p) = \left( \frac{Z(p)}{\varepsilon(p)} \right)_{C_r(p)=0} \text{ ainsi que la fonction de transfert } H_{cr}(p) = \left( \frac{Z(p)}{C_r(p)} \right)_{Z_c=0}.$$

$$H_{bo}(p) = H_{cor}(p) \frac{K_1}{p(1+T_m p)} = \frac{K_1 K_p}{p(1+T_m p)}.$$

$$H_{cr}(p) = -K_2 \frac{\frac{K_1}{p(1+T_m p)}}{1 + H_{cor}(p) \frac{K_1}{p(1+T_m p)}} = -K_2 \frac{K_1}{p(1+T_m p) + H_{cor}(p)K_1} = -\frac{K_1 K_2}{p(1+T_m p) + K_p K_1}$$

**Question 2** Déterminer l'erreur statique pour une entrée de type échelon d'amplitude  $Z_{c0}$  dans l'hypothèse d'une perturbation nulle ( $C_{r0}$ ). Déterminer ensuite l'erreur due à une perturbation constante  $C_{r0}$ , dans le cas d'une consigne de position nulle ( $Z_c = 0$ ). En déduire la valeur de  $K_p$  pour satisfaire le critère de précision du cahier des charges. Exprimons  $\varepsilon(p)$  en fonction de  $Z_c(p)$  et  $C_r(p)$  :

$$\varepsilon(p) = Z_c(p) - Z(p) = Z_c(p) - (\varepsilon(p)H_{cor}(p) - K_2 C_r(p)) \frac{K_1}{p(1+T_m p)}$$

$$\Leftrightarrow \varepsilon(p) \left( 1 + H_{cor}(p) \frac{K_1}{p(1+T_m p)} \right) = Z_c(p) + K_2 C_r(p) \frac{K_1}{p(1+T_m p)}$$

$$\Leftrightarrow \varepsilon(p) = Z_c(p) \frac{1}{1 + H_{cor}(p) \frac{K_1}{p(1+T_m p)}} + K_2 C_r(p) \frac{K_1}{p(1+T_m p)} \frac{1}{1 + H_{cor}(p) \frac{K_1}{p(1+T_m p)}}$$

$$\Leftrightarrow \varepsilon(p) = Z_c(p) \frac{p(1+T_m p)}{p(1+T_m p) + H_{cor}(p)K_1} + K_2 C_r(p) \frac{K_1}{p(1+T_m p) + H_{cor}(p)K_1}$$

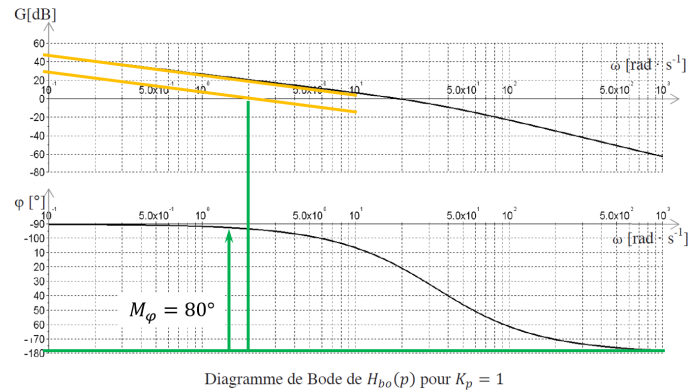
En prenant une entrée échelon et une perturbation échelons, on a  $Z_c(p) = \frac{Z_{c0}}{p}$  et

$$C_r(p) = \frac{C_{r0}}{p}.$$

$$\begin{aligned} \text{On a donc } \lim_{t \rightarrow +\infty} \varepsilon(t) &= \lim_{p \rightarrow 0} p \varepsilon(p) = \lim_{p \rightarrow 0} Z_{c0} \frac{p(1+T_m p)}{p(1+T_m p) + H_{cor}(p)K_1} + K_2 C_{r0} \frac{K_1}{p(1+T_m p) + H_{cor}(p)K_1} \\ &= \frac{K_2 C_{r0}}{K_p}. \end{aligned}$$

$$\text{AN : } \varepsilon_s < 1 \text{ mm} \Leftrightarrow \frac{K_2 C_{r0}}{K_p} < 1 \text{ mm} \Leftrightarrow 2,78 \cdot 10^{-2} \times 2,7 \cdot 10^{-3} \times 10^3 < K_p \text{ soit } K_p > 0,08.$$

**Question 3** Sur le document réponse compléter les diagrammes de Bode en gain et en phase de  $H_{bo}(p)$  pour  $K_p$  déterminé précédemment. Indiquer si le critère de stabilité est satisfait en justifiant votre démarche par des tracés nécessaires. En ajoutant le gain de 0,08, il faut translater la courbe de gain vers le bas de 22 dB.



La marge de phase est supérieure à  $60^\circ$ .

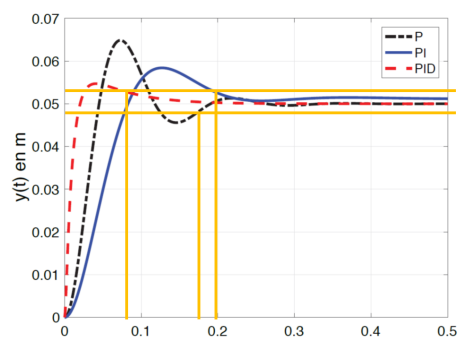
Afin d'améliorer le comportement, on implante un correcteur Proportionnel Intégral ayant pour fonction de transfert :  $H_{cor}(p) = \frac{K_p(1+T_i \cdot p)}{T_i \cdot p}$  avec  $K_p = 1$  et  $T_i = 1$  s.

**Question 4** Tracer le diagramme de Bode de la fonction de transfert en boucle ouverte avec ce correcteur avec  $K_p = 1$  et  $T_i = 1$  s.

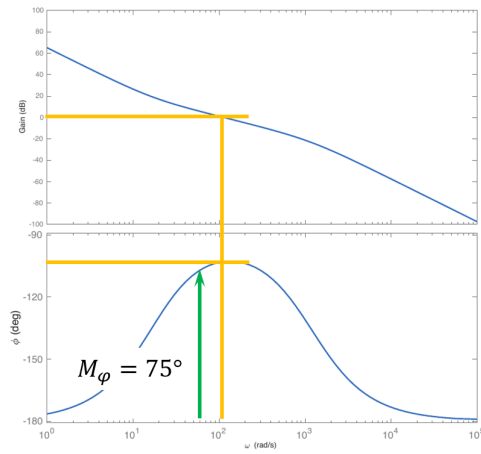
**Question 5** On souhaite une marge de phase d'au moins  $60^\circ$ . Proposer un réglage de  $K_p$  pour satisfaire au cahier des charges.

**Question 6** La figure suivante donne la réponse à un échelon de position de 50 mm avec trois types de correcteurs. Vérifier qu'elle est conforme au cahier des charges. Justifier clairement vos réponses en donnant les valeurs numériques pour chaque critère.

	P	PI	PID
Temps de réponse < à 5 % < 0,2 s	Ok	Ok	Ok
Précision < 1 mm	Ok (?)	Ok	Ok
Dépassement < à 10 % < 0,2 s	Pas Ok	Pas Ok	Ok



**Question 7** Analyser les résultats à l'aide du diagramme de Bode de la FTBO corrigé avec un PID optimisé.



La marge de phase est supérieure à  $60^\circ$ .