

Centre d'intérêt 3

Précision

PSI-MP : Lycée Rabelais



Pré-requis

- Toutes les notions vues en première année (résumé de cours fourni)
- Complément sur la stabilité
- Complément sur la précision

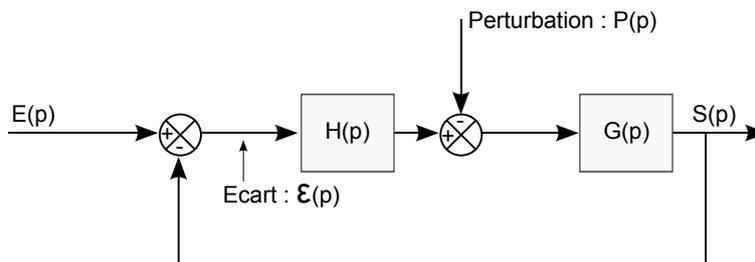


Objectifs

- Être capable de déterminer de prédire les performances d'un système asservi notamment **sa précision**

1 Application directe du cours

On considère un système bouclé dont le schéma bloc est représenté ci-dessous :



On note : $E(t) = E_0 u(t)$ et $P(t) = P_0 u(t)$ (u est la fonction échelon unitaire). Pour chacun des couples de fonction de transfert donnés ci-dessous, on demande de déterminer l'erreur en régime permanent.

1) $H(p) = \frac{2}{p(p+3)}$ et $G(p) = \frac{4}{p^2 + 3p + 2}$

2) $H(p) = \frac{2}{p+3}$ et $G(p) = \frac{4}{p(p^2 + 3p + 2)}$

3) $H(p) = \frac{2}{p+3}$ et $G(p) = \frac{4}{p^2 + 3p + 2}$

2 Banc d'épreuve hydraulique

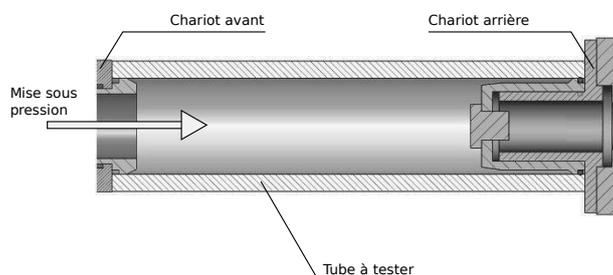
Vallourec & Mannesmann Tubes (V & M Tubes), entreprise du groupe Vallourec, est le leader mondial dans la production de tubes en acier sans soudure laminés à chaud.

Ces tubes sont employés dans des applications très diverses : canalisations hydrauliques, pneumatiques, vapeur ; ventilation, climatisation ; en basse pression ou haute pression.

Pour certaines applications, telles que les industries pétrolières ou nucléaires par exemple, où les problèmes de sécurité sont particulièrement importants, il arrive que les clients exigent des qualités spécifiques pour leurs tubes en plus des critères liés au cahier des charges standard. Une de ces contraintes personnalisées est la garantie de la tenue des tubes à un seuil de pression durant un temps donné.

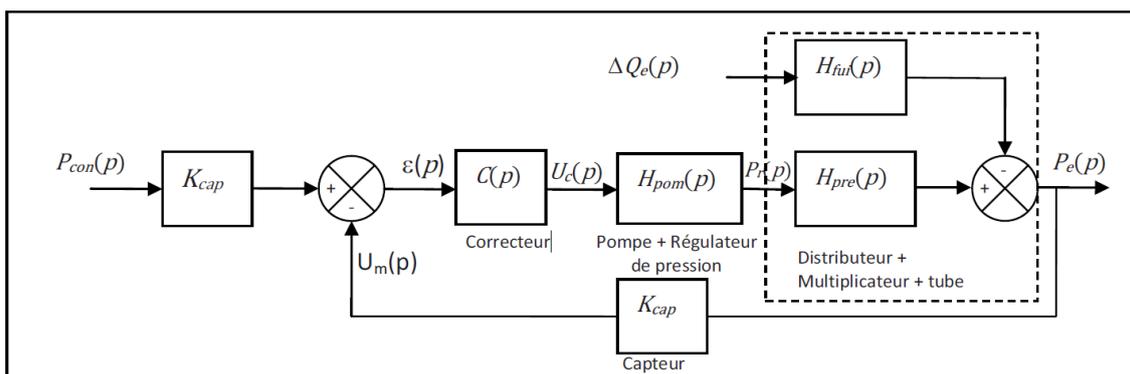
Le site de V & M Tubes situé à Aulnoye-Aymeries, qui produit des tubes de 114 mm à 508 mm de diamètre pour des longueurs variant de 4,40 à 14,20 m possède un banc spécifique de test de pression hydraulique pour valider la qualité des produits finis exigée par certains clients. Ce banc fait donc l'objet de cette étude.

La figure ci-dessous présente le fonctionnement du banc hydraulique. Le tube est inséré entre le chariot avant et le chariot arrière. Le chariot avant est fixe. Le chariot arrière est, quant à lui, mobile et peut se translater dans la direction du tube. Il est donc possible de le déplacer pour qu'il s'adapte aux différentes longueurs des tubes. **On s'intéressera particulièrement à la mise sous pression du tube.**



Pour limiter l'erreur statique due aux fuites, on envisage d'asservir la pression d'eau dans le tube. L'objectif est ici de proposer un réglage du correcteur pour répondre aux critères du cahier des charges.

La pression d'eau à l'intérieur du tube est mesurée par un capteur de pression. Le schéma bloc de l'asservissement est défini sur la figure ci-dessous :



$P_{co}(p)$	pression de consigne d'eau dans le tube (Pa)
$P_e(p)$	pression d'eau dans le tube (Pa)
$U_c(p)$	tension de commande du régulateur de pression (V)
$P_r(p)$	pression d'huile régulée (Pa)
$\Delta Q_e(p)$	débit de fuite (m^3/s)
$U_m(p)$	tension de mesure du capteur (V)

On considère les fonctions de transfert suivantes :

Ensemble de mise sous pression {tube + distributeur + multiplicateur de pression}	$H_{pre}(p) = \frac{K_m}{1+T_1p} \text{ et } H_{fui}(p) = \frac{K_f}{1+T_1p}$ <p>avec $K_m = 3,24$ et $K_f = 2,55 \cdot 10^{10} \text{ Pa}/(\text{m}^3/\text{s})$ et $T_1 = 10\text{s}$</p>
Ensemble {pompe+régulateur de pression}	$H_{pom}(p) = \frac{K_{pom}}{1+T_2p}$ <p>avec $K_{pom} = 1,2 \cdot 10^7 \text{ Pa}/\text{V}$ et $T_2 = 5\text{s}$</p>
Capteur	Gain pur $K_{cap} = 2,5 \cdot 10^{-8} \text{ V}/\text{Pa}$

La pression de consigne est de $P_{co} = 800 \text{ bars}$ et les débits de fuite sont estimés à $\Delta Q_e = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$. On rappelle que le cahier des charges concernant le réglage de la pression de test est le suivant :

Stabilité	marge de phase de 60° marge de gain de 12 dB
Rapidité	temps d'établissement $t_e < 40 \text{ s}$
Précision	erreur statique due à la consigne $\varepsilon_{co} < 5\%$ erreur statique due à la perturbation $\varepsilon_{pert} < 40 \text{ bars}$
Amortissement	pas de dépassement

Dans le cas d'un système bouclé convenablement amorti, on pourra utiliser, sans aucune justification, la relation : $t_e \omega_{0dB} = 3$ où ω_{0dB} désigne la pulsation de coupure à 0 dB en boucle ouverte et t_e le temps d'établissement en boucle fermée vis-à-vis d'un échelon de consigne :

- $t_e = t_m$, temps du 1er maximum si le dépassement est supérieur à 5%,
- $t_e = t_R$, temps de réponse à 5% si le dépassement est nul ou inférieur à 5%.

On envisage tout d'abord un correcteur de type proportionnel : $C(p) = K_p$.

Question 1 : Déterminer, en fonction de K_p , ε_{co} définie comme l'erreur statique pour une entrée consigne P_{co} de type échelon, dans le cas où le débit de fuite est nul.

Question 2 : Proposer un réglage de K_p pour limiter ε_{co} à la valeur spécifiée dans le cahier des charges.

Question 3 : Dans le cas où la consigne de pression est nulle, déterminer en fonction de K_p la fonction de transfert en régulation définie par :

$$H_{pert}(p) = \frac{P_e(p)}{\Delta Q_e(p)}$$

Question 4 : En déduire, en fonction de K_p , ε_{pert} définie comme l'erreur statique pour une perturbation ΔQ_e de type échelon, dans le cas où la consigne de pression est nulle.

Question 5 : Proposer un réglage de K_p pour limiter ε_{pert} à la valeur spécifiée dans le cahier des charges.

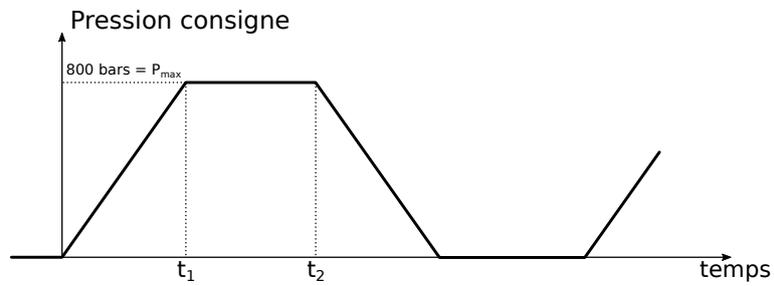
Question 6 : Proposer un réglage de K_p pour vérifier le critère d'amortissement. A partir des résultats obtenus précédemment, conclure quant au choix d'un correcteur proportionnel.

On envisage maintenant l'utilisation d'un correcteur proportionnel intégral de la forme : $C(p) = K_p + \frac{K_i}{p}$.

Question 7 : Tracer l'allure du diagramme de Bode de ce correcteur.

Question 8 : Quelle est l'influence de ce correcteur sur la précision et la stabilité ? Justifier (en explicitant notamment les erreurs ε_{co} et ε_{pert}).

Il peut également être nécessaire de faire des cycles de montée/descente de pression comme l'indique la figure ci-dessous.



On suppose que le temps de réponse de l'asservissement est très petit devant le temps de montée t_1 . Cela signifie qu'à l'instant t_1 , le régime transitoire est terminé.

Question 9 : Donner l'expression de l'erreur en fin de phase de montée en fonction de P_{\max} et t_1 notamment. Donner, sous forme littérale, la condition à respecter sur t_1 pour qu'en fin de phase de montée en pression, l'erreur n'excède pas 5% de la pression $P_{\max} = P_{co} = 800 \text{ bars}$.

Question 10 : Tracer l'allure de la pression obtenue en fonction du temps pour $t < t_2$.