

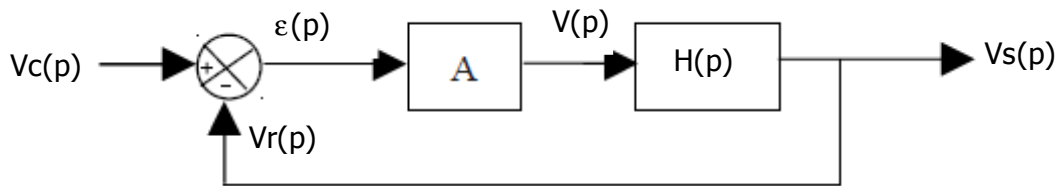
TP n°21 : réponse à un échelon d'un système bouclé comportant un second ordre.

→ But du TP : le but de ce TP de seconde année est l'étude de la réponse d'un système du second ordre inséré dans un système bouclé à retour unitaire. On étudie d'abord l'asservissement de manière pratique : identification de la structure du second ordre, visualisation et mesures de la réponse à un échelon selon la valeur de l'amplificateur. Ensuite, on essaie de justifier les résultats obtenus en pratique par une analyse théorique et par une analyse par simulation.

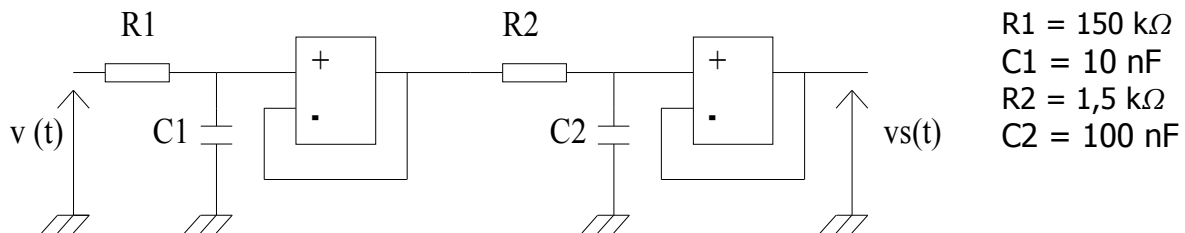
1) Présentation de l'asservissement et analyse par la pratique.

a) Présentation de l'asservissement.

On considère le système bouclé suivant :



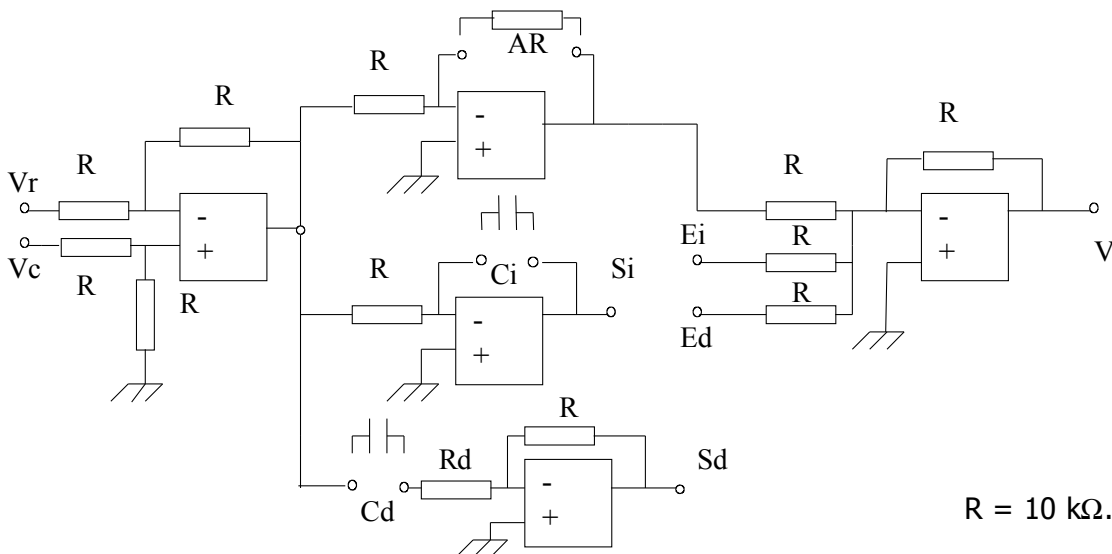
$H(p)$ est la représentation de Laplace du système du second ordre ci-dessous et A est un coefficient multiplicatif correspondant à un amplificateur.



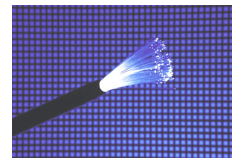
$R1 = 150 \text{ k}\Omega$
 $C1 = 10 \text{ nF}$
 $R2 = 1,5 \text{ k}\Omega$
 $C2 = 100 \text{ nF}$

Pour réaliser ce montage, on se servira d'un AO TL082.

Pour réaliser le soustracteur et l'amplificateur A , on se servira de la maquette « correcteur PID » :



$R = 10 \text{ k}\Omega$.



b) Vérification du bon fonctionnement en boucle ouverte avec $A = 10$:

Mettre le système en boucle ouverte avec $V_r = 0$.

Placer sur la maquette une résistance A.R telle que $A = 10$.

Imposer une entrée consigne $V_c(t)$: échelon de valeur 0,5 V (en fait, on imposera une entrée créneau [0 - 0,5 V] de fréquence telle que $\frac{T}{2} >$ temps de réponse)

Visualiser le signal de sortie $V_s(t)$ et montrer que cette réponse est caractéristique d'un système du second ordre. Donner la valeur de sa transmittance statique T_0 et déduire de la forme de la réponse des informations sur le coefficient d'amortissement m de ce système.

c) Mesures sur le système bouclé :

Mettre le système en boucle fermée en reliant $V_s(t)$ à $V_r(t)$.

Imposer une entrée consigne $V_c(t)$: échelon de valeur [0 - 0,5 V].

Pour $A = 10, 22$ puis 1 successivement, visualiser et représenter $v_c(t)$ et $v_s(t)$.

Noter les caractéristiques de $v_s(t)$ en complétant le tableau ci-dessous :

(Valider les valeurs en indiquant les mesures utiles sur les courbes relevées)

Amplification A	1	10	22
Nature du régime transitoire			
Dépassement : d%			
Temps de réponse : $tr_{5\%}$			
Valeur finale : V_{sf}			

2) Validation des résultats : analyse théorique.

a) Analyse théorique du système en boucle ouverte :

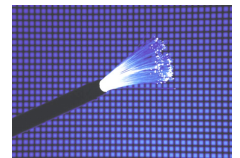
Justifier le fait qu'on peut écrire $H(p)$ sous la forme : $H(p) = \frac{1}{(1 + \tau_1 p) \cdot (1 + \tau_2 p)}$ avec $\tau_1 = R_1 \cdot C_1$
 $\tau_2 = R_2 \cdot C_2$

Calculer les valeurs numériques de τ_1 et τ_2 .

Montrer alors que la fonction de transfert en boucle ouverte peut s'écrire sous la forme : en donnant les valeurs littérales, puis numériques de T_0 , m et ω_0 pour $A = 10$.

$$FTBO(p) = \frac{V_s(p)}{V_c(p)} = A \cdot H(p) = \frac{T_0}{1 + 2 \cdot m \cdot \left(\frac{p}{\omega_0}\right) + \left(\frac{p}{\omega_0}\right)^2}$$

Justifier alors la valeur finale obtenue pour $V_s(t)$ lors de l'essai en boucle ouverte, ainsi que la forme de la réponse obtenue.



b) Analyse théorique du système en boucle fermée :

Donner sans démonstration la formule reliant la fonction de transfert en boucle ouverte à la fonction de transfert en boucle fermée.

En utilisant la forme de la FTBO : $FTBO(p) = \frac{T_0}{1 + 2.m.(\frac{p}{\omega_0}) + (\frac{p}{\omega_0})^2}$, montrer que la fonction de transfert du système en boucle fermée peut s'écrire sous la même forme :

$$FTBF(p) = \frac{V_s(p)}{V_c(p)} = \frac{T'_0}{1 + 2.m'.(\frac{p}{\omega'_0}) + (\frac{p}{\omega'_0})^2}$$

en exprimant les nouveaux paramètres T'_0 , m' et ω'_0 en fonction de T_0 , m et ω_0 .

On impose une consigne en forme d'échelon de hauteur $\Delta V = 0,5$ V.

Donner l'expression de $V_s(p)$.

En déduire, en utilisant le théorème de la valeur finale, l'expression de V_{sf} en fonction de T'_0 et de ΔV .

Compléter le tableau ci-dessous en donnant pour les trois valeurs de A (1, 10, 22)

- la valeur numérique de la transmittance statique T'_0
- la valeur numérique du facteur d'amortissement m'
- la valeur numérique de la pulsation propre ω'_0
- En déduire la valeur finale atteinte et les valeurs du dépassement et du temps de réponse à 5% en utilisant les abaques.

A	1	10	22
T'o			
ω'o			
m'			
Dépassement d %			
Temps de réponse tr_{5%}			
Valeur finale Vsf			

Vérifier les compatibilités avec les relevés expérimentaux.

c) Analyse par la simulation du système en boucle fermée :

A l'aide du logiciel LTSpice et du fichier "asserv3.asc", retrouver les résultats démontrés théoriquement.