

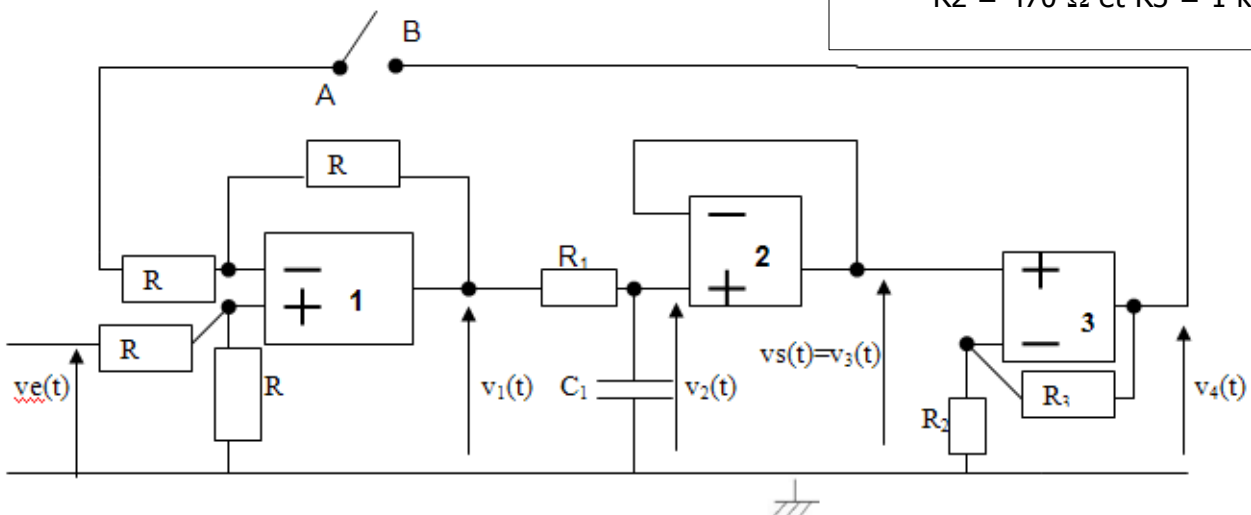
## TP n°19 : première étude d'un système bouclé .

→ **But du TP** : le but de ce TP de seconde année est l'étude d'un système bouclé à trois amplificateurs opérationnels en régime linéaire. L'étude se fera tout d'abord de manière pratique par la mesure du temps de réponse à 5% si on place un échelon unitaire en entrée, en boucle ouverte, puis en boucle fermée. On mesurera également la bande passante du montage en BO et en BF. On en déduira par l'expérience un intérêt du système bouclé. Ensuite, on fera l'étude théorique en mettant le système sous la forme classique des systèmes bouclés et en calculant les temps de réponse et les deux fréquences de coupure .

### 1) Partie expérimentale : découverte du système et mesures de $tr_{5\%}$ et de $f_c$ .

On considère le système à 3 AO suivant :

Valeurs des composants :  
 $R = 10\text{ k}\Omega$ ,  $R_1 = 1,5\text{ k}\Omega$ ,  $C_1 = 100\text{ nF}$   
 $R_2 = 470\ \Omega$  et  $R_3 = 1\text{ k}\Omega$ .

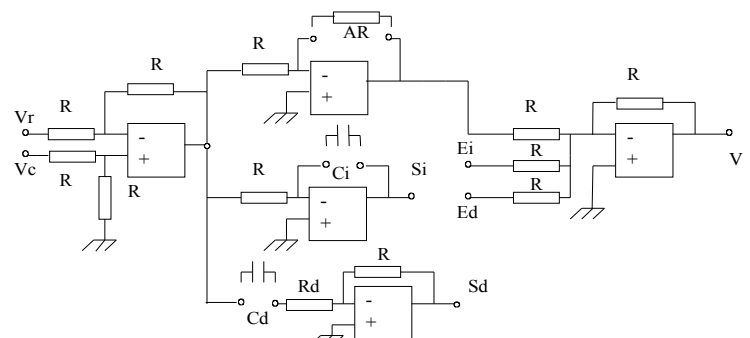


Le point A est relié :

- soit à la masse : système en boucle ouverte (BO).
- soit à B : système en boucle fermée (BF).

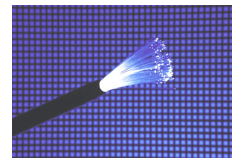
On dispose d'une maquette : « correcteur » dont le schéma est donné ci-dessous :

On se servira du premier AO pour l'AO noté 1 sur le système ( $V_e = V_c$  sur la maquette) et on prendra une résistance  $AR = 10\text{ k}\Omega$ . Ainsi, on aura  $V_{\text{maquette}} = V_{1\text{système}}$ .



Pour les AO notés 2 et 3 sur le système, on utilisera un TL082 dont le schéma de branchement est donné dans le répertoire classe.

Câbler le montage entier en utilisant un petit fil pour le point A.



- a) Mesures en boucle ouverte : brancher le point A à la masse (le système est alors en boucle ouverte).

Imposer un échelon unitaire à l'aide du GBF (signal carré [0-1 V] à la fréquence  $f = 250 \text{ Hz}$ )

A l'aide de l'oscilloscope, relever les deux tensions  $V_e(t)$  et  $V_s(t)$ .

Quelle est la forme de  $V_s(t)$  ? A-t-on la réponse indicielle d'un système du premier ou du second ordre ?

Mesurer avec précision la valeur finale de  $V_s(t)$  et le temps de réponse à 5% (laisser la construction sur le chronogramme pour la mesure de  $tr_{5\%}$ )

En déduire la transmittance statique  $A_0$  du système en boucle ouverte.

A l'aide du VI de Labview « Gain-Amplification\_Optimal », tracer le diagramme de Bode en amplitude du système en boucle ouverte. On prendra des fréquences entre 100 Hz et 20 kHz.

Préciser le type du filtre et l'ordre en justifiant votre réponse.

Mesurer sur le graphique le gain en basse fréquence et la fréquence de coupure du filtre. (laisser la construction sur le chronogramme pour la mesure de  $f_c$ )

Valider la valeur de la transmittance statique du système en boucle ouverte.

- b) Mesures en boucle fermée : brancher le point A sur le point B (le système est alors en boucle fermée).

Imposer, de la même façon qu'en BO, un échelon unitaire à l'aide du GBF (signal carré [0-1 V] à la fréquence  $f = 1 \text{ kHz}$ )

A l'aide de l'oscilloscope, relever les deux tensions  $V_e(t)$  et  $V_s(t)$ .

Quelle est la forme de  $V_s(t)$  ? A-t-on la réponse indicielle d'un système du premier ou du second ordre ?

Mesurer avec précision la valeur finale de  $V_s(t)$  et le temps de réponse à 5% (laisser la construction sur le chronogramme pour la mesure de  $tr_{5\%}$ )

En déduire la transmittance statique  $A_0'$  du système en boucle fermée.

A l'aide du VI de Labview « Gain-Amplification\_Optimal », tracer le diagramme de Bode en amplitude du système en boucle ouverte. On prendra des fréquences entre 100 Hz et 20 kHz.

Préciser le type du filtre et l'ordre en justifiant votre réponse.

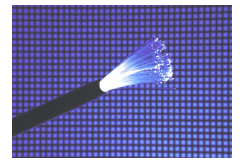
Mesurer sur le graphique le gain en basse fréquence et la fréquence de coupure du filtre. (laisser la construction sur le chronogramme pour la mesure de  $f_c'$ )

Valider la valeur de la transmittance statique du système en boucle fermée.

- c) Récapitulatif : placer les mesures prises dans le tableau ci-dessous :

	BO	BF
Transmittance statique $A_0$		
$tr_{5\%}$		
Fréquence de coupure $f_c$		

Calculer à chaque fois les rapports entre la mesure en BF et la mesure en BO.



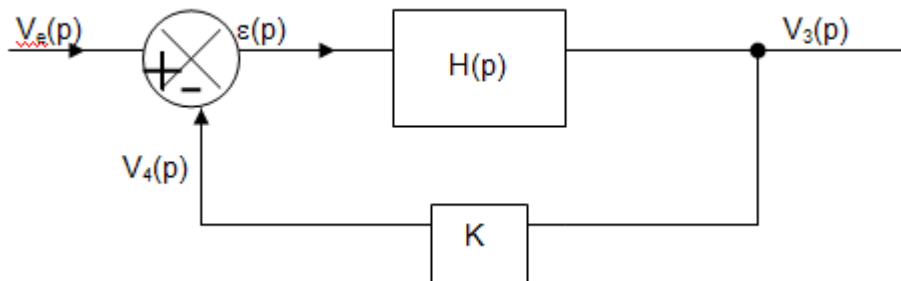
## 2) Analyse théorique.

### a) Mise en équation du système et identification des éléments du système bouclé :

On note  $V(p)$  la transformée de Laplace du signal analogique  $v(t)$ .

- donner la relation entre  $V_e(p)$ ,  $V_1(p)$  et  $V_4(p)$  : comment s'appelle le montage comportant l'AO1 ?
- donner la relation entre  $V_1(p)$  et  $V_2(p)$ .
- donner la relation entre  $V_2(p)$  et  $V_3(p)$  : quel est le rôle de l'AO2 ?
- donner la relation entre  $V_3(p)$  et  $V_4(p)$ .

Mettre l'asservissement proposé sous la forme classique :



A l'aide des équations établies précédemment, identifier  $H(p)$ ,  $\varepsilon(p)$  et  $K$  en fonction des grandeurs du circuit. On pourra commencer par écrire les équations du circuit ci-dessus et comparer les équations ensuite.

Montrer en particulier que  $H(p)$  peut se mettre sous la forme  $H(p) = \frac{1}{1 + \tau \cdot p}$

Exprimer  $\tau$  en fonction de  $R_1$  et  $C_1$ .

Montrer que la forme de  $H(p)$  est caractéristique d'un circuit du premier ordre.

### b) Étude du circuit en boucle ouverte : on branche le point A à la masse :

- ⊕ donner la relation entre  $V_s(p)$  et  $\varepsilon(p)$  et montrer que :  $V_s(p) = H(p) \cdot V_e(p)$ .
- ⊕ en déduire que, dans le domaine temporel, les grandeurs  $v_e(t)$  et  $v_s(t)$  sont reliées par

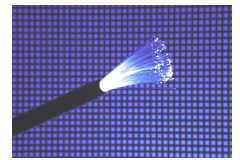
l'équation différentielle :  $\tau \cdot \frac{\partial v_s}{\partial t} + v_s = v_e$  (on rappelle que la transformée inverse de Laplace de

$p \cdot V_s(p)$  est  $\frac{\partial v_s}{\partial t}$ )

- ⊕ si  $v_e(t)$  est un échelon, que vaut le temps de réponse à 5% du circuit (noté  $t_{r5\%}$ )?
- ⊕ si  $v_e(t)$  est sinusoïdale d'amplitude  $\hat{E}$  et de fréquence  $f$ , montrer que l'amplitude de la

sortie  $v_s(t)$  vaut :  $\hat{S} = \hat{E} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + (\tau \cdot \omega)^2}}$

- ⊕ donner le type du filtre réalisé, son ordre, sa transmittance statique et sa fréquence de coupure  $f_c$  en fonction de  $\tau$  ?



- c) Étude du circuit en boucle fermée : on branche le point A au point B : le système est en boucle fermée.
- Donner la relation entre  $\varepsilon(p)$ ,  $V_e(p)$  et  $V_4(p)$ .
  - Donner la relation entre  $\varepsilon(p)$ ,  $H(p)$  et  $V_s(p)$ .
  - Donner la relation entre  $V_4(p)$ ,  $K$  et  $V_s(p)$

Déduire de ces trois relations que:  $V_s(p) = H'(p) \cdot V_e(p)$ .

Exprimer  $H'(p)$  en fonction de  $H(p)$  et de  $K$  puis montrer que  $H'(p)$  peut se mettre sous la forme :

$$H'(p) = \frac{K'}{1 + \tau' p}$$

Exprimer  $K'$  en fonction de  $K$  et  $\tau'$  en fonction de  $K$  et  $\tau$ .

- ⊕ en déduire que, de la même façon que pour le système en BO, les grandeurs  $v_e(t)$  et  $v_s(t)$  sont reliées dans le domaine temporel par l'équation différentielle :  $\tau \frac{\partial v_s}{\partial t} + v_s = K' \cdot v_e$
- ⊕ si  $v_e(t)$  est un échelon d'amplitude  $E$ , quelle est la valeur finale de  $v_s(t)$  et que vaut le temps de réponse à 5% du circuit (noté  $t'_{r5\%}$ )? En déduire la valeur de la transmittance statique.
- ⊕ si  $v_e(t)$  est sinusoïdale d'amplitude  $\hat{E}$  et de fréquence  $f$ , montrer que l'amplitude de la sortie  $\hat{S}$  vaut :

$$\hat{S} = \hat{E} \cdot \frac{K'}{\sqrt{1 + (\tau' \cdot \omega)^2}}$$

- ⊕ donner le type de filtre réalisé.
- ⊕ que vaut la fréquence de coupure de ce filtre  $f'_c$  en fonction de  $\tau'$  ?
- ⊕ donner la relation entre  $t_{r5\%}$  et  $t'_{r5\%}$  puis celle entre  $f_c$  et  $f'_c$  et entre  $A_0$  et  $A'_0$ .

Conclure sur l'intérêt(s) ?? d'un système bouclé.