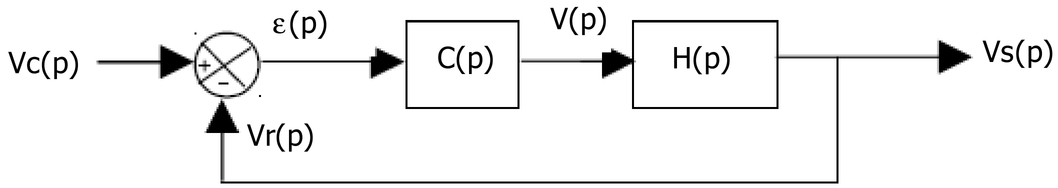
TP n°22 : utilisation de correcteurs dans un système bouclé .

➔ <u>But du TP</u> : le but de ce TP de seconde année est l'étude de l'utilité des correcteurs PID pour améliorer un des critères de la réponse d'un processus inséré dans un système bouclé à retour unitaire. On étudie d'abord l'asservissement de manière pratique : identification du processus, visualisation et mesure de la réponse à un échelon en boucle fermée, avec un correcteur proportionnel, puis intégral (PI) et PID. Ensuite, on essaie de justifier les résultats obtenus en pratique par une simulation à l'aide du logiciel LTSPICE

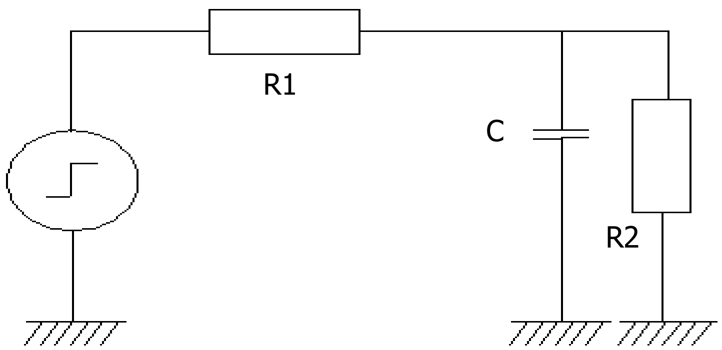
1) Présentation de l'asservissement et analyse par la pratique.

a) Présentation de l'asservissement.

On considère le système bouclé suivant :

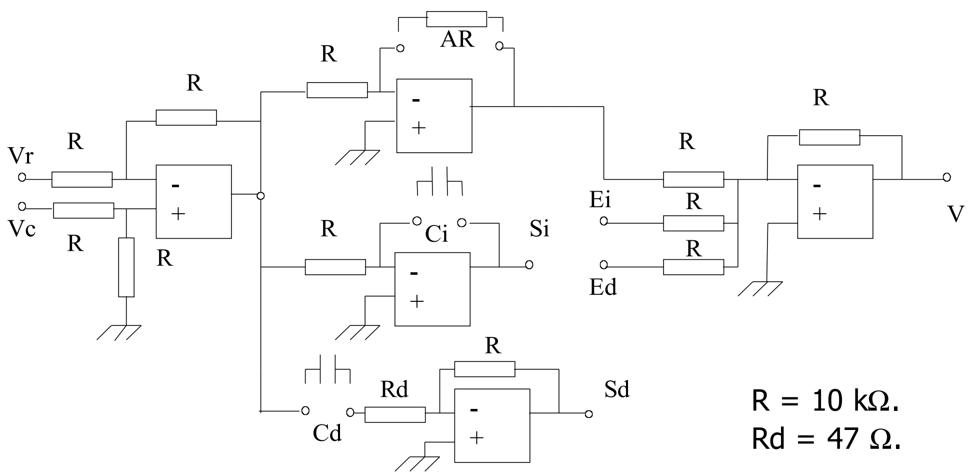


H(p) est la représentation de Laplace du processus étudié ci-dessous et C(p) est la représentation de Laplace du correcteur. Pour réaliser le processus, on se servira d'un AO TL082.



R1 = 10 kΩ
C = 10 nF
R2 = 10 kΩ

Pour réaliser le soustracteur et le correcteur C(p), on se servira de la maquette « correcteur PID » déjà utilisée dans les TP précédents :



R = 10 kΩ.
Rd = 47 Ω.

b) Identification du processus en boucle ouverte :

A l'aide de mesures (que l'on précisera), identifier le processus H(p).
Justifier pratiquement que ce montage correspond à un système du premier ordre que l'on mettra sous la forme H(p) = $\frac{H_0}{1+\tau . p}$ en donnant les valeurs numériques pratiques de H_0 et de τ.

Comparer ces deux valeurs aux valeurs théoriques : $H_0 = \frac{R_2}{R_1+R_2}$ et $\tau = \frac{R_1 . R_2 . C}{R_1+R_2}$

Mesurer le temps de réponse à 5% ainsi que l'écart statique entre la sortie et l'entrée si le signal d'entrée est un échelon de valeur 1V. Recopier ces deux valeurs dans le tableau ci-dessous :

	En BO	**En BF avec A=1**	**En BF avec A=10**
Temps de réponse : $tr_{5\%}$			
Valeur finale : Vsf			
Écart statique.			

c) Mesures sur le système bouclé avec A = 1 :

Placer la résistance A.R telle que A = 1.
Mettre le système en boucle fermée en reliant Vs(t) à Vr(t).
Imposer une entrée consigne Vc(t) : échelon de valeur [0 - 1 V].

Mesurer le temps de réponse à 5% ainsi que l'écart statique entre la sortie et l'entrée et recopier ces deux valeurs dans le tableau.

On a montré en cours et en exo que, pour un système du premier ordre de fonction de transfert H(p) = $\frac{H_0}{1+\tau . p}$, le système en boucle fermée avait pour fonction de transfert :

$$H_{BF}(p) = \frac{H_0'}{1+\tau' . p} \quad \text{avec :} \quad H_0' = \frac{H_0}{1+H_0} \quad \text{et} \quad \tau' = \frac{\tau}{1+H_0}$$

Comparer alors les résultats pratiques et théoriques.

Pourquoi n'étudie-t-on pas le critère de stabilité pour un tel système ?

2) Mise en place de correcteurs.

a) <u>Mise en place d'un correcteur de type proportionnel A = 10 :</u>

Placer la résistance A.R telle que A = 10.
Imposer une entrée consigne Vc(t) : échelon de valeur [0 - 1 V].

Mesurer le temps de réponse à 5% ainsi que l'écart statique entre la sortie et l'entrée et recopier ces deux valeurs dans le tableau au dessus.
Le système en boucle fermée est-il toujours du premier ordre ?
On a montré en cours que tout se passe comme si on remplaçait H_0 par $A.H_0$.

En déduire les valeurs théoriques de H_0'' et de τ'' telles que la fonction de transfert peut s'écrire :

$$H_{BF}(p) = \frac{H_0''}{1+\tau''.p}$$

et comparer aux valeurs pratiques.

Quels critères a-t-on amélioré en plaçant un correcteur de type proportionnel ?

b) Mise en place d'un correcteur intégral PI avec A=1 :

On veut obtenir une erreur statique nulle.
Montrer théoriquement que l'erreur statique ne peut pas s'annuler avec le système précédent.

Justifier la mise en place du correcteur intégral.

On relie alors les deux bornes Ei et Si de la maquette et on place une résistance AR telle que A=1.

Montrer que la fonction de transfert du correcteur est alors : $C(p) = \frac{(1+\tau i.p)}{\tau i.p}$ où τi = R.Ci

On veut imposer la condition : $\tau i << \tau$: montrer que le condensateur C1 = 1 nF est satisfaisant.
Relever la réponse indicielle du système en boucle fermée. Le système est-il toujours du premier ordre ?
Mesurer le temps de réponse à 5% ainsi que l'écart statique entre la sortie et l'entrée.
On veut trouver pratiqement la marge de phase du système sans tracer tout le diagramme de Bode : donner la procédure à suivre et indiquer le résultat dans le tableau ci-dessous :

	Avec correcteur PI	**Avec correcteur PID**
Temps de réponse : $tr_{5\%}$		
Marge de phase		
Écart statique.		

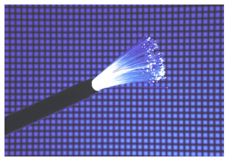
Quels sont les critères de l'asservisement qui ont été améliorés et ceux qui ont été dégradés par rapport à la situation précédente ?

c) Mise en place d'un correcteur PID avec A = 1 :

Pour améliorer la stabilité en insérant un correcteur dérivée, il faut surélever / diminuer la phase à la fréquence où le système a un gain de G = 0 dB ?
C'est ce que fait le correcteur Dérivée. On veut qu'il agisse aux alentours de 1 kHz. On prend alors Cd = 1 µF. Effectuer le montage et mesurer :

- ➔ l'erreur statique en régime permanent.
- ➔ le temps de réponse à 5%.
- ➔ la marge de phase.

Recopier les résultats dans le tableau et conclure.

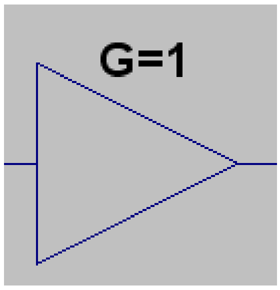


3) Mise en place de correcteurs.

A l'aide du logiciel LTSpice et du fichier "correc_2011.asc", retrouver les résultats trouvés pratiquement.

On retrouvera les correcteurs :

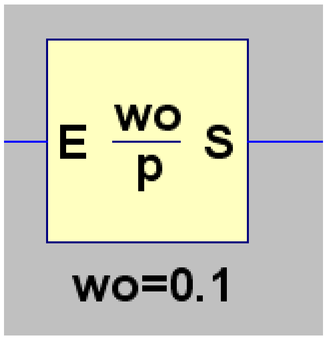
- proportionnel :



On règle directement l'amplification A = G.

- intégral : la fonction de transfert vaut $\frac{1}{R.Ci.p} = \frac{\omega_0}{p}$ ici.

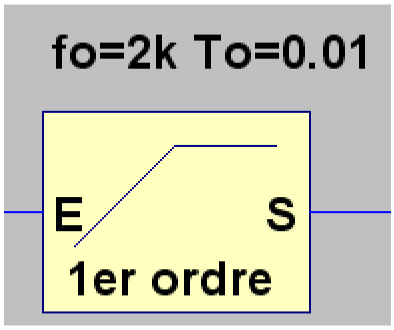
On doit donc fournir la valeur de ω_0.



- dérivée :

la fonction de transfert vaut $\left(\frac{R}{r}\right).\left(\frac{r.Cd.p}{1+r.Cd.p}\right) = T_0.\left(\frac{\left(\frac{p}{2.\pi.f_0}\right)}{1+\left(\frac{p}{2.\pi.f_0}\right)}\right)$ ici.

On doit donc fournir la valeur de $T_0 = \left(\frac{R}{r}\right)$ ainsi que celle de $f_0 = \left(\frac{1}{2.\pi.r.Cd}\right)$



Remarques :

- ➔ si on ne veut pas faire intervenir le correcteur intégral (ou dérivée), on placera $\omega_0 = 0,01$ (ou bien $T_0 = 0,1$ pour le correcteur dérivée.)
- ➔ si on veut tracer le diagramme de Bode, on remplace la commande de simulation ".trans 5m" par une commande en fréquence **.ac dec 100 100 100k**
- ➔ si on veut travailler en boucle ouverte, on coupera le fil qui arrive sur le soustracteur et on le reliera à la masse.