

TP n°16 : étude de la réponse indicielle des systèmes du second ordre.

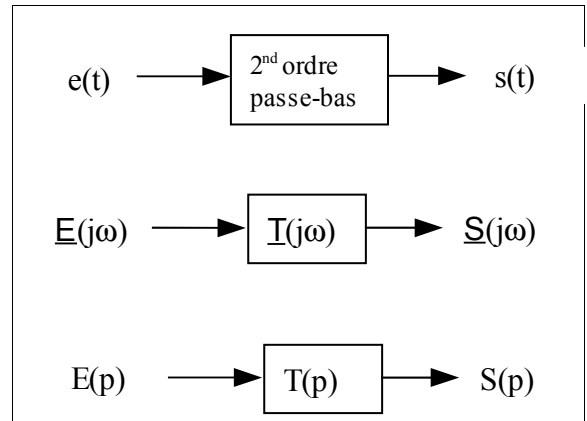
→ But du TP : le but de ce seizième TP de seconde année est l'étude de la réponse à un échelon d'un montage passe-bas du second ordre de type Sallen Key. On utilisera plusieurs jeux de composants pour caractériser les différents types de réponses.

Rappels :

Tout système linéaire passe-bas du second ordre, d'entrée $e(t)$ et de sortie $s(t)$ est décrit a priori par une équation différentielle du second ordre du type :

$$\frac{1}{\omega_0^2} \cdot \frac{d^2 s(t)}{dt^2} + \frac{2m}{\omega_0} \frac{ds(t)}{dt} + s(t) = T_0 e(t) \text{ avec } T_0 \text{ réel}$$

- Quand $e(t)$ est sinusoïdal, on peut introduire les notations complexes et définir la transmittance ou fonction de transfert complexe $T(j\omega)$ du système.
- Quand $e(t)$ est quelconque (échelon, impulsion, rampe), on travaille dans le formalisme de Laplace et on introduit la transmittance $T(p)$ du système.



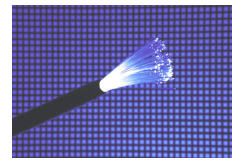
Régime quelconque		Régime harmonique
Formalisme de Laplace	Expressions temporelles	Notation complexe
$V(p)$	$v(t)$	$\underline{V}(j \omega)$
$p \cdot V(p)$	$\frac{dv}{dt}$	$j \omega \cdot \underline{V}(j \omega)$

En effectuant les correspondances on aboutit facilement à : $T(j\omega) = \frac{T_0}{1 + 2jm \cdot \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}}$ et en

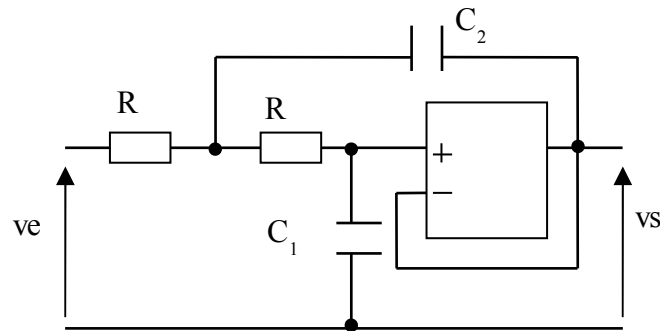
utilisant les représentations de Laplace : $T(p) = \frac{T_0}{1 + 2m \cdot \frac{p}{\omega_0} + \frac{p^2}{\omega_0^2}}$

Le but de l'étude expérimentale va donc être de:

- relever la réponse indicielle du système pour des valeurs particulières de m .
- de donner les valeurs des grandeurs caractéristiques (temps de réponse, dépassement, pseudo période des oscillations) et de valider ces valeurs à partir d'abaques fournis
- de préciser l'expression instantanée du signal conditionnée par la valeur de m .



1) Préparation



Le système, servant de base à l'étude, est un filtre actif passe-bas du second ordre dont la structure, de type Sallen-key, est donnée ci-dessous :

On admet que l'expression de la fonction de transfert est : $T = \frac{V_s}{V_e} = \frac{1}{1 + 2jRC_1\omega - R^2C_1C_2\omega^2}$

Donner l'expression de $T(p)$ et l'identifier à la forme fondamentale $T(p) = \frac{T_0}{1 + 2m \cdot \frac{p}{\omega_0} + \frac{p^2}{\omega_0^2}}$ en

donnant les expressions de ω_0 et de m en fonction de R , C_1 et C_2 .

On choisit $R = 100 \text{ k}\Omega$ et le couple (C_1, C_2) tel que $C_1 \cdot C_2$ soit une constante et C_1/C_2 variable de façon à obtenir ω_0 constant et m variable.

Compléter le tableau ci-dessous en donnant pour les deux couples (C_1, C_2) les valeurs de ω_0 et de m correspondantes.

C1 (nF)	330	47
C2 (nF)	68	470
m		
ω_0 (rd/s)		

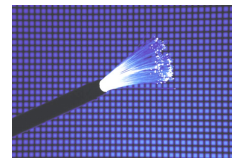
Rappeler ce que représentent les 2 grandeurs m et ω_0

Le filtre sera réalisé sur plaquette d'essai avec des fils courts pour éviter les oscillations.

Pour relever la réponse indicielle du filtre, on utilisera la carte d'acquisition associée à Labview.

- Rôle de la carte d'acquisition : imposer à un instant donné un échelon de tension à l'entrée du système grâce à une sortie analogique de la carte, et acquérir l'échelon d'entrée et la réponse indicielle correspondante par l'intermédiaire de deux entrées analogiques
- Rôle du logiciel : visualiser en temps réel les signaux et mémoriser dans un fichier texte les points représentatifs des signaux acquis grâce à la carte d'acquisition.

Recopier dans votre répertoire de travail les fichiers présents dans le répertoire « TP16_2nd_ordre » et ouvrir le vi « échelon_acquisition-fichier ».

**2) Étude de la réponse indicielle pour C1 = 330 nF et C2 = 68 nF****a) Relevé de la réponse indicielle.**

- Modifier les réglages de la face avant du « vi » pour imposer un échelon de hauteur 5V, sur une durée de 0,5s. Le déclenchement doit se faire sur le front montant de l'échelon et le niveau de déclenchement sera réglé à environ 0,1V.
- Effectuer les réglages sur l'oscilloscope pour relever en mode single l'échelon généré par la carte et la réponse correspondante.
- Lancer le « vi », spécifier un nom de fichier où vont être mémorisés les échantillons pour une exploitation ultérieure.
Valider le bon fonctionnement de l'ensemble (signaux sur l'oscilloscope cohérents avec ceux affichés sur l'écran de l'ordinateur).

b) Grandeurs caractéristiques de la réponse indicielle.

On s'intéresse à l'évolution de $v_s(t)$:

Quelle est la valeur finale atteinte ? Justifier cette valeur.

Donner la définition du temps de réponse à 5% noté t_r .

Chiffrer graphiquement sa valeur en plaçant judicieusement les 2 curseurs.

Ouvrir le « vi » « réponse échelon_simulation_pratique ».

Ce « vi » permet de déduire la fonction de transfert du système à partir de la réponse indicielle et de la hauteur de l'échelon imposé en entrée.

- Lancer le « vi » et indiquer le fichier à lire

- Modifier les paramètres du système du second ordre modélisé pour obtenir la même réponse indicielle. On procèdera comme indiqué ci-dessous :

- préciser la hauteur de l'échelon
- ajuster la durée de l'échelon à la durée de l'acquisition
- modifier T_0 pour avoir la même valeur finale
- donner à ω_0 une valeur proche de celle indiquée dans le tableau page 2
- ajuster enfin m .

Quand les 2 courbes sont confondues, imprimer la partie utile de la face avant.

Commenter les valeurs obtenues.

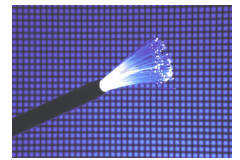
On pourra faire apparaître le temps de réponse à 5% en plaçant correctement les 2 curseurs.

Valider la valeur de $t_{r5\%}$ obtenue graphiquement à partir des abaques fournis en annexe.

Pour $m > 1$, la fonction de transfert $T(p) = \frac{T_0}{1 + 2m \cdot \tau_0 p + \tau_0^2 p^2}$ peut aussi se mettre sous la

forme : $T(p) = \frac{T_0}{(1 + \tau_1 p) \cdot (1 + \tau_2 p)}$

Donner les valeurs de τ_1 et τ_2 en fonction de m et τ_0 .



c) *Expression de la tension de sortie vs(t).*

Déduire des résultats précédents l'expression de $V_s(p)$ en faisant intervenir E, T_0, τ_1 et τ_2 .

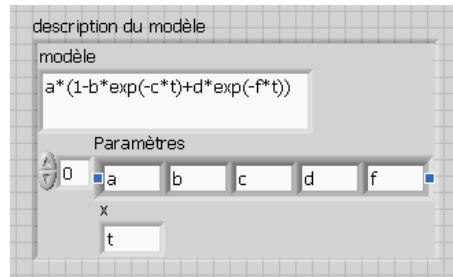
En exploitant la table des transformées de Laplace donnée dans le cours, donner l'expression de $v_s(t)$.

Pour valider cette expression, ouvrir le « vi » « fichier_identification_2ordre »

Ce « vi » permet de comparer l'évolution de $v_s(t)$ à un modèle décrit par une fonction mathématique $f(t)$.

Ouvrir le « vi » et si nécessaire, renseigner le modèle comme indiqué ci dessous :

Donner des valeurs initiales aux paramètres intervenant dans la formule $f(t)$ comme par exemple :



Lancer le « vi » et noter la valeur des coefficients quand l'identification « signal_modèle » est correcte.

Commenter les valeurs obtenues.

On retient :

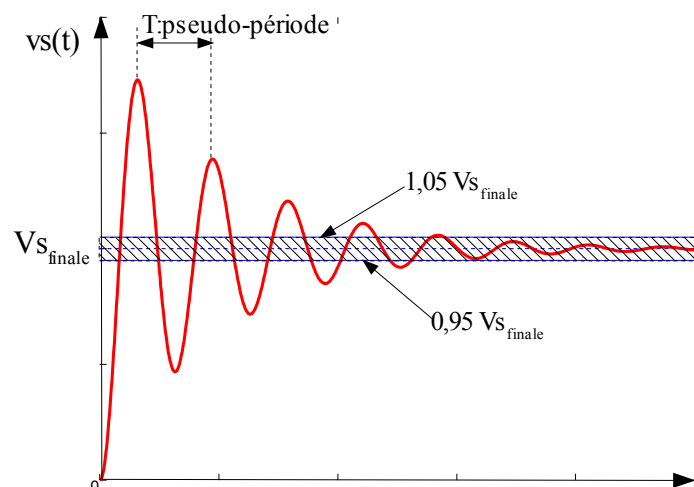
**Quand $m > 1$, la réponse indicielle est régie par 2 constantes de temps.
On parle de régime transitoire aperiodique.**

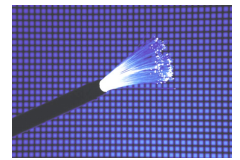
3) Étude de la réponse indicielle dans les cas où m est inférieur à 1.

a) *Relevé de la réponse indicielle pour $C1 = 47 \text{ nF}$ et $C2 = 470 \text{ nF}$.*

Comme précédemment, acquérir l'échelon imposé en entrée du filtre et la réponse indicielle correspondante en exploitant le « vi » « échelon_acquisition-fichier »

Le signal $v_s(t)$ est conforme à :





Rappeler dans ces conditions :

- la définition du temps de réponse à 5% (noté t_r) : le faire apparaître sur le graphe ci-dessus
- l'expression du (premier) dépassement en %.(noté d)

Ouvrir le « vi » « réponse échelon_simulation_pratique »

Modifier les valeurs des paramètres pour avoir les 2 courbes confondues.

Commenter les valeurs obtenues.

Faire apparaître le temps de réponse à 5% en plaçant correctement les 2 curseurs.

Valider la valeur de t_r obtenue graphiquement à partir des abaques fournis en annexe.

Déterminer graphiquement la valeur du premier dépassement en %

Valider la valeur obtenue graphiquement à partir des abaques fournis en annexe.

Chiffrer et valider également la valeur du deuxième dépassement.

Déterminer graphiquement la valeur de la pseudo période des oscillations

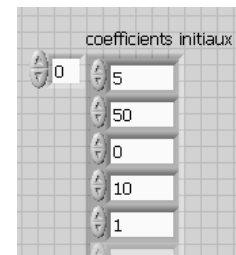
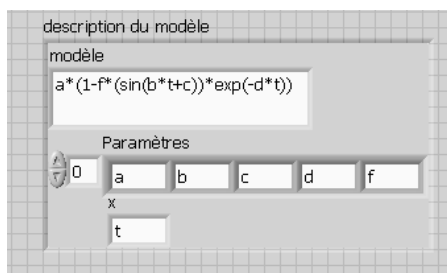
Imprimer les chronogrammes en faisant apparaître toutes les grandeurs caractéristiques.

b) Expression de la tension de sortie $v_s(t)$.

En exploitant la table des transformées de Laplace, donner l'expression de $v_s(t)$.

Pour valider cette expression, ouvrir le « vi » « fichier_identification_2ordre »

Renseigner le modèle de la façon suivante :



Commenter les résultats obtenus.

c) Relevé de la réponse indicielle pour $C1 = 68 \text{ nF}$ et $C2 = 330 \text{ nF}$.

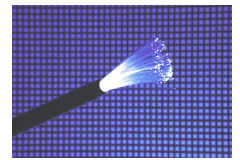
Effectuer le même travail que précédemment à savoir :

- acquérir les signaux en exploitant le « vi » « échelon_acquisition-fichier »
- déterminer graphiquement les caractéristiques de la réponse indicielle (premier dépassement, temps de réponse à 5%) et valider les valeurs obtenues. *On exploitera le « vi » « réponse échelon_simulation_pratique » et les abaques fournis*
- donner l'expression instantanée de $v_s(t)$ en exploitant le « vi » « fichier_identification_2ordre »

Commenter tous les résultats obtenus.

On retient :

Quand $m < 1$, la réponse indicielle présente des oscillations amorties d'autant plus importantes que m est faible. On parle de régime transitoire oscillatoire amorti.



Annexe : abaquages pour les courbes du second ordre.

