

TP 2 – série 2

Étude de filtres du premier ordre
Réponses fréquentielle et temporelle.
Diagrammes de Bode

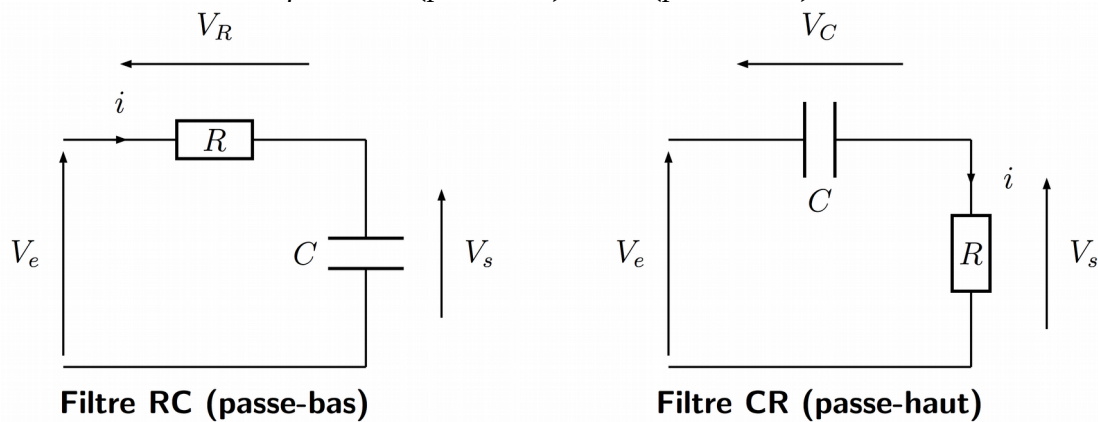
Les objectifs de ce TP sont :

- savoir générer un espace des fréquences adapté à la visualisation correcte du diagramme de Bode d'un filtre du premier ordre
- savoir exploiter un diagramme de Bode
- illustrer les notions de gain, de déphasage d'un filtre du premier ordre en régime sinusoïdal
- étudier la réponse d'un filtre RC à un échelon et à un signal carré
- illustration des différentes méthodes pour déterminer la constante de temps d'un filtre du premier ordre

Exercice 1 :

Réponse fréquentielle. Diagrammes de Bode d'un filtre RC, CR série

Nous allons étudier les deux filtres RC (passe-bas) et CR (passe-haut).



1. Créez un classeur « Filtre_RC.ods » dans votre répertoire de travail.
2. Renommez la première feuille de calcul « Réponse fréquentielle ».
3. Éditez et formatez la feuille afin d'obtenir à gauche de votre feuille de calcul :

Fréquence	pulsation	filtre RC (passe-bas)			filtre CR (passe-haut)		
		Gain PB	Module (dB)	Argument (rad)	Gain PH	Module PH (dB)	Argument (rad)

4. Vous stockerez également les valeurs du condensateur ($C=1\mu\text{F}$) et de la résistance ($R=1\text{k}\Omega$)

dans les cellules de votre choix.

5. Remplissez la première colonne pour obtenir une fréquence qui varie de 10^{-10} à 10^{10} Hz sur 1001 cellules. Ce vecteur fréquence ne peut pas être généré linéairement. Il faut utiliser la fonction **PUISSANCE** (base ; exposant). Vous prendrez comme base 10 et ferez varier l'exposant linéairement de -10 à 10 avec la méthode vue dans les précédents exercices.
6. Calculez ensuite la pulsation correspondante.
7. Déterminer les valeurs (pour chaque fréquence) du gain (en linéaire et en dB) et du déphasage des fonctions de transfert des filtres RC et CR série. Pour rappel, les fonctions de transfert sont données par :

$$H_{RC} = \frac{V_s}{V_e} = \frac{V_C}{V_e} = \frac{1}{1 + jRC\omega} \qquad H_{CR} = \frac{V_s}{V_e} = \frac{V_R}{V_e} = \frac{jRC\omega}{1 + jRC\omega}$$

pour rappel, le gain en dB est donné par $20 \log(|H|)$

8. Tracer dans 1 premier graphique les allures du gain en linéaire, dans un second l'allure du gain en dB et dans un troisième l'argument des fonctions de transfert. L'échelle des fréquences sera logarithmique.
9. Quelle est l'expression de la fréquence de coupure de ces filtres ?
10. Quelles sont les valeurs du gain linéaire, du gain en dB et du déphasage à la fréquence de coupure, à 0,1 fois la fréquence de coupure et à 10 fois la fréquence de coupure ? Justifier théoriquement ces valeurs.
11. Tracer sur une période, à la fréquence de coupure, l'allure des tensions d'entrée et de sortie du filtre passe-bas.

Exercice 2 : Etude temporelle du circuit RC série

Dans cet exercice, nous allons étudier la réponse temporelle du circuit RC série, en appliquant en entrée, premièrement un échelon de tension (réponse indicielle), et deuxièmement un signal carré périodique.

Nous commençons par étudier le circuit intégrateur, c'est-à-dire que la tension de sortie est mesurée aux bornes du condensateur.

En appliquant la loi des mailles, on montre que :

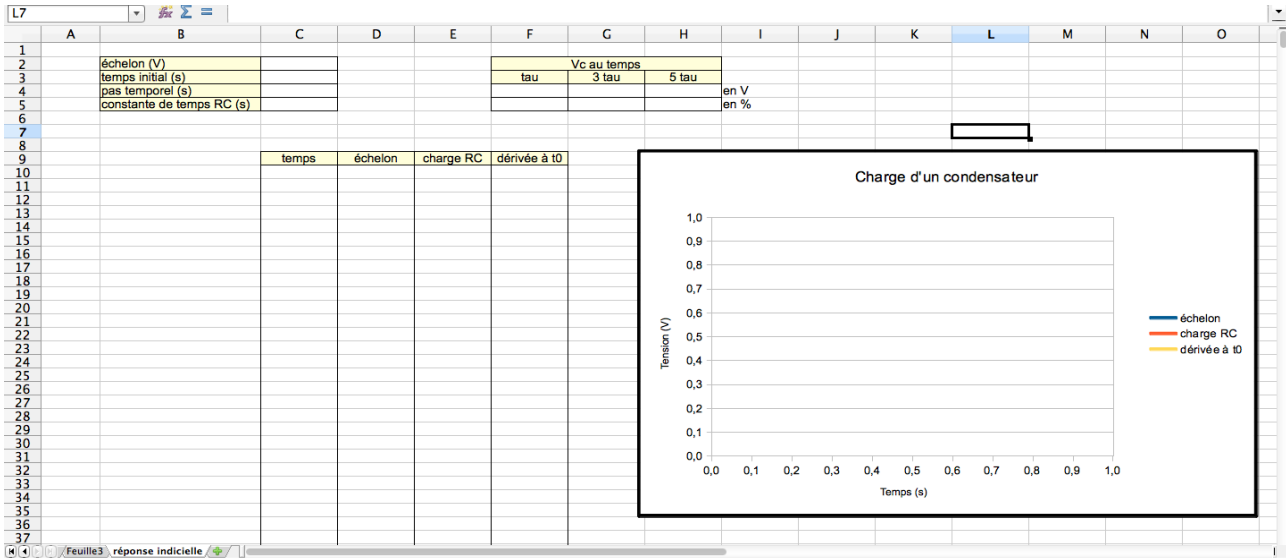
$$V_e = V_R + V_C = RI + V_C = RC \frac{\partial V_C}{\partial t} + V_C$$

On obtient une équation différentielle du premier ordre.

La solution de cette équation, dans le cas simple d'un échelon de tension ($V_e=0$ pour $t < t_0$ et $V_e=E$ pour $t > t_0$) est donnée par la fonction :

$$V_C = E \left[1 - \exp\left(-\frac{t-t_0}{\tau}\right) \right] \quad \text{avec} \quad \tau = RC$$

1- Créez une feuille de calcul « réponse indicielle » et préparez les cellules pour obtenir :



On choisit un échelon $E=5$ V, appliqué à $t_0=0.2$ s. Le pas temporel est fixé à 1 ms et la constante de temps, $\tau=0.15$ s.

2- A l'aide du pas temporel, remplissez la colonne des temps pour 1000 points. Ensuite, créez l'échelon de tension, à l'aide d'une fonction **SI()**. Enfin, remplissez la colonne de la tension aux bornes du condensateur, à l'aide de l'équation donnée précédemment. Attention, pour $t < t_0$, $V_C=0$!!

3- Manuellement, trouvez la dérivée de la fonction précédente, en $t=t_0$. Remplissez la colonne associée pour les 400 premiers points uniquement. Là aussi, on imposera la valeur 0 pour $t < t_0$.

4- Tracez les 3 courbes sur un même graphe.

5- A l'aide de la fonction **RECHERCHE()**, remplissez les cases F4 à H4, qui donnent la valeur de la tension V_C au bout des temps τ , 3τ et 5τ . Convertissez ces temps en pourcentage de la charge complète.

6- A quel temps, la droite de la dérivée atteint-elle la valeur E de l'échelon de tension ?