TP1

Électronique

Filtre passif et régime transitoire

Nous allons revoir un bon nombre de savoir-faire classiques d'électronique. Il faut impérativement que vous notiez les points délicats auxquels vous devez faire attention lors de ces manipulations classiques. Et relisez les avant le TP suivant.

I Manipulation des appareils courants d'électronique et grandeurs usuelles des signaux périodiques (45 min)

I.1 GBF, oscilloscope et multimètre

GBF et oscilloscope :

- A l'aide du GBF, générer un signal sinusoïdal de 2 V d'amplitude, de valeur moyenne nulle et de fréquence 10 kHz.
- Afficher directement ce signal à l'oscilloscope. On veillera à régler correctement la base de temps et d'amplitude pour que l'affichage soit "optimal". Vérifier l'amplitude du signal sinusoïdal.
- Avec le GBF, augmenter l'offset du signal sinusoïdal. Observer le rendu à l'oscilloscope. Régler cet offset à 5 V. Quel problème se pose-t-il ? Comment le régler ?

Multimètre :

- Revenir au signal sinusoïdal de valeur moyenne nulle.
- Mesurer la valeur efficace de ce signal à l'aide d'un multimètre.

I.2 Grandeurs usuelles associées aux signaux périodiques

Dans le cas d'un signal périodique $s(t)$ de période T quelconque, on introduit deux grandeurs importantes :

- la valeur moyenne
$$\langle s(t)\rangle = \frac{1}{T}\int_T s(t)\mathrm{d}t \tag{I.1}$$
où on intègre sur un intervalle de longueur T.
- la valeur efficace, reliée à des considérations énergétiques (calcul de puissance moyenne, par exemple) :
$$s_{eff} = \sqrt{\langle s^2(t)\rangle} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_T s^2(t)\mathrm{d}t} \tag{I.2}$$

Exercice : Montrer que, pour un signal sinusoïdal $s(t) = S_m\cos(\omega t+\varphi)$, la valeur efficace vérifie $s_{eff} = \dfrac{S_\mathrm{m}}{\sqrt{2}}$.

Moyennes et valeurs efficaces à retenir

$$\heartsuit\ \langle\cos(\omega t+\varphi)\rangle = 0 \qquad \text{et} \qquad \langle\cos^2(\omega t+\varphi)\rangle = \frac{1}{2}$$

$$\heartsuit\ s_{eff} = \frac{S_\mathrm{m}}{\sqrt{2}} \text{ pour } s(t) = S_\mathrm{m}\cos(\omega t + \varphi)$$

Sur le secteur, la tension électrique a pour caractéristiques : entre 220 V et 230 V (valeur efficace), 50 Hz.

I.3 Pour conclure : si on souhaite mesurer une amplitude, vaut-il mieux utiliser un oscilloscope ou un multimètre ?

Pour un signal sinusoïdal, il est donc équivalent de mesurer une amplitude ou une valeur efficace.

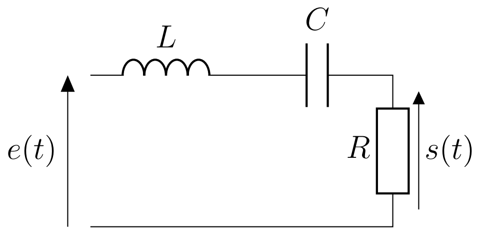
- Vaut-il mieux mesurer l'amplitude en utilisant un oscilloscope ou un multimètre ?

Pour un signal périodique quelconque, il n'y a pas de lien entre l'amplitude et la valeur efficace.

- Vaut-il mieux mesurer l'amplitude en utilisant un oscilloscope ou un multimètre ?

II Diagramme de Bode d'un filtre RLC série (2h)

On étudie dans cette partie le filtre RLC série en sortie sur R.



On choisira une inductance $L = 12\,\mathrm{mH}$, une capacité $C = 22\,\mathrm{nF}$ et une résistance $R = 150\,\Omega$.

II.1 Étude expérimentale

- Réaliser le circuit ci-dessus. Par convention, prendre l'habitude d'observer l'entrée sur la voie 1 de l'oscilloscope et la sortie sur la voie 2.

⚠ Si vous voulez pouvoir débugger rapidement un circuit électronique, il est indispensable que le câblage soit lisible : on commence toujours par câbler le circuit principal, sans faire de noeud dans les fils (on doit voir du premier coup d'oeil la boucle du circuit), puis dans un second temps on ajoute les câbles de visualisation des tensions sur les appareils de mesure.

- Déterminer rapidement et expérimentalement la nature du filtre : passe-bas, passe-bande, passe-haut.
- Estimer grossièrement la fréquence de résonance du circuit. On commencera le diagramme de Bode une décade avant et on le finira une décade après cette fréquence de résonance.
- Tracer le diagramme de Bode sur papier semi-logarithmique.

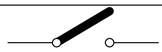
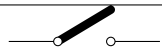
Interprétation du diagramme de Bode :

- L'allure du diagramme de Bode est-elle cohérente avec la nature du filtre déterminée ci-dessus ?
- Déterminer les pentes asymptotiques basses et hautes fréquences.
- Dans quelle bande de fréquences le filtre se comporte-t-il comme un dérivateur ? un intégrateur ?

II.2 Étude théorique

a Nature du filtre

Pour déterminer rapidement la nature d'un filtre, on dessine les circuits équivalents basse fréquence (BF) et haute fréquence (HF).

Dipôle	Impédance complexe	Composant équivalent BF	Composant équivalent HF
Condensateur	$\underline{Z_C} = \dfrac{1}{jC\omega}$		
Bobine	$\underline{Z_L} = jL\omega$		

- Déterminer théoriquement la nature du filtre étudié.

b Fonction de transfert

- Déterminer la fonction de transfert $\underline{H} = \dfrac{\underline{s}}{\underline{e}}$.
- Montrer que cette fonction de transfert peut se mettre sous la forme

$$\underline{H} = \frac{H_0}{1 + jQ\left(\dfrac{\omega}{\omega_0} - \dfrac{\omega_0}{\omega}\right)}$$

Donner les noms usuels des grandeurs H_0, ω_0 et Q, ainsi que leurs expressions en fonction de R, L et C dans le cas présent. Calculer leurs valeurs numériques.

Ces expressions de ω_0 et Q sont tellement usuelles en électronique qu'il faut les connaître par coeur !!!

c Diagramme de Bode asymptotique

- En utilisant des équivalents basses et hautes fréquences de la fonction de transfert $\underline{H}$, retrouver la valeur des pentes du gain en décibels à basses et hautes fréquences. Comparaison aux valeurs expérimentales ?
- De même, retrouver la valeur de la phase à basses et hautes fréquences. Comparaison aux valeurs expérimentales ?

d Diagramme de Bode réel

- En reprenant l'expression exacte de la fonction de transfert, donner l'expression du gain linéaire en fonction de ω. On fera apparaître H_0, ω_0 et Q.
- Montrer qu'il existe une pulsation de résonance ω_r et donner son expression en fonction de ω_0.
- Donner l'expression du gain en décibel en fonction de ω et l'expression de la phase en fonction de ω.

II.3 Bonus : observations expérimentales

S'il vous reste du temps :

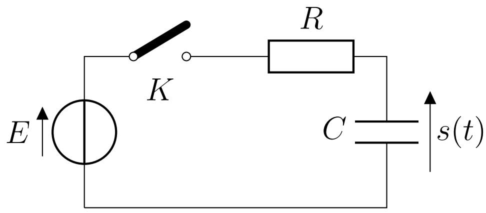
- Rappeler la modélisation de Thévenin d'un générateur de tension. En déduire alors pourquoi la tension d'entrée $e(t)$ mesurée varie au voisinage de la fréquence de résonance.

- A partir d'un signal d'entrée triangulaire, vérifier expérimentalement que vous arrivez à obtenir en sortie l'intégrale du signal d'entrée. Idem pour un signal d'entrée créneau.
- De même, à partir d'un signal d'entrée triangulaire, vérifier expérimentalement que vous arrivez à obtenir en sortie la dérivée du signal d'entrée. Idem pour un signal d'entrée créneau. Quelle difficulté se pose-t-il ?

III Régimes transitoires (45 min)

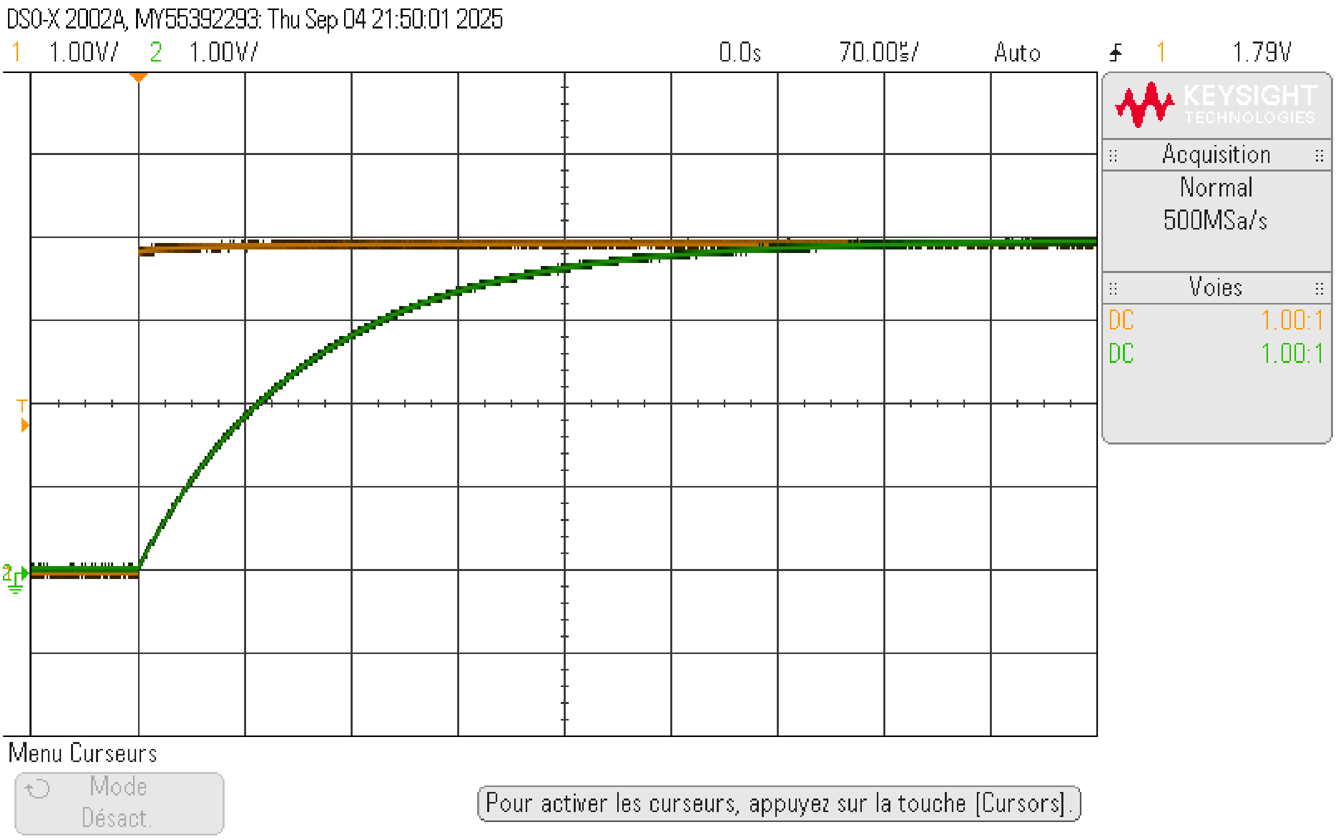
III.1 Régime transitoire d'un RC série en sortie sur C

On étudie la réponse à un échelon du circuit ci-dessous. L'interrupteur K est fermé à l'instant $t = 0$. On suppose que le condensateur est initialement déchargé, c'est-à-dire que $s(t = 0^-) = 0$.



- Déterminer l'équation différentielle régissant l'évolution de la tension $s(t)$ pour $t > 0$.
- Résoudre cette équation différentielle et exprimer $s(t)$.

On a réalisé cette expérience (je ne veux pas que vous réalisiez cette expérience dans le TP d'aujourd'hui) et on a obtenu le graphe ci-dessous.



- Déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps τ du circuit. Proposer une estimation de la durée du régime transitoire.
- L'expérience a été réalisée avec $R = 5.1\,\mathrm{k\Omega}$ et $C = 22\,\mathrm{nF}$. Vérifier que ces valeurs de composants sont cohérentes avec la valeur de τ déterminée graphiquement.

III.2 Régime transitoire d'un RLC série en sortie sur C

a Observation des différents régimes

On étudie désormais le filtre RLC série en sortie sur C.

- Modifier les branchements pour observer la tension souhaitée.
- Générer un signal d'entrée créneau dont la valeur minimale est nulle et la valeur maximale vaut 4 V.

Dans la suite, on étudie le régime transitoire lors du passage de la tension d'entrée de sa valeur maximale à la valeur nulle. On choisira donc astucieusement de déclencher l'acquisition sur l'oscilloscope lors d'un front descendant de la tension d'entrée (cf. trigger).

- En modifiant la valeur de R, observer les différents régimes transitoires possibles. Nommer ces régimes transitoires.

b Étude théorique du régime pseudo-périodique

Lors du régime libre d'oscillation, l'équation vérifiée par la tension de sortie est :

$$\frac{\mathrm{d}^2 s}{\mathrm{d}t^2} + \frac{\omega_0}{Q}\frac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t} + \omega_0^2 s(t) = 0$$

Si le facteur de qualité $Q > \dfrac{1}{2}$, alors le régime transitoire est pseudo-périodique.

- Montrer que, si $Q > \dfrac{1}{2}$, la solution générale de l'équation différentielle s'écrit :

$$\heartsuit \quad \boxed{s(t) = A\,\mathrm{e}^{-\frac{\omega_0 t}{2Q}} \cos(\Omega t + \varphi)}$$

avec A et φ des constantes. On donnera l'expression de Ω en fonction de ω_0 et Q.
- Après avoir réalisé un graphe de $s(t)$, préciser ce que l'on appelle l'enveloppe de $s(t)$.
- Montrer alors que si $Q > 2$, on peut raisonnablement supposer que $\Omega \simeq \omega_0$.

c Étude expérimentale du régime pseudo-périodique

- Reprendre la valeur $R = 150\,\Omega$.
- Mesurer la fréquence propre f_0 du filtre. En utilisant uniquement l'allure du régime pseudo-périodique, estimer grossièrement la valeur du facteur de qualité Q.

Remarque : En cas de manque de temps en cette fin de TP, je vous fournis ci-dessous la réponse temporelle que j'ai obtenue expérimentalement.