

TP TS 1

Rappel  
d'utilisation courante

Hugo SALOU  
Alan LE BRECH MPI\*  
Nicolas VINCENT

L'objectif de ce TP est de réutiliser des appareils électriques utilisés l'année dernière en *MP2I* (multimètre, oscilloscope, GBF, dipôles, ...) afin de mesurer des grandeurs communes en électricité.

La notation " $\hat{=}$ " sera utilisée pour la définitions d'une grandeur; tandis que la notation " $\cong$ " sera utilisée pour les applications numériques et valeurs mesurées.

## 1 Prise en main des appareils (GBF, oscilloscope, multimètre)

On génère à l'aide du GBF un signal de fréquence  $f = 1$  kHz, d'amplitude 2 V et de valeur moyenne 0,5V. Ces valeurs ont été obtenues à l'aide d'un oscilloscope mais nous re-mesurons ces valeurs

à l'aide du multimètre. On obtient une fréquence  $f \hat{=} 1,156$  kHz, une valeur moyenne  $\langle s \rangle \hat{=} 0,600$  V, une valeur efficace de 1,44 V et une valeur efficace vraie de 1,55V. Les valeurs mesurées correspondent environ à celle demandées (une étude des incertitudes serait nécessaire pour savoir d'où viennent ces imprécisions); en effet, la valeur efficace théorique de ce signal serai de  $2\text{ V}/\sqrt{2} \cong 1,41$  V.

On vérifie maintenant la relation donnée dans le sujet :  $S^2 = S_a^2 + \langle s(t) \rangle^2$  où  $S_a$  est la valeur efficace et  $S$  la valeur efficace vraie. On a

$$\langle s(t) \rangle^2 \hat{=} 0,360 \text{ V}^2 \quad S_a^2 \hat{=} 2,07 \text{ V}^2 \quad S^2 \hat{=} 2,40 \text{ V}^2$$

et, en calculant  $S_a^2 + \langle s(t) \rangle^2 \hat{=} 2,43$  V; la relation est donc vérifiée.

La FIGURE 1 représente le signal sinusoïdal obtenu à l'oscilloscope (tension  $s(t)$  en fonction du temps  $t$ ).

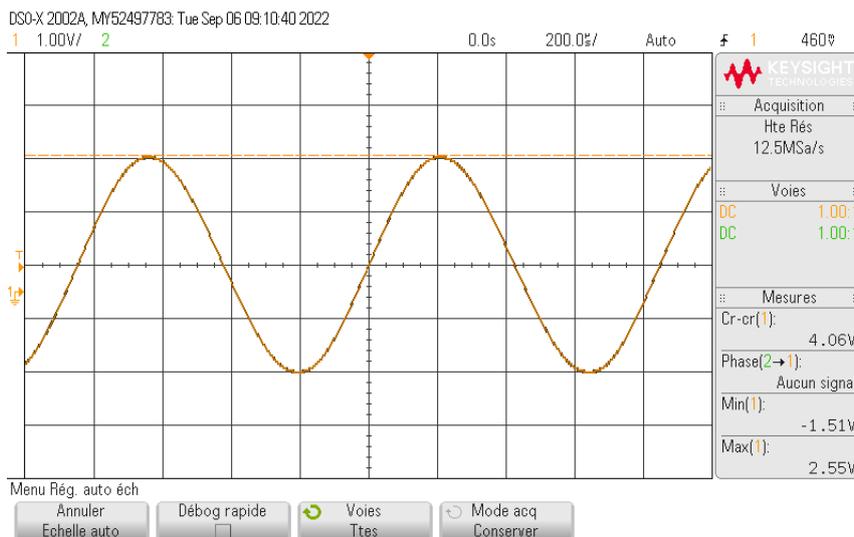


FIGURE 1 – Signal sinusoïdal à l'oscilloscope

On génère ensuite un autre signal créneau de même fréquence  $f = 1$  kHz, de même amplitude 2V et de même valeur moyenne 0,5 V. En re-mesurant au multimètre les caractéristiques de ce signal, on obtient une même fréquence ( $f \hat{=} 1,180$  kHz), une même valeur moyenne ( $\langle s'(t) \rangle \hat{=} 0,480$  V) mais les valeurs efficaces changent : la valeur efficace est de  $S'_a \hat{=} 2,01$  V et la valeur efficace vraie est de  $S' \hat{=} 2,07$  V. La relation est également vérifiée :

$$\begin{array}{rcc}
 S'^2 & = & S_a'^2 + \langle s'(t) \rangle^2 \\
 \parallel & & \parallel \quad \parallel \\
 4,29 \text{ V}^2 & \cong & 4,04 \text{ V}^2 + 0,230 \text{ V}^2 \cong 4,27 \text{ V}^2.
 \end{array}$$

## 2 Montage RC en régime sinusoïdal

On réalise le montage RC (comme montré dans la FIGURE 2), avec une résistance de  $R = 1, \text{ k}\Omega$ , un condensateur de  $C = 100$  nF, et un signal de fréquence  $f = 2$  kHz d'amplitude 2 V.

On vérifie ces valeurs à l'ohmmètre et à l'impédancemètre; on obtient des valeurs proches de celles demandées, à savoir :  $R \hat{=} 0,993 \text{ k}\Omega$  et  $L \hat{=} 99,9 \text{ nF}$ .

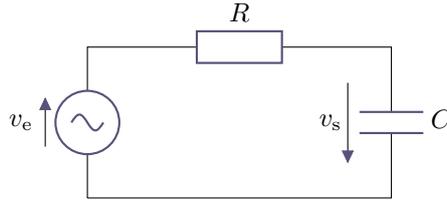


FIGURE 2 – Circuit du montage RC

Le déphasage  $\Delta\varphi$  entre les signaux  $v_e$  et  $v_s$  est défini comme

$$\Delta\varphi \triangleq \frac{2\pi \Delta t}{T}$$

où  $T$  est la période du signal d'entrée, i.e.  $T = \frac{1}{f}$ , et  $\Delta t$  est l'intervalle de temps entre le maximum du signal  $v_e$  et celui du signal  $v_s$ .

On mesure  $\Delta t \triangleq -71 \mu\text{s}$ , et on en déduit que le signal d'entrée est en avance. On calcule  $\Delta\varphi = 2\pi \Delta t f \triangleq -0,89 \text{ rad}$ . On mesure également à l'oscilloscope le déphasage et on obtient une valeur proche :  $0,87 \text{ rad}$ . On peut également vérifier avec le diagramme de BODE : avec lecture graphique, on a, pour  $f = 2 \text{ kHz}$ ,  $\Delta\varphi = 50^\circ = 0,87 \text{ rad}$ .

On mesure, à l'aide de l'oscilloscope, la tension  $v_e$  et  $v_s$  puis on calcule le quotient  $G$  des deux :

$$\left. \begin{array}{l} v_s \triangleq 4,4 \text{ V} \\ v_e \triangleq 7,1 \text{ V} \end{array} \right\} \text{ d'où } G \triangleq 0,62.$$

On peut également en déduire le gain en dB du montage RC :  $G_{\text{dB}} \triangleq 20 \log G \triangleq -4,2 \text{ dB}$ . Ce gain correspond au gain indiqué dans le diagramme de BODE.

On analyse le comportement de filtre : il s'agit d'un filtre passe-bas. On change la fréquence du signal d'entrée. On s'attend à ce que, pour une fréquence basse, le gain soit environ à 1 ; et que, pour une fréquence haute, le gain soit proche de 0 de telle sorte à ce que les signaux à hautes fréquences soient filtrés. On vérifie expérimentalement ce comportement : pour  $f \triangleq 113 \text{ Hz}$ , on a  $G \triangleq v_s/v_e \triangleq 20,3 \text{ V}/20,3 \text{ V} \triangleq 1$  ; et, pour  $f \triangleq 31,1 \text{ kHz}$ , on a  $G \triangleq 1,05 \text{ V}/19,6 \text{ V} \triangleq 0,05$ . Le caractère passe-bas du montage RC est bien vérifié.

On cherche maintenant la fréquence de coupure à  $-3 \text{ dB}$  : on sait premièrement que le

gain maximal est 1 et correspond aux petites fréquences. On cherche donc le gain (pas en dB) associé à la fréquence de coupure : on sait que  $G_{\text{coup.}} \triangleq 1/\sqrt{2}$ , et, comme le signal est à environ  $v_e = 20 \text{ V}$  constamment, on cherche la fréquence de coupure  $f_{\text{coup.}}$  quand la tension  $v_s$  sera à environ  $v_{s,\text{coup.}} \triangleq 20 \text{ V}/\sqrt{2} \triangleq 14 \text{ V}$ . On parcourt les fréquences et on trouve une fréquence  $f_{\text{coup.}} \triangleq 1,65 \text{ kHz}$ . On vérifie sur le diagramme de BODE, et la fréquence de coupure correspond.

### 3 Circuit linéaire en régime transitoire : les régimes libres d'un circuit du second ordre RLC

On s'intéresse maintenant au montage RLC : la FIGURE 3 représente le schéma du circuit électrique RLC. On sait, tout d'abord, que le circuit RLC a pour équation différentielle celle d'un oscillateur amorti :

$$\frac{d^2 s}{dt^2} + \frac{\omega_0}{Q} \frac{ds}{dt} + \omega_0^2 s = 0.$$

Les expressions de  $\omega_0$  et de  $Q$  sont connues : on a

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \text{et} \quad Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}.$$

Le résultat dépend de la valeur de  $Q$  utilisée : avec  $0 < Q < 1/2$ , on a le régime aperiodique ; avec  $Q = 1/2$ , on a le régime critique ; et, avec  $Q > 1/2$ , on a le régime pseudo-périodique. La FIGURE 4 montre l'allure des différents régimes.

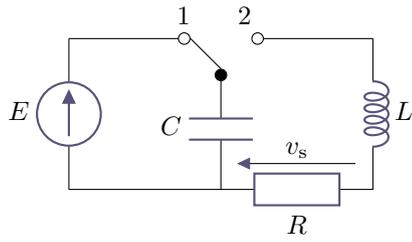


FIGURE 3 – Circuit du montage RLC

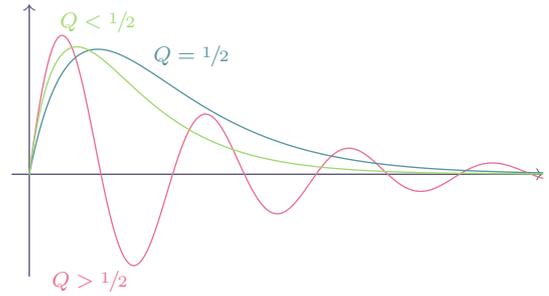


FIGURE 4 – Les différents régimes du circuit RLC

Nous n'avons pas pu observer tous les régimes du circuit RLC mais uniquement celui du régime pseudo-périodique, autrement dit, pour  $Q > 1/2$ . La FIGURE 5 représente la mesure à l'oscilloscope

de la tension  $v_s$  en fonction du temps.

Le résultat obtenu étant très proche de l'allure du régime pseudo-périodique théorique, on en déduit que le modèle du circuit RLC est valide.

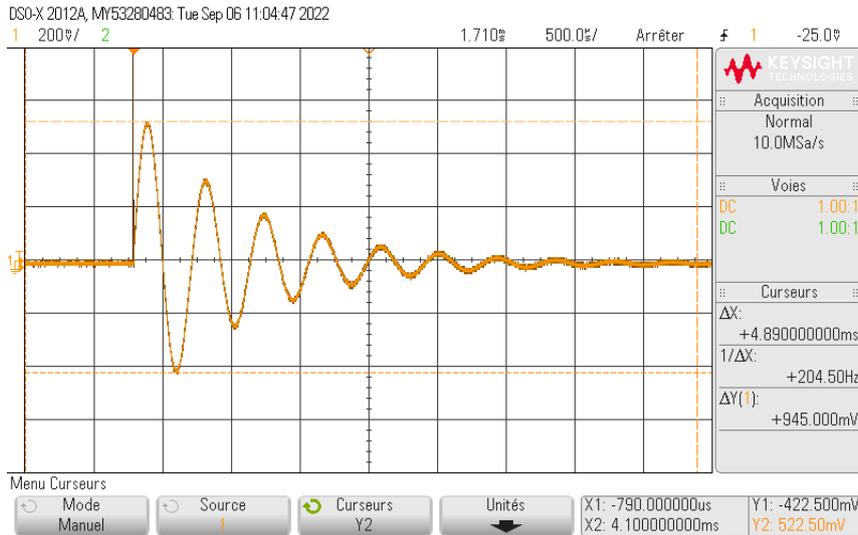


FIGURE 5 – Réponse pseudo-périodique du circuit RLC