Étude des systèmes linéaires
Chapitre 1

TP 7 – Régime transitoire du circuit RC

Matériel : résistance, $C = 100\,\text{nF}$, GBF, oscilloscope.

Introduction : se familiariser avec l'oscilloscope et le GBF

Dans cette introduction, on utilise uniquement l'oscilloscope et le GBF. On s'aidera de la fiche correspondante.

1 - Régler le GBF pour qu'il délivre un signal triangle de fréquence 500 Hz, de moyenne nulle, et d'amplitude crête à crête 10 V.
Visualiser ce signal sur la voie 1 de l'oscilloscope.

2 - Sur l'oscilloscope, jouer sur la molette de réglage du niveau de déclenchement. Que se passe-t-il quand ce niveau sort du signal ?

3 - Régler ensuite le GBF pour que votre signal ait un offset de 5 V.
Appeler le professeur pour qu'il vérifie.

4 - À l'aide de l'oscilloscope, mesurer l'amplitude crête à crête du signal de trois façon différentes : (i) en comptant les carreaux, (ii) à l'aide des curseurs, (iii) à l'aide des mesures automatiques. Comparer.

Mise en évidence de la masse commune :

5 - Débrancher toute liaison entre l'oscilloscope et le GBF. Prendre un multimètre et le régler sur le mode ohmmètre "bipeur". Dans ce mode, si le courant peut passer sans rencontrer de résistance entre les deux bornes, l'appareil sonne.
Tester en faisant contact entre les deux fils du multimètre.
Puis tester en touchant d'un côté la borne noire du GBF, et de l'autre une des bornes noires de l'oscilloscope. Conclusion ?

Charge et décharge du circuit RC : rappel des résultats théoriques

Nous avons démontré en cours que pour un circuit RC série, alimenté par un échelon de tension allant de 0 V à E, l'équation suivie par la tension u_c aux bornes du condensateur est

$$\frac{\mathrm{d}u_c}{\mathrm{d}t} + \frac{u_c}{\tau} = \frac{E}{\tau}.$$

On considère la condition initiale suivante : $u_c(0^+) = u_c(0^-) = 0$. Alors la solution de cette équation est :

$$u_c(t) = E\left(1 - \mathrm{e}^{-t/\tau}\right), \text{ avec } \tau = RC.$$

De même pour un condensateur initialement chargé à la tension E, on a lors de la décharge :

$$u_c(t) = E\,\mathrm{e}^{-t/\tau}.$$

Objectifs : vérifier par l'expérience ces résultats théoriques.

Première acquisition à l'oscilloscope

On prend d'abord la résistance fixe $R = 10\,\text{k}\Omega$, et le condensateur $C = 100\,\text{nF}$.
Comme le GBF ne peut pas délivrer un unique échelon, on lui fera délivrer une tension $u_e(t)$ créneau périodique, oscillant entre 0 et 10 V, de période suffisamment grande pour que le régime permanent pour $u_c(t)$ soit atteint avant que le créneau change de valeur.

6 - Schématiser le circuit en indiquant les branchements de l'oscilloscope.

Câbler le circuit, brancher l'oscilloscope pour visualiser les tensions u_e et u_c, régler le GBF. Attention aux conflits de masse. Appeler le professeur avant la mise en route.

Régler l'oscilloscope pour visualiser les signaux, et reproduire sur votre compte rendu leur allure.

Vérification de l'expression de la constante de temps du montage

On souhaite vérifier que l'expression $\tau = RC$ est bien compatible avec l'expérience.

7 - Calculer la valeur théorique de τ.

8 - Proposer un protocole pour mesurer τ à l'aide de l'oscilloscope, en utilisant le fait qu'au bout d'un temps τ le signal a atteint 63% de sa valeur finale. On utilisera les curseurs de l'oscilloscope.

Réaliser ce protocole.

Dans la suite, on travaille avec une valeur de C fixée, et une valeur de R variable.

9 - Pour cela, dans votre montage, remplacer la résistance fixe par le boitier de résistances variables.

10 - Recommencer le protocole précédent pour quelques valeurs de R comprises entre $10\,\text{k}\Omega$ et $50\,\text{k}\Omega$ (5 valeurs). (On prend R grand afin de pouvoir négliger la résistance interne du GBF devant R, mais pas trop grand pour le négliger devant la résistance d'entrée de l'oscilloscope.)

11 - Analyse : tracer τ en fonction de R (dans le notebook Python `a854-862471`). Puis si les points sont alignés, faire une régression linéaire.

N'oubliez pas de conclure : la loi $\tau = RC$ semble-t-elle vérifiée ? Avec la bonne pente ou non ?

Faire une capture d'écran de la courbe, des valeurs, etc., pour la mettre dans un fichier de traitement de texte.

Vérification de l'allure exponentielle des signaux

On souhaite enregistrer les tensions $u_c(t)$ et $u_e(t)$ lors de la charge du condensateur, à l'aide de la carte d'acquisition et du logiciel Latis Pro.

13 - Régler les paramètres d'acquisition et réaliser une acquisition des signaux u_e et u_c. On prendra environ 2000 points.

Le problème est que le signal ne démarre pas au début de la charge. Pour que cela soit le cas, il est possible de définir une condition de déclenchement afin que l'acquisition débute au moment choisi. Dans le menu "déclenchement", choisir la voie d'acquisition comme source, et définir un seuil légèrement supérieur à 0 en précisant le sens d'évolution sur "montant" : après appui sur F10 (démarrage de l'acquisition), le logiciel "attendra" que la condition ainsi définie soit remplie avant d'enregistrer le signal.

Pour être sûr de ne pas manquer le début de la charge, utiliser la fonction "Pre-trig" (to trigger = déclencher) ; en choisissant un pre-trig de 25%, le logiciel affichera, lors du démarrage de l'acquisition, le signal enregistré avant que la condition de déclenchement soit remplie sur une durée égale à 25% de la durée d'acquisition.

14 - Faire le réglage et un essai. On gardera environ 2000 points, et on choisira la durée d'acquisition pour avoir une charge assez longue, mais pas le début de la décharge suivante (diminuer si besoin la fréquence du GBF).

15 - Vérifier que la tension u_C a bien l'allure escomptée (en exponentielle) par un ajustement à une fonction de référence. Commenter.

Remarque : Il faut prendre un Pre-trig à 0% pour que le modèle puisse fonctionner.

Indiquer la forme de fonction choisie et les valeurs des paramètres renvoyées par le logiciel, en particulier donner la valeur de τ.

Faire une capture d'écran de la courbe pour la mettre dans un fichier de traitement de texte. Imprimer l'ensemble.

16 - On souhaite ensuite comparer le temps caractéristique τ obtenu ci-dessus par l'expérience, au temps caractéristique $\tau_{\text{théo}}$ théorique donné par la formule $\tau_{\text{théo}} = RC$. Il faut pour cela utiliser les incertitudes.

⋆ L'incertitude sur τ expérimental, donné par Latis Pro, n'est pas connue.

⋆ On peut calculer l'incertitude sur $\tau_{\text{théo}} = RC$:

- La précision relative pour la valeur de R avec le boitié utilisé est de 5%. Ceci signifie que la demi-étendue d'incertitude $\Delta(R)$ est donnée par $\Delta(R)/R = 0{,}05$. En déduire la valeur de la demi-étendue d'incertitude $\Delta(R)$, puis de l'incertitude-type $u(R)$ (rappel de la relation générale : $u(x) = \Delta(x)/\sqrt{3}$, cf fiche incertitudes).
- Faire de même pour en déduire $u(C)$, incertitude-type sur la valeur de C.
- Enfin, $\tau_{\text{théo}} = RC$ est le produit de R et de C. L'incertitude-type $u(\tau_{\text{théo}})$ dépend donc de celles de R et de C selon une formule donnée sur la fiche incertitudes. La calculer.

⋆ Calculer les bornes de l'intervalle $[\tau_{\text{théo}} - 2u(\tau_{\text{théo}}), \tau_{\text{théo}} + 2u(\tau_{\text{théo}})]$. La valeur expérimentale de τ, donnée par Latis Pro, est-elle dedans ? Conclure.

Remarque : une autre façon (équivalente) de tester la compatibilité est en calculant l'écart normalisé z (cf fiche incertitudes).