

TP10 : Réponse d'un circuit du premier ordre à un échelon de tension

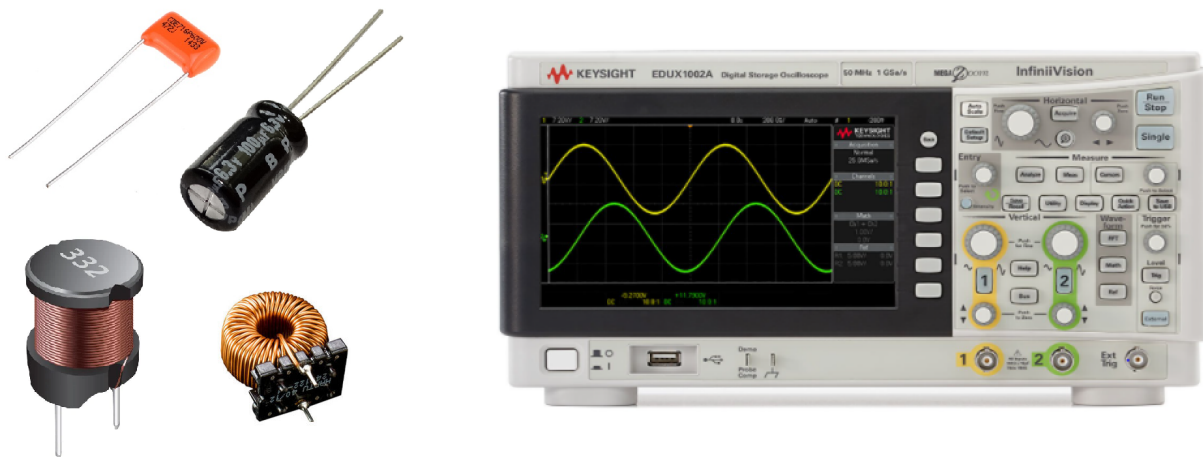
CAPACITÉS EXPÉRIMENTALES TRAVAILLÉES :

- Mesurer une tension à l'oscilloscope numérique.
- Mesurer l'intensité d'un courant à l'oscilloscope aux bornes d'une résistance adaptée.
- Mesurer une capacité au capacimètre.
- Produire un signal électrique analogique périodique à l'aide d'un GBF.
- Réaliser l'acquisition d'un régime transitoire pour un circuit linéaire du premier ordre et analyser ses caractéristiques. Confronter les résultats expérimentaux à ceux d'un modèle.
- Mesurer la valeur de l'inductance propre d'une bobine.

MATÉRIEL :

Boîtes à décades de résistances, capacités et inductances, multimètre avec fonction capacimètre, notice papier du multimètre, GBF, oscilloscope numérique, fils avec fiches banane, câbles coaxiaux avec adaptateurs BNC-banane.

Lorsqu'un circuit RC est alimenté par un générateur basse fréquence (GBF) qui délivre un **signal crêteau**, on peut observer des cycles de charge et de décharge du condensateur. Lorsqu'un circuit RL est alimenté par ce même générateur, on peut observer des cycles d'établissement et de disparition du courant.



PROBLÉMATIQUE :

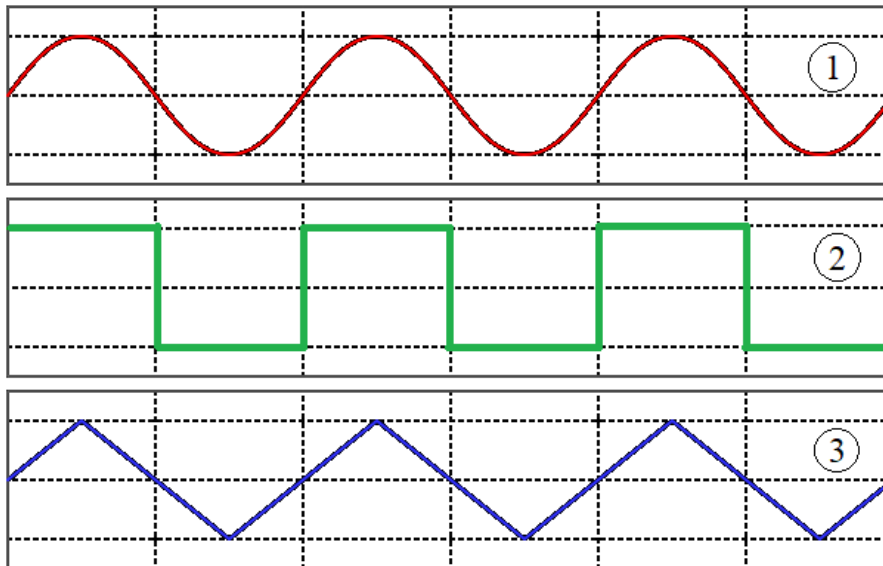
Comment mesurer la capacité d'un condensateur et l'inductance d'une bobine ?

1 Réponse d'un circuit RC à un échelon de tension

1.1 Étude théorique préliminaire

Le générateur de signaux basse fréquence (GBF) peut délivrer au choix un **signal sinusoïdal**, **triangulaire** ou **crêteau**.

Q1. Identifier, parmi les trois signaux numérotés de 1 à 3 (cf page suivante), celui qui correspond à un signal crêteau. Le recopier sur votre compte rendu. Justifier qu'il est périodique et mettre en évidence sa période T sur sa représentation graphique.



Q2. Un GBF ne peut pas délivrer d'échelon de tension. Rappeler la définition d'un échelon de tension puis justifier que parmi les types de signaux que peut délivrer un GBF, le signal crêteau est celui qui s'en approche le plus. Indiquer quel(s) réglage(s) faire pour que le signal crêteau se rapproche le plus possible d'un échelon de tension.

Q3. Représenter schématiquement un circuit RC alimenté par un GBF.

Q4. Montrer que la tension u_C aux bornes du condensateur vérifie une équation différentielle qui peut être mise sous la forme canonique :

$$\frac{du_C}{dt} + \frac{u_C}{\tau} = \frac{u_\infty}{\tau}.$$

Vous préciserez l'expression de la constante de temps τ et de u_∞ , en distinguant pour cette dernière les cas $0 < t < \frac{T}{2}$ et $\frac{T}{2} < t < T$, où T est la période du signal crêteau.

Q5. Résoudre cette équation différentielle en distinguant les cas $0 < t < \frac{T}{2}$ et $\frac{T}{2} < t < T$. On admettra qu'ensuite le régime devient périodique. Justifier qu'on peut ainsi étudier à la fois la charge et la décharge du condensateur.

Q6. En fixant $R = 1,0 \text{ k}\Omega$, comment choisir C pour obtenir une durée du régime transitoire dont la durée est de l'ordre de 1 ms ?

Q7. En déduire la condition sur la fréquence $f = 1/T$ du signal crêteau pour pouvoir observer convenablement l'ensemble du régime transitoire sur l'écran de l'oscilloscope.

1.2 Confrontation aux résultats expérimentaux

L'objectif de cette partie est de confronter les résultats expérimentaux obtenus lors de la charge (ou de la décharge) du condensateur avec les résultats de la modélisation.

1.2.1 Protocole 1 - Allure des signaux

- Câbler le circuit RC alimenté par un GBF sans placer l'oscilloscope (pour l'instant). Avec les boîtes à décades, prendre approximativement $R = 1 \text{ k}\Omega$ et C selon la réponse à la question 6. Régler f selon la question 7.
- Sur l'oscilloscope, faire en sorte d'afficher la tension $e(t)$ délivrée par le GBF sur la voie 1 (CH1).

- Régler le GBF pour qu'il délivre un signal créneau $e(t)$ de valeur comprise entre 0V et 5V.
- Sur l'oscilloscope, faire en sorte d'afficher la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur sur la voie 2 (CH2).
- Régler judicieusement l'oscilloscope et la fréquence f pour que deux charges complètes soient visibles sur l'ensemble de l'écran et que les signaux coupent proprement le quadrillage de l'écran.

Q8. Appeler l'enseignant pour valider les réglages.

Q9. Reproduire les signaux obtenus sur la feuille réponse en annexe, à rendre avec le compte rendu. Indiquer les zones correspondant à la réponse à un échelon de tension et au régime libre. Identifier les régimes transitoires et les régimes établis.

1.2.2 Protocole 2 - Valeurs de la constante de temps τ et de la résistance R

- Qualitativement, visualiser l'influence des paramètres R et C sur l'évolution de la tension $u_C(t)$.
- Avec les valeurs de R et C du protocole 1, proposer un protocole pour déterminer la valeur de τ (et celle de son incertitude $u(\tau)$) en utilisant les curseurs de l'oscilloscope. Le faire valider par l'enseignant, puis le mettre en œuvre. Noter les valeurs obtenues.
- Utiliser le multimètre comme ohmmètre pour mesurer R. Noter la valeur indiquée.

Q10. Avec les mesures de τ et R, en déduire la valeur de C, notée C_1 .

Q11. Par propagation des incertitudes de mesure, l'incertitude associée à C_1 est donnée par la formule des incertitudes composées :

$$u(C_1) = C_1 \sqrt{\left(\frac{u(R)}{R}\right)^2 + \left(\frac{u(\tau)}{\tau}\right)^2}.$$

Dans cette expression, montrer numériquement qu'un terme est négligeable par rapport à l'autre. Calculer alors $u(C_1)$.

1.2.3 Protocole 3 - Valeur de la capacité C avec le capacimètre

- Utiliser le multimètre comme capacimètre pour mesurer C. Attention, avant de mesurer la capacité, il faut s'assurer que le condensateur est déchargé. Pour cela, enlever le condensateur du circuit et brancher un fil à ses bornes. Noter la valeur indiquée, notée C_2 .

Q11. En utilisant la notice du multimètre, déterminer l'incertitude $u(C_2)$ associée à la mesure de C_2 .

Q12. Un critère quantitatif pour comparer les deux mesures effectuées sur C, c'est-à-dire pour évaluer si la différence entre les deux mesures est significative ou non, est l'**écart normalisé** (ou *z-score*) :

$$z = \frac{|C_1 - C_2|}{\sqrt{u(C_1)^2 + u(C_2)^2}}.$$

Par convention, deux mesures sont compatibles si l'écart normalisé est inférieur à 2. Calculer z et conclure.

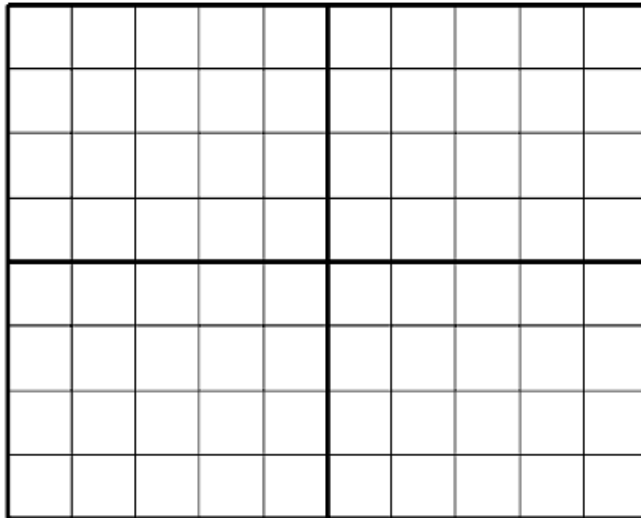
2 Réponse d'un circuit RL à un échelon de tension

2.1 Protocole 4 - constante de temps τ

- Proposer un protocole pour visualiser successivement l'établissement du courant et l'annulation du courant dans un circuit RL série, de constante de temps $\tau = \frac{L}{R}$ d'environ 0,2 ms, avec $R = 1\text{k}\Omega$ approximativement. Le faire valider par le professeur, puis le mettre en œuvre.

Q12. Reprendre les questions de la partie précédente (condensateur) et les adapter à cette partie (bobine).

3 Annexe

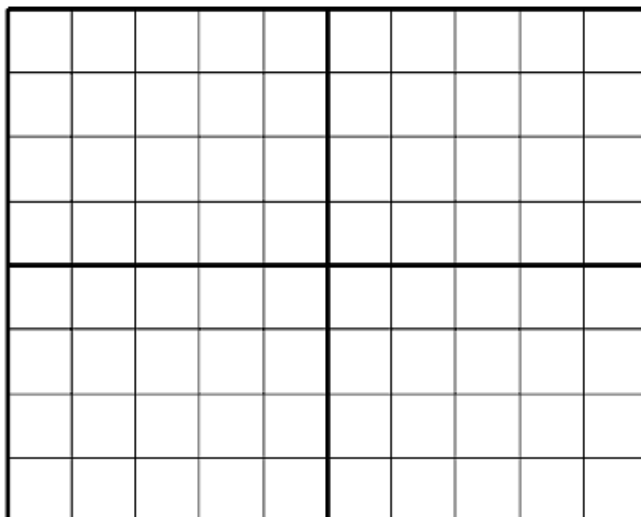


Calibre de temps :/div

Calibre CH1 :/div

Calibre CH2 :/div

Fréquence du signal créneau :



Calibre de temps :/div

Calibre CH1 :/div

Calibre CH2 :/div

Fréquence du signal créneau :

