

TP3: Régime transitoire du circuit RC

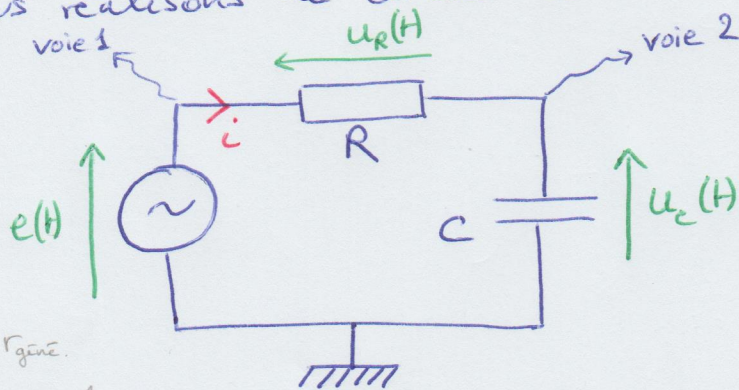
I. But du TP

Ce TP a pour but d'étudier le régime transitoire d'un circuit RC soumis à un échelon de tension.

Nous allons mesurer le temps caractéristique de charge du circuit puis nous allons comparer sa valeur à la valeur théorique attendue.

II. Protocole :

- Nous réalisons le circuit suivant :



avec $\begin{cases} R = 10 \text{ k}\Omega \\ C = 100 \text{ nF} \end{cases}$

Le GBF est réglé sur :

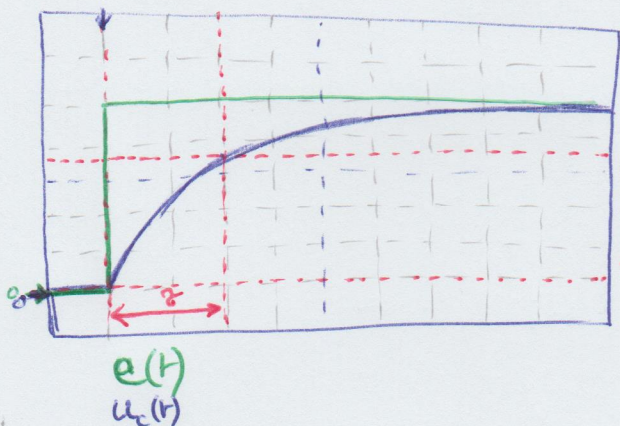
- une tension crête-à-crête variant de 0 à 10V
- une fréquence de 100 Hz

(il est en effet nécessaire que la fréquence ne soit pas trop élevée pour que la charge puisse se faire complètement).

Rmq: $R \gg r_{\text{géné}}$.

On peut négliger la résistance interne du GBF qui vaut 50 Ω .

- Afin de mesurer le temps caractéristique τ , on affiche sur l'oscilloscope $e(t)$ et $u_C(t)$:



- calibre vertical : 2V/div
- calibre horizontal : 500 $\mu\text{s}/\text{div}$

⚠ Le signal doit prendre le plus de place possible pour avoir une mesure plus précise.

- A l'aide de l'outil curseur, on repère le temps nécessaire pour que $u_C(t)$, la tension aux bornes du condensateur, atteigne $0,63 \times 10\text{V} = 6,3\text{V}$. Il s'agit du temps caractéristique τ pour la charge du condensateur.

III. Mesures

- Nous avons déterminé un temps caractéristique τ de 0,97 ms
- Les autres binômes ont obtenu les valeurs suivantes:

1,02 ms	1,01 ms	1,05 ms	0,96 ms	0,95 ms
0,95 ms	1,02 ms	0,96 ms	1,01 ms	0,97 ms
0,98 ms	0,97 ms	0,94 ms	0,97 ms	1,00 ms

(il y a donc 16 valeurs au total)

IV. Analyse

- Valeur théorique attendue: $\tau_{théo} = R \times C = \underline{1,0 \times 10^{-3} s}$

- Analyse statistique des mesures:

→ moyenne: $\bar{\tau} = 0,983 \text{ ms}$

→ écart-type échantillon $s = 0,03 \text{ ms}$. → incertitude-type: $u(\bar{\tau}) = \frac{s}{\sqrt{16}} = 0,01 \text{ ms}$ arrondi par excès.

$$\Leftrightarrow \boxed{\tau_{exp} = 0,98 \pm 0,01 \text{ ms}}$$

- Comparaison entre théorie et expérience: utilisation de l'écart normalisé.

$$Z = \frac{|\tau_{théo} - \tau_{exp}|}{u(\tau_{exp})} = \left| \frac{1 - 0,98}{0,01} \right| = 2$$

Pour $Z = 2$, on peut considérer que les valeurs sont en accord.
(2 est la valeur seuil pour Z).

Dans ce qui précède, nous n'avons pas pris en compte les incertitudes sur les composants.

L'incertitude sur R et C implique une incertitude sur $\tau_{théo}$:

$$u(\tau_{théo}) = \tau_{théo} \times \sqrt{\left(\frac{u(R)}{R}\right)^2 + \left(\frac{u(C)}{C}\right)^2} \quad \text{or } \frac{u(R)}{R} = 5\% \text{ et } \frac{u(C)}{C} = 5\%$$

$$\Leftrightarrow u(\tau_{théo}) = 1 \text{ ms} \times \sqrt{2 \times (0,05)^2} = 0,071 \text{ ms}$$

En prenant en compte $u(\tau_{théo})$, on a un écart normalisé qui vaut

$$Z' = \left| \frac{\tau_{théo} - \tau_{exp}}{\sqrt{u(\tau_{exp})^2 + u(\tau_{théo})^2}} \right| = 0,3 < 2$$

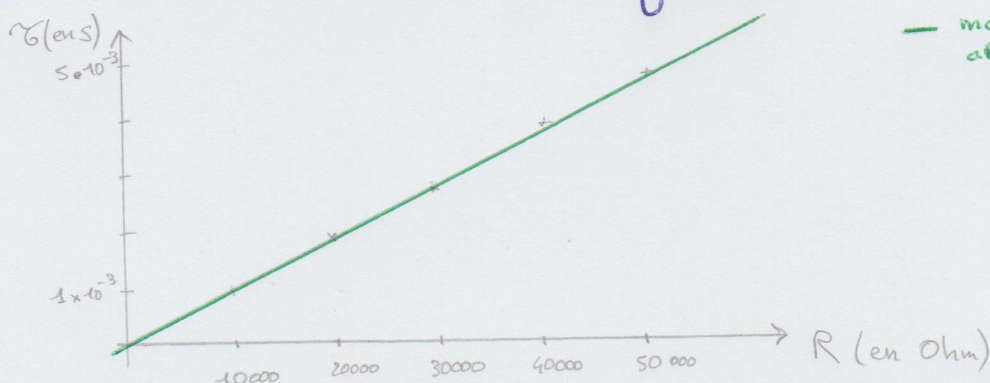
\Leftrightarrow L'accord entre les valeurs est bon.

V. Pour aller plus loin.

- Nous avons mesuré avec la méthode précédente la constante de temps τ pour différentes valeurs de R et pour $C = 100 \text{ nF}$.
- Nous avons obtenu les valeurs suivantes.

R (en $k\Omega$)	10	20	30	40	50
τ (en ms)	0,97	2,02	2,97	4,12	5,05

- Nous avons tracé la courbe $\tau = f(R)$:



- Grâce à un script python, nous avons modélisé les points de mesures par une fonction affine, de la forme $\tau = a.R + b$. (utilisation de la fonction `polyfit(R, tau, 1)` de la bibliothèque Numpy).

↳ on constate que la modélisation décrit bien les points de mesure.

- Les coefficients obtenus sont $\left. \begin{array}{l} a = 1,03 \times 10^{-7} \text{ s} \cdot \Omega^{-1} \\ b = 0 \text{ s} \end{array} \right\} \begin{array}{l} F \\ F \end{array}$

$$\Rightarrow \boxed{\tau = 1,03 \cdot 10^{-7} \times R}$$

- L'expression théorique pour le temps caractéristique est $\tau = R \cdot C$. On en déduit donc que $C = 1,03 \times 10^{-7} \text{ F} = \underline{103 \text{ nF}}$.

↳ Cette valeur est cohérente avec la valeur attendue :

$$C_{\text{réf}} = 100 \pm 5 \text{ nF} \quad (\text{valeur donnée à } 5\%)$$

VI. Conclusion

Nous avons mesuré le temps caractéristique τ associé à la charge d'un condensateur. Après une analyse statistique des mesures obtenues par l'ensemble des binômes, nous avons montré que la valeur obtenue est en accord avec la valeur théorique attendue lorsque les incertitudes sont prises en compte.

Nous avons également étudié la relation entre τ et la résistance R . Nous avons mis en évidence le lien de proportionnalité entre τ et R et en avons déduit la valeur de la capacité C du condensateur utilisé dans le montage. Cette valeur est en accord avec la valeur indiquée sur le composant.