

TP n°7 : régime transitoire du circuit RC

BUT DES MANIPULATIONS :

- Retrouver expérimentalement les résultats théoriques vus en cours .
- Réaliser l'importance d' un choix judicieux des valeurs des composants, ou de la fréquence du générateur pour bien observer le régime transitoire.
- Déterminer la capacité d'un condensateur artisanal à partir de la mesure de la constante de temps τ .

Matériel : R variable, C fabriqué, C = 100 nF, GBF, oscilloscope, multimètre.

Rappel des résultats théoriques

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

$$\frac{du_c}{dt} + \frac{u_c}{\tau} = \frac{E}{\tau} \text{ avec } \tau = RC.$$

Nous avons écrit la solution, en considérant que $u_c(0^+) = u_c(0^-) = 0$:

$$u_c(t) = E \left(1 - \exp\left(\frac{-t}{\tau}\right) \right)$$

De même pour un condensateur initialement chargé à la tension E, nous avons montré que, lors de la décharge (échelon de tension allant de E à 0): $u_c(t) = E \exp\left(\frac{-t}{\tau}\right)$ solution de

$$\frac{du_c}{dt} + \frac{u_c}{\tau} = 0$$

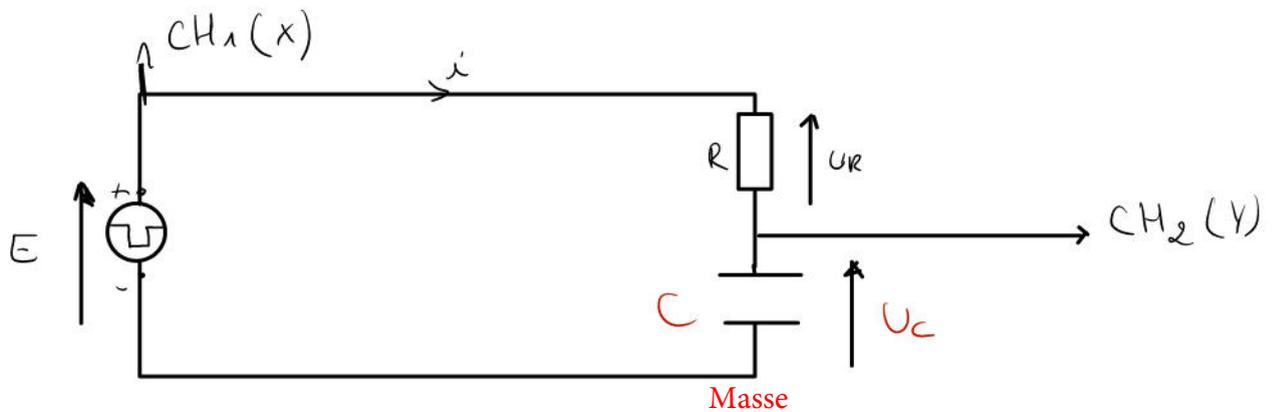
en considérant que $u_c(0^+) = u_c(0^-) = E$

I DETERMINATION DE C

Comme le GBF ne peut pas délivrer un unique échelon, on lui fera délivrer une **tension u_e créneau périodique, oscillant entre - 5v et 5 V**, de période suffisamment grande pour que le régime permanent soit atteint avant que le créneau change de valeur.

Penser à « aplatir » votre condensateur pour augmenter sa capacité (poser un livre dessus par exemple).

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



Câbler le circuit pour visualiser les tensions u_R et u_C à l'oscilloscope. Attention aux conflits de masse.



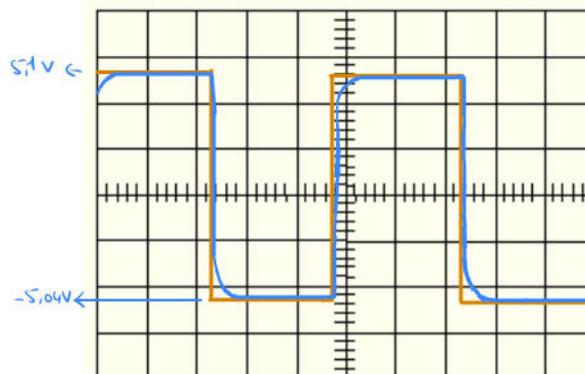
Appeler le professeur avant la mise en route.

Régler le signal créneaux (amplitude) de sorte que celui-ci oscille entre - 5 V et + 5 V.

Choisir une valeur de la fréquence du signal qui laisse au condensateur le temps de se charger et de se décharger quasiment totalement. Expliquer pourquoi $\frac{T}{2} > 5 \tau$; en déduire f .

Voir document 1.

2- Reproduire l'allure des signaux observés à l'écran de l'oscilloscope.



3- 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. Réaliser ce protocole. Donner

1) - $\frac{T}{2} > 5\tau$, car le temps de charge du condensateur doit être inférieur au temps du niveau signal carré.

$$T > 2 \times 5\tau \Leftrightarrow T > 10\tau$$

Donc : $f < \frac{1}{T}$ $f < 1/10 \text{ tau}$

une estimation de la valeur de la capacité de votre condensateur. On utilisera pour cela les curseurs .

Voir document 2

2

Protocole :

- 1) Premièrement on doit calculer la résistance équivalente.
- 2) Calculer 63% de la tension max du condensateur
- 3) Mettre des curseurs avec l'oscilloscope de type temps, à t=0 et aussi au temps auquel le condensateur atteindra 63% de sa tension max.
- 4) Trouver la capacité ($\tau = RC$)

Résultat

$R = 12001 \Omega$

$\tau = 160 \mu s$

$C = \frac{\tau}{R} = \frac{160 \times 10^{-6}}{12001}$

$C = 1,33 \times 10^{-8} F$

Comparaison avec la valeur mesurée. $C \approx 14 nF$

Voir document 3.

II VERIFICATION DE LA LOI $\tau = RC$

On travaille avec une valeur de C fixée (C = 100 nF), et une valeur de R variable.

1- Recommencer le protocole précédent (I) pour quelques valeurs de R, R valant au minimum 5 kΩ.

R en Ω	$10 \cdot 10^3$	$20 \cdot 10^3$	$30 \cdot 10^3$	$40 \cdot 10^3$	$50 \cdot 10^3$
τ en s	$220 \cdot 10^{-6}$	$502 \cdot 10^{-6}$	$738 \cdot 10^{-6}$	$1,029 \cdot 10^{-3}$	$1,249 \cdot 10^{-3}$

2- Pourquoi choisit-on une résistance importante ?

- On choisit une résistance avec grande résistance pour que τ soit assez grande pour le mesurer.

3 - Analyse : Faire une régression linéaire pour τ en fonction de R (régression linéaire sur la calculatrice) . Indiquer les valeurs des paramètres de la régression : r^2 , a et b.

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

$$\cos a : R^2 \approx 0,99$$

$$\text{et } a = 2,4 \cdot 10^{-3}$$

$$b = -3,2 \times 10^{-6}$$

Donc $Z = R.C$ semble vérifiée car R^2 est très proche de 1.

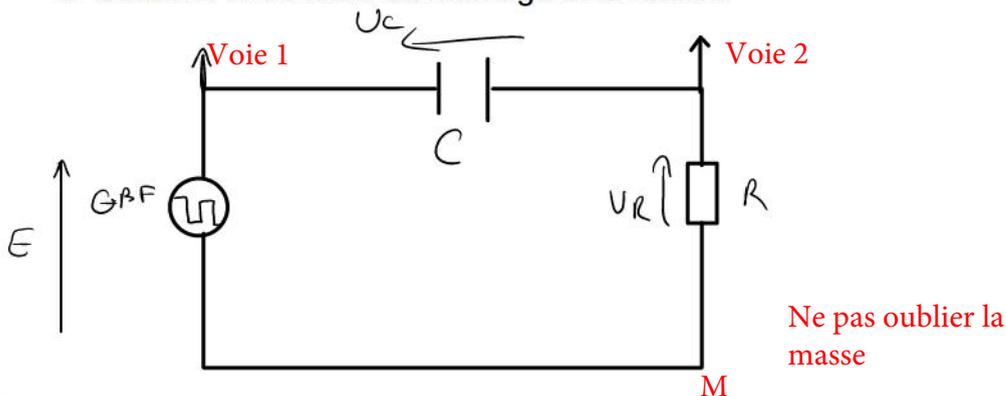
3

III TENSION AUX BORNES DE LA RESISTANCE – OBSERVATION DU COURANT.

1- Pourquoi dit-on que l'on observe le courant en se branchant aux bornes de la résistance ?

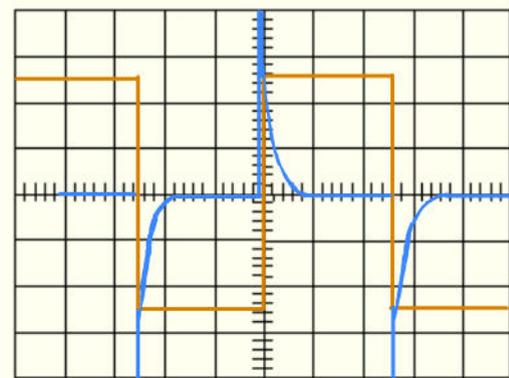
On peut mesurer le courant grâce à la résistance, car il est pas déphasé dans une R .

2- dessiner le schéma du montage et le réaliser



Appeler le professeur avant la mise en route.

3- Reproduire l'allure des signaux observés à l'écran de l'oscilloscope.



4- Que peut-on dire de l'intensité du courant contrairement à la tension aux bornes du condensateur ?

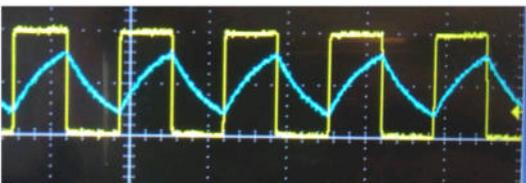
- D'après les résultats trouvés, on constate que le courant est **max** dès le début pour être **min**, en revanche, la tension du condensateur est **min** et croit jusqu'au **max**.

Le courant est discontinu.

4

DOCUMENT 1 : choisir la bonne fréquence pour avoir un signal adapté à la mesure de la constante de temps (circuit RC)

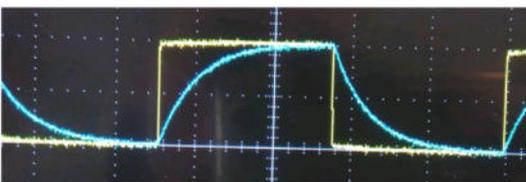
Notre oscilloscope peut renvoyer 3 signaux différents en fonction de la fréquence que l'on choisit avec le générateur de fonction. Un signal exploitable pour mesurer la constante de temps d'un circuit RC est un signal qui atteint ses asymptotes (le signal initial du générateur).



Cas 1 : La charge et décharge du condensateur n'est pas totale. On remarque que le signal bleu ne va pas jusqu'aux extrémités du signal original. **La fréquence est trop élevée.**



Cas 2 : La charge et décharge du condensateur est trop rapide, on remarque que les deux signaux sont trop proches l'un de l'autre. On ne peut pas observer correctement l'évolution de la charge et décharge. **La fréquence est trop faible.**



Cas 3 : On remarque ici que la charge et la décharge du condensateur sont complètes. Le signal atteint ses asymptotes. **On a choisi la bonne fréquence.**

DOCUMENT 2 : mesurer la constante de temps sur l'oscilloscope

Pour mesurer la constante de temps, il faut utiliser les curseurs de l'oscilloscope (bouton "cursor").

Pour un transitoire exponentiel à l'instant $t = \tau$ alors 63% du saut de tension a eu lieu. On raisonne sur un transitoire montant où $u_C(0) = -5 \text{ V}$ et en régime permanent $u_{C,P} = 5 \text{ V}$, donc

$$u_C(\tau) = -5 + 0,63 \times 2 \times 5 = 1,3 \text{ V} .$$

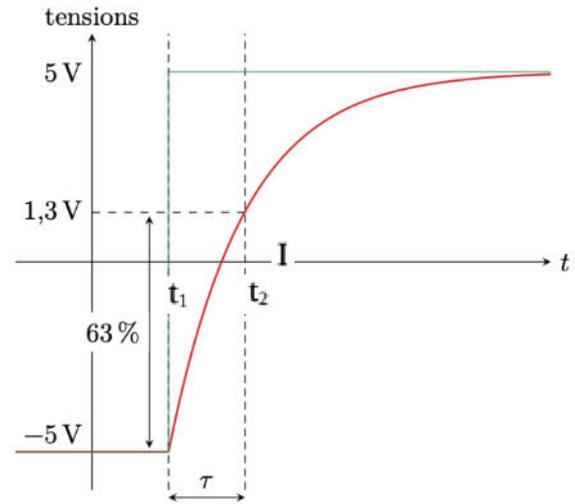
Dans un premier temps, on repère (curseur amplitude) la position I correspondant à 1,3V.

On utilise ensuite les curseurs temps.

On place un premier curseur vertical à l'instant t_1 de l'échelon .

On place le second curseur à l'instant t_2 où $u_C = 1,3 V$.

Le décalage $\Delta t = t_2 - t_1$ entre les deux curseurs est égal à τ .



Incertitude sur la mesure de τ : la tension affichée sur l'oscilloscope fluctue beaucoup. On évalue donc l'intervalle de position du curseur dans lequel elle semble compatible avec le 1,3 V cherché : incertitude de repérage. On trouve une incertitude de l'ordre de 2 μs .

5

DOCUMENT 3 : utilisation d'un capacimètre (ou d'un pont de mesure)

- Brancher une borne du condensateur sur COM et la seconde borne sur $-||-$. Afficher la valeur de la capacité en appuyant sur le bouton $-||-$.

- S'il s'agit d'un pont de mesure, brancher une borne du condensateur sur L sence et l'autre sur H sence, touche L/C/R enfoncée. Le pont de mesure est disponible sur le bureau du professeur.

DOCUMENT 4 : capacité d'un condensateur plan

ϵ_r est la permittivité relative du matériau.

ϵ_0 est la permittivité du vide.

$$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F.m}^{-1}$$

On choisit comme permittivité relative du vide, la valeur 1, par convention.

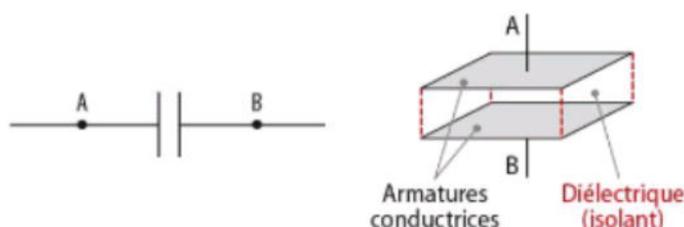
Exemples :

la permittivité relative de l'eau est 78,5 ; celle du papier sulfurisé est de 2,2.

Papier sulfurisé (polypropylène) d'épaisseur : $d = 55 \cdot 10^{-6} \text{ m}$. (valeur moyenne, dépend du grammage du papier utilisé).

Les papiers sulfurisés ont subi un traitement à l'acide sulfurique dans la masse. Cette opération a pour but de refermer les pores du papier. On utilise principalement des papiers sulfurisés ayant un grammage de 37 g/m^2 à 45 g/m^2 .

Ces papiers ont une forte capacité d'absorption d'humidité. Ils possèdent une grande résistance mécanique, aussi bien à l'eau, qu'aux graisses. Ils sont également résistants aux traitements thermiques (cuisson et stérilisation).



La capacité C des condensateurs usuels varie de quelques picofarads ($1,0 \text{ pF} = 1,0 \times 10^{-12} \text{ F}$) à quelques millifarads ($1,00 \text{ mF} = 1,0 \times 10^{-3} \text{ F}$).

La capacité d'un condensateur augmente lorsque la surface S des armatures augmente et lorsque la distance d qui les sépare diminue. Elle dépend aussi de la nature de l'isolant par la permittivité du diélectrique ϵ

ϵ : permittivité du diélectrique $\text{F} \cdot \text{m}^{-1}$ S : surface en m^2

$$C = \epsilon \times \frac{S}{e}$$

e : épaisseur de l'isolant = distance entre les armatures en m

avec $\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$