

TP n°15 : charge d'un condensateur à travers une résistance (circuit RC en régime transitoire)

Objectifs du TP : - relever l'évolution de la tension aux bornes d'un condensateur, dans un circuit série RC en régime transitoire,
- étudier les influences de R et C sur l'allure de cette tension,

I – Préparation et paramétrages

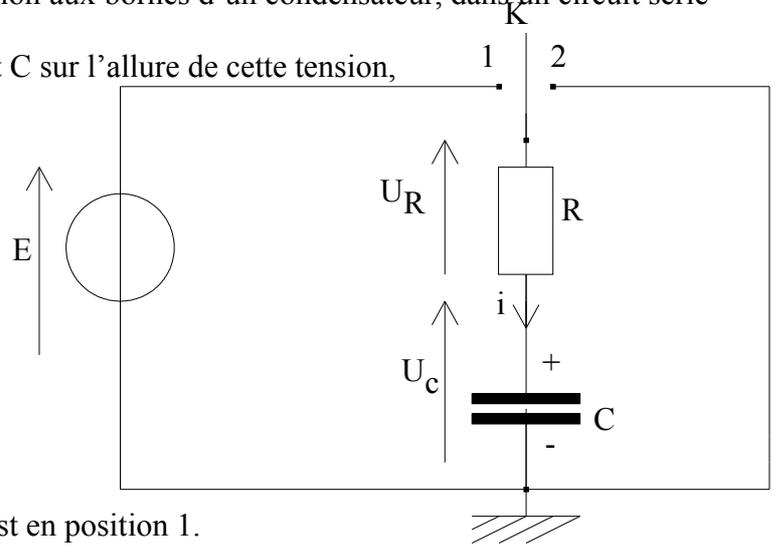
1.1 Questions de préparation

Voici le montage à réaliser.

$R = 1\text{ k}\Omega$.

E : tension de la sortie SA1 du boîtier BORA.

$C = C_p$ est la capacité du plus petit des trois condensateurs de la plaque (500 μF environ).



- 1- **Dessinez** un schéma du montage lorsque K est en position 1.
- 2- **Etablissez** la loi des mailles mettant en jeu les tensions E, U_R et U_C .
- 3- **Rappelez** les expressions de U_R en fonction de i et R, et de i en fonction de C et $\Delta U_C / \Delta t$.
- 4- **En déduire** l'égalité suivante : $E = RC \frac{dU_C}{dt} + U_C$

Cette égalité, qui se réécrit $E = RC \frac{dU_C}{dt} + U_C$ est une **équation différentielle**. La résolution de ce type d'équation n'est pas au programme de première. correspond à la dérivée mathématique de $U_C(t)$.

1.2 Montage

- 1- **Refaites** un schéma du montage sur votre compte- rendu en indiquant les branchements à réaliser pour récupérer U_C sur l'entrée différentielle 0 (entre EA0 et EA4), et i sur l'entrée différentielle 1 (entre EA1 et EA5). **Fléchez** sur le schéma les tensions $U_0 = V_{EA0} - V_{EA4}$ et $U_1 = V_{EA1} - V_{EA5}$.
- 2- **Déterminez** les coefficients d'amplification $A_0 = i/U_0$ et $A_1 = U_C/U_1$, si i est exprimé en mA et les tensions en V.
- 2- **Réalisez** la tension E: c'est une tension échelon : 0V pour la première acquisition, et 10 V ensuite.
Dans *tableur*, créez une variable E, puis *créer*, puis *fermer*. Sélectionnez une case de la colonne de E, puis dans *traitement*, *ajouter une constante*, tapez 10, et sélectionnez *traiter la totalité*, OK.. Dans la première ligne de la colonne E, entrez la valeur 0
- 3- **Réalisez** le montage.

1.2 Paramétrages du logiciel

1- **Paramétrez** les entrées de SYNCHRONIE de la manière suivante :

Entrées	Configuration matérielle	Affichage			Capteur
		Nom	Unité	Fenêtre	Amplification
Entrée 0	Automatique	i	mA	1	Valeur de A_0
Entrée 1	Automatique	U_C	V	2	Valeur de A_1

2- **Paramétrez** la sortie de SYNCHRONIE :

Forme	Mode d'émission	Nom	Unité	Fenêtre	Valeur après arrêt de l'émission

E	Durant acquisition	E	V	2	Valeur nulle
---	--------------------	---	---	---	--------------

3- **Réglez** la durée totale d'acquisition sur 5 secondes.

II – Charge du condensateur : détermination de la constante de temps du circuit RC

2.1 Acquisition

1- **Faites** une acquisition après avoir positionné le commutateur K en position 1. Ajustez si besoin les courbes de E , $U_c(t)$ et $i_1(t)$ (*calibrage global*).

2- **Imprimez** ces courbes en mode paysage.

2.2 Régime transitoire et régime permanent

Lors de la charge d'un condensateur à travers une résistance sous tension constante nous pouvons distinguer deux phases successives :

- Une phase transitoire durant laquelle la tension $U_c(t)$ s'établit progressivement sans discontinuité. On appelle cette phase le **régime transitoire**.
- Une phase au cours de laquelle $U_c = E$. On appelle cette phase le **régime permanent**.

Mathématiquement le régime permanent est atteint à l'infini.

On considérera que le condensateur est chargé (le régime permanent est atteint) lorsque la tension U_c atteindra **95 % de sa valeur finale**.

1- **Au bout de quelle durée** la tension U_c atteint-elle 95 % de sa valeur finale ?

2- **Repérez** le régime transitoire et le régime permanent sur votre graphe.

Asymptote : la tension $U_c(t)$ s'approche de E et l'atteint à l'infini. On dit que la droite $u(t) = E$ est une asymptote à la courbe $U_c(t)$.

3- **Tracez** l'asymptote à la courbe $U_c(t)$.

4- D'après l'équation différentielle établie au 1.1, **montrez** que lorsque le régime permanent est atteint, on a $U_c(t)=E$.

2.3 Constante de temps du circuit RC

1- **Tracez** la tangente à l'origine à la courbe.

A l'instant $t = 0$, $U_c(0) = 0$ car le condensateur est initialement déchargé. L'équation différentielle devient : $R.C.(\dot{u})_{t=0} = E$ d'où $(\dot{u})_{t=0} = \frac{E}{RC}$ où τ est appelé la **constante de temps** du circuit.

τ est le coefficient directeur de la tangente à l'origine de la courbe $U_c(t)$. L'équation de la tangente à l'origine est : $u(t) = \frac{E}{RC}t$. On constate d'après l'équation de la tangente à l'origine que **$u(\tau) = E$** (τ : constante de temps).

2- **Déterminez** la valeur de la constante de temps τ d'après le graphe de $U_c(t)$: c'est **l'abscisse du point d'intersection de la tangente à l'origine et de l'asymptote**.

La pente de la tangente à l'origine est difficile à évaluer avec précision. Pour mesurer avec précision la constante de temps, on utilise une propriété de la tension $u_c(t)$: **$u_c(\tau) = 0,63.E$** .

La valeur de la tension $u_c(t)$ à l'instant $t = \tau$ est égale à 63 % de sa valeur finale.

3- **Mesurez** la valeur de la constante de temps à l'aide de cette méthode.

4- **Vérifiez** que la **tension $u_c(t)$ atteint 95 % de sa valeur finale au bout d'une durée de 3τ** .

5- **Comparez** les valeurs des constantes de temps τ déterminées précédemment avec le produit RC, sachant que $R=1k\Omega$ et $C=C_p$ (prenez la valeur exacte).

2.4 Courbe $i(t)$

- 1- **Commentez** la courbe obtenue.
- 2- **Mesurez** la valeur maximale de l'intensité du courant dans le condensateur. **Comparez** cette valeur au rapport E/R , si $E=10\text{ V}$ et $R = 1\text{ k}\Omega$.
- 3- **Repérez** le régime transitoire et le régime permanent sur votre graphe.

III Complément : influences de R et C sur la constante de temps

- 1- **Réglez** les acquisitions de manière à **ajouter** les courbes (et non les remplacer).
- 2- **Divisez** R par deux, puis par trois, puis par quatre et **faites** à chaque fois des acquisitions. Vous vous intéresserez uniquement à la courbe $U_c(t)$.
- 3- **Imprimez** la courbe obtenue.
- 4- **Déterminez** dans chaque cas la valeur de la constante de temps τ du circuit à l'aide de l'ordinateur, grâce aux boutons TANGENTE et RETICULE.
- 5- **Déduire** de ces mesures que τ est proportionnel à R. Que vaut le coefficient de proportionnalité ? A quoi correspond-il ?

IV Exercices

Ex1-Tracé de la tension aux bornes d'un condensateur dans un circuit RC alimenté sous tension constante:

Soit le circuit RC précédent pour lequel $E = 5\text{ V}$, $R = 1\text{ k}\Omega$ et $C = 1\text{ }\mu\text{F}$. Le condensateur C est initialement déchargé.

- a) Placer l'asymptote correspondant au maximum de la tension.
- b) Construire la tangente à l'origine (tangente à la courbe en $t = 0$).
- c) Placer sur la courbe le point d'abscisse 3τ en considérant que le condensateur est totalement chargé au bout d'une durée de $t = 3\tau$.
- d) Placer sur la courbe le point d'abscisse $t = \tau$ et tracer la courbe de $u_c(t)$ pour t variant de 0 à 5τ .
- e) Cette tension a pour équation : $U_c(t) = E (1 - e^{-t/\tau})$. Vérifier, à l'aide de votre calculatrice, que cette fonction donne bien la même courbe que celle que vous avez tracé.

Ex2 - Tracé de l'intensité du courant dans un circuit RC alimenté sous tension constante :

Repartons de la loi des mailles dans le circuit. $u_c(t) + R.i(t) - E = 0$

On en déduit l'expression du courant $i(t)$: $i(t) =$.

A l'origine $u_c(0) = 0$ donc $i(0) =$.

La tangente à l'origine coupe l'axe des abscisses à l'instant $t = \tau$.

Le courant $i(t)$ s'annule lorsque $u_c(t) = E$ c'est à dire lorsque $t = 3\tau$. Donc $i(3\tau) = 0$.

Lorsque $E = 5\text{ V}$, $R = 1\text{ k}\Omega$ et $C = 1\text{ }\mu\text{F}$:

- a) Tracer sur papier millimétré la valeur $i(0)$.
- b) Tracer la valeur $i(3\tau)$.
- c) Tracer la valeur $i(\tau)$.
- d) Tracer la tangente à l'origine (tangente à la courbe en $t = 0$).
- e) Tracer la courbe représentative de $i(t)$.