

# Réponse d'un condensateur à un échelon de tension

L'association en série d'un condensateur et d'un dipôle ohmique est appelée dipôle RC.

Lorsque la tension appliquée à un tel dipôle passe brusquement d'une valeur constante  $E$  à une autre valeur constante (nulle par exemple) on dit qu'il est soumis à un échelon de tension.

## Objectifs :

- ✦ Réaliser des acquisitions informatisées pour différentes valeurs de la résistance  $R$  et de la capacité  $C$ .
- ✦ Déterminer la constante de temps  $\tau$  de ce circuit.
- ✦ Modéliser la courbe de charge par la méthode d'Euler.

## I - Etude de la charge d'un condensateur.

### ➤ Matériel :

$C = 1\text{ nF} - 10\text{ nF} - 100\text{ nF}$

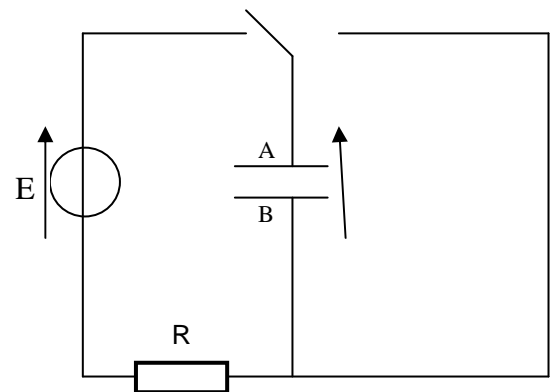
$R = 10\text{ k}\Omega - 1\text{ k}\Omega - 4,7\text{ k}\Omega$

Générateur de tension constante.  $E = 6\text{ V}$

Voltmètre ESAO + ordinateur.

### ➤ Expérience :

- Réaliser le circuit ci-contre avec  
 $C_1 = 10\text{ nF}$  et  $R_1 = 10\text{ k}\Omega$
- Décharger le condensateur.
- Paramétrer l'ordinateur :
  - Test : régler le zéro en court-circuitant le voltmètre
  - Mesure : vérifier que le condensateur se charge et se décharge convenablement.
  - Paramétrage :
    - on mesure la tension  $u_C$  en fonction du temps : paramétrer une acquisition pendant **1 ms**.
    - Synchronisation : les mesures ne doivent pas démarrer avant le début de la charge du condensateur : l'acquisition doit démarrer dès que la tension aux bornes du condensateur dépasse la valeur **0,1 V dans le sens croissant**.
    - Lancer l'acquisition
- Fermer l'interrupteur, et effectuer une acquisition : la nommer «  $u_1 = f(t)$  ». Régler éventuellement le seuil d'acquisition.
- Sauvegarder sous le nom « RC-charge »



*Comment la tension évolue-t-elle au cours du temps ?*

*Quelle est la valeur limite de la tension aux bornes du condensateur ? Au bout de combien de temps environ est-elle atteinte ?*

➡ Influence de la capacité du condensateur :

- Ouvrir une nouvelle fenêtre. Afficher la courbe  $u_1(t)$
- Réaliser une deuxième expérience « ajouter courbe – la nommer  $u_2$  » avec le condensateur de capacité  $C_2 = 1 \text{ nF}$
- Réaliser une troisième expérience « ajouter courbe – la nommer  $u_3$  » avec le condensateur de capacité  $C_3 = 100 \text{ nF}$
- Enregistrer sous « Capacités »



*Comment la durée de charge évolue-t-elle en fonction de la capacité du condensateur ?*

➡ Influence de la résistance du conducteur ohmique :

- Ouvrir une nouvelle fenêtre. Afficher la courbe  $u_1(t)$ .
- Réaliser une quatrième expérience « ajouter courbe- la nommer  $u_4$  » avec le condensateur de capacité  $C_1 = 10 \text{ nF}$  et la résistance  $R_4 = 4,7 \text{ kW}$
- Réaliser une cinquième expérience « ajouter courbe – la nommer  $u_5$  » avec le condensateur de capacité  $C_1 = 10 \text{ nF}$  et la résistance  $R_5 = 1 \text{ kW}$
- Enregistrer sous « Résistances »

*Comment la durée de charge évolue-t-elle en fonction de la résistance du conducteur ohmique ?*

➡ Détermination de la constante de temps  $\tau$  du dipôle RC.

- Reprendre la courbe  $u_1(t)$ 
  -  La lisser si nécessaire
  -  Tracer l'asymptote horizontale à la courbe :  $u = 0 \cdot t + 6$
- Tracer la tangente à l'origine à la courbe  $u_1(t)$  : utiliser l'outil « tangente » et appuyer sur « entrée » pour conserver la droite.

*Déterminer à l'aide du pointeur l'abscisse du point d'intersection des deux courbes ainsi tracées : c'est la constante de temps du dipôle :  $\tau = \dots\dots\dots$*

*Comparer la valeur obtenue au produit RC et conclure.*

*Quelle est la valeur de la tension aux bornes du condensateur lorsque  $t = \tau$  ? En déduire le pourcentage de charge du condensateur à cet instant.*

*Ces mesures sont-elles concordantes avec les enregistrements réalisés précédemment avec différentes valeurs de R et de C ?*

- Afficher les différentes fenêtres - Coller les graphiques dans la page de Compte-rendu, *légender et imprimer*

## II – Modélisation de la charge du condensateur – Méthode d’Euler.

- En utilisant la loi d’additivité des tensions, exprimer la tension  $u_C$ , à l’instant ( $t$ ) en fonction de la tension constante  $E$  du générateur, de la résistance  $R$  et de l’intensité ( $i$ ) du courant circulant alors dans le circuit.

A l’aide des relations précédemment étudiées :  $q = C.u_c$  et  $i = \frac{dq}{dt}$ , montrer que  $i = C.\frac{du_c}{dt}$

Remplacer ( $i$ ) par cette expression dans la première équation.

- L’équation différentielle ainsi obtenue admet une solution sous forme exponentielle, mais on peut également utiliser la méthode d’Euler :

Exprimer la variation  $\frac{du_c}{dt}$  en fonction de  $E, R, C$  et  $u_c$ .

A l’instant ( $t$ ), la tension aux bornes du condensateur a pour valeur :  $u_c(t)$   
Quelle sera sa valeur à l’instant ( $t + dt$ ) ?

Exemple :  $dt = 1.10^{-6}s$

$E = 6V$     $R = 10 k\Omega$     $C = 10 nF$

$RC = \dots\dots\dots$

Compléter la première ligne du tableau ci-dessous, à  $t = 0$  :

Calculer  $(\frac{du_c}{dt})_0$  :

$t$	$u_c$	$\frac{du_c}{dt}$
0	0	
$1.10^{-6} s$		
$2.10^{-6} s$		

En déduire  $u_c (t = 1.10^{-6} s)$  et compléter la ligne suivante :

$$u_c (t+dt) = u_c(t) + (\frac{du_c}{dt})_t =$$

$$(\frac{du_c}{dt})_{1.10^{-6}s} =$$

↑  
Etc.....

■ Cette opération doit être répétée un grand nombre de fois : Résolution dans EXCEL :

- Ouvrir la feuille « simulation RC » d'EXCEL
- Dans GENERIS : COPIER le tableau de valeurs, puis basculer sur la fenêtre EXCEL et COLLER le tableau : la courbe expérimentale doit apparaître dans la zone graphique.
- Compléter alors le tableau : R, C, E. Choisir  $dt=1.10^{-6}s$

Compléter le tableau « Méthode d'Euler » en entrant les formules nécessaires au calcul de  $\frac{du_c}{dt}$  puis de  $u_c$  à chaque instant (Rappel : utiliser la touche F4 pour obtenir les coordonnées absolues d'une case du tableur).

- La courbe théorique obtenue par la méthode d'Euler coïncide-t-elle avec la courbe expérimentale ? Quelle limite sur la valeur de  $dt$  peut-on observer ? Comparer à l'intervalle de temps entre deux mesures sur GENERIS.