

# Charge et décharge d'un condensateur dans un circuit RC

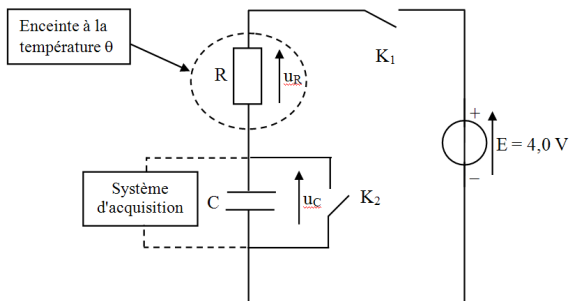
## Exercice n°1

On peut constituer une sonde thermique à l'aide d'un dipôle (R,C) série. On réalise le circuit suivant : Le condensateur a une capacité  $C = 1,0 \mu\text{F}$

Le conducteur ohmique est une thermistance : la valeur R de sa résistance dépend de la température.

On le place dans une enceinte dont la température interne est notée  $\theta$ .

Un système d'acquisition permet d'enregistrer l'évolution au cours du temps de la tension  $u_C$  aux bornes du condensateur.



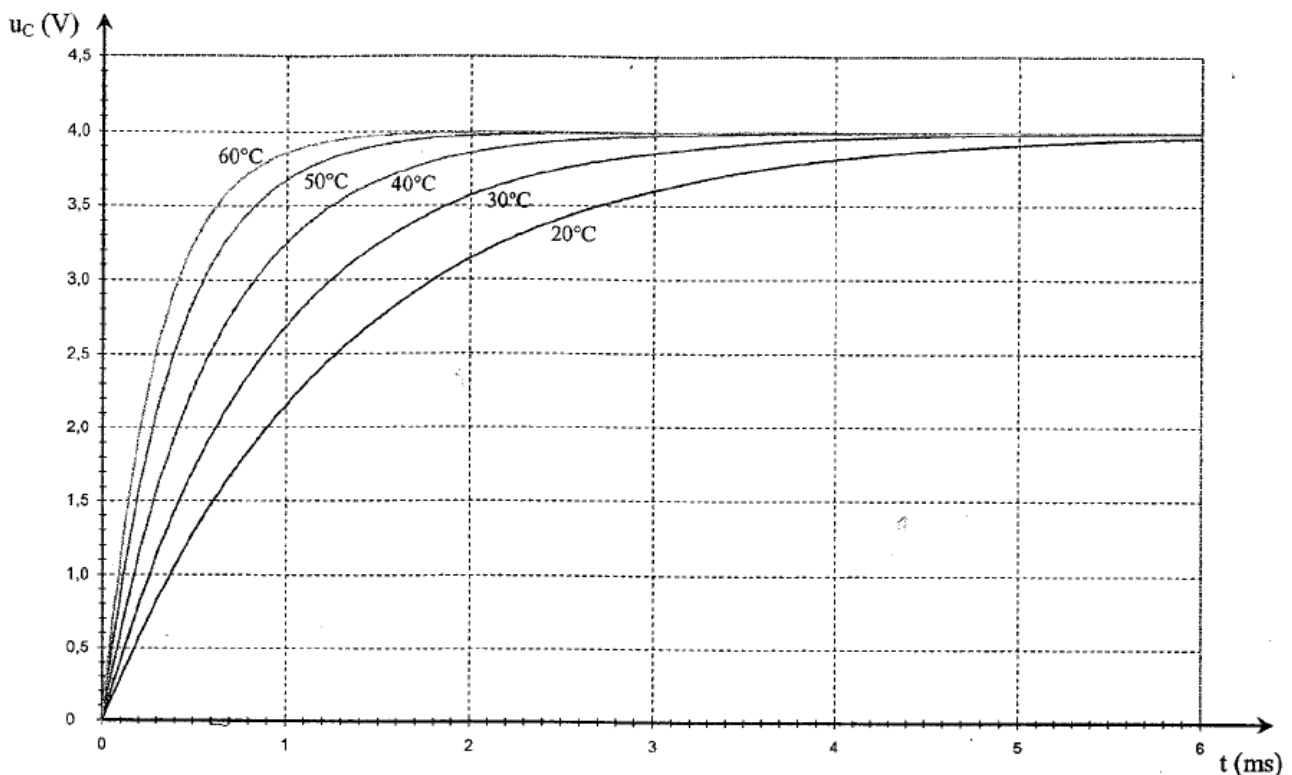
### 1. Étalonnage de la sonde

Protocole expérimental : On souhaite tracer la courbe de l'évolution de la valeur de la résistance de la thermistance en fonction de la température. On

réalise le protocole suivant :

Le condensateur est initialement déchargé et les interrupteurs  $K_1$  et  $K_2$  sont ouverts. À  $t = 0$ , on ferme  $K_1$  et on enregistre l'évolution de la tension  $u_C$  jusqu'à la fin de la charge du condensateur. Ensuite, on ouvre  $K_1$  et on ferme  $K_2$  : le condensateur se décharge complètement. On ouvre enfin  $K_2$ .

On modifie la température de l'enceinte et on recommence le protocole précédent. On opère pour plusieurs valeurs de température et on obtient le graphique suivant :



À l'aide des résultats expérimentaux, étudions la charge du condensateur.

- 1.1. Établir la relation entre la tension  $E$  aux bornes du générateur, la tension  $u_R$  aux bornes du conducteur ohmique et la tension  $u_C$  aux bornes du condensateur.
- 1.2. Déterminer l'équation différentielle vérifiée par la tension  $u_C$  pendant la phase de charge.
- 1.3. La solution analytique de cette équation est de la forme :  $u_C = A + B e^{-t/(RC)}$
- 1.3.1. En tenant compte des conditions finales de la charge, déterminer  $A$ .

1.3.2. En tenant compte des conditions initiales de la charge, déterminer B.

1.3.3. Déduire l'expression de  $u_C$ .

1.4. On donne l'expression de la constante de temps du dipôle (R, C) :  $\tau = RC$ .

1.4.1. Déterminer la valeur  $\tau_1$  de la constante de temps, relative à la température  $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$ , à partir du graphique. Expliquer la méthode employée.

1.4.2. En déduire la valeur  $R_1$  de la résistance correspondante.

1.4.3. Procéder de la même manière pour les autres températures et compléter le tableau suivant :

Température $\theta$ ( $^\circ\text{C}$ )	$\theta_1 = 20$	25	30	35	40	45	50	55	60
Constante de temps $\tau$ (ms)	$\tau_1 =$								
Résistance R (k $\Omega$ )	$R_1 =$	1,07		0,74		0,49		0,34	

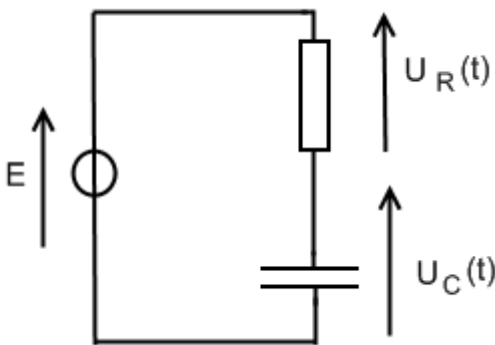
1.4.5. Tracer sur papier millimétré (à rendre avec la copie) la courbe d'étalonnage  $R = f(\theta)$  en respectant l'échelle suivante :  
 abscisse : 1 cm pour  $5^\circ\text{C}$   
 ordonnée : 1 cm pour 0,1 k $\Omega$

## 2. Mesure d'une température :

Essayons la sonde thermique en la plaçant dans une enceinte de température interne  $\theta$  à déterminer. On mesure la résistance de la thermistance à l'aide d'un ohmmètre et on obtient :  $R = 0,50 \text{ k}\Omega$ . En vous servant de la courbe d'étalonnage, déterminer la température de l'enceinte.

### Exercice n° 2 : Charge d'un condensateur (session 2006)

Soit le circuit électrique suivant dans lequel le condensateur est initialement déchargé.



1. Etablir l'équation différentielle régissant l'évolution temporelle de  $u_C(t)$ , tension aux bornes du condensateur.  
 2. l'expression de  $u_C(t)$  suivante est la solution de cette équation différentielle  $u_C(t) = K(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$  K est une constante.

2.1. En déduire l'expression de l'intensité  $i(t)$  du courant dans le circuit en fonction de K, R, C et t.

2.2. Déterminer K grâce aux conditions initiales.

2.3. On veut choisir le condensateur et le conducteur ohmique de façon à ce que la tension aux bornes du condensateur soit égale à  $K/3$  au bout du temps  $t_1 = 0,5 \text{ s}$ .

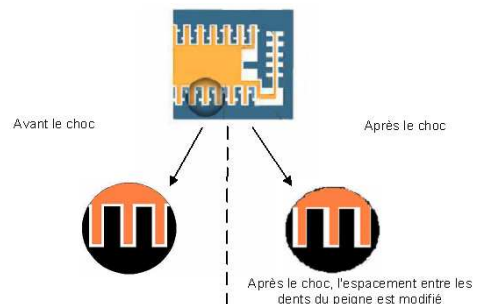
Dans ces conditions, déterminer la valeur de la constante de temps  $\tau = RC$ .

2.4. Quel choix de valeur de capacité doit-on faire si la valeur de la résistance R est égale à 4,7 k $\Omega$ .

### Exercice n° 3 : « Airbag et condensateur »

Les technologies développées dans l'industrie microélectronique ont été transposées avec succès pour fabriquer des microsystèmes électromécaniques, c'est-à-dire des systèmes miniaturisés qui intègrent sur une même puce des parties mécaniques (capteurs d'accélération ou de pression, miroirs, micromoteurs) et des circuits électroniques associés.

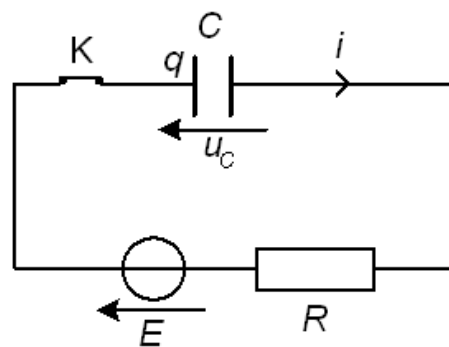
Un des premiers microsystèmes à avoir été développé est l'accéléromètre. Il est entre autres utilisé pour déclencher le gonflage des airbags des véhicules en cas de choc brutal. L'accéléromètre est constitué de deux pièces en forme de peignes complémentaires. L'une est fixe et constitue le cadre, l'autre est mobile à l'intérieur de ce cadre, suspendue par une lamelle flexible, sans contact entre les deux parties. L'ensemble constitue un condensateur. En cas de choc brutal du véhicule, la



Fonctionnement de l'accéléromètre et déclenchement d'airbag

partie mobile se déplace par inertie dans le sens opposé au mouvement, comme le passager d'un bus qui est debout et se trouve projeté en avant quand le bus freine (voir figure 3). Ce changement de distance entre le peigne mobile et le cadre modifie la capacité du condensateur. Dès que le circuit intégré détecte ce changement de capacité, il commande le gonflage de l'airbag, avant même que le conducteur et les passagers du véhicule ne soient projetés en avant.

Nous allons nous intéresser au principe de fonctionnement de ce dispositif. Le peigne mobile et le cadre constituent un condensateur de capacité  $C$ . Il est branché aux bornes d'une pile de résistance interne  $R$  et de force électromotrice  $E$ . Le circuit est modélisé par le schéma de la **figure 1**.



**Figure 1**

Données :

$$C = 100 \text{ pF} \quad (1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F}).$$

$$E = 5,0 \text{ V}$$

### 1. Comportement de l'accéléromètre en dehors de chocs

La mise sous tension de l'accéléromètre revient à fermer l'interrupteur  $K$  du montage modélisant le dispositif représenté sur la **figure 1**.

Le condensateur est déchargé avant la fermeture de l'interrupteur.

A l'instant  $t = 0$ , on ferme l'interrupteur.

Les courbes représentant les variations de la tension aux bornes du condensateur et de l'intensité du courant en fonction du temps sont données sur la **FIGURE 2**.

1.1. Sur cette figure, identifier en justifiant qualitativement la courbe correspondant à la tension et celle correspondant à l'intensité.

1.2. Délimiter de façon approximative et qualifier, sur la **FIGURE 2** les deux régimes de fonctionnement du circuit.

1.3. Déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps du dipôle RC.

Comparer cette valeur à la durée d'un choc de l'ordre de 200 ms.

1.4. Donner l'expression littérale de cette constante de temps.

En déduire un ordre de grandeur de la valeur de la résistance  $R$ .

1.5. Charge du condensateur.

1.5.1. Déterminer graphiquement sur la **FIGURE 2** les valeurs de la tension aux bornes du condensateur et de l'intensité du courant en régime permanent.

1.5.2. En déduire, en régime permanent, la valeur de la charge  $q$  du condensateur définie sur la **figure 1**.

### 2. Déclenchement de l'airbag

2.1. D'après le texte encadré, comment se nomment les parties de l'accéléromètre correspondant aux armatures mobile et fixe ?

2.2. Le rapprochement des deux armatures provoqué par un choc entraîne une augmentation de la capacité du condensateur (**FIGURE 3**). Il s'agit de comprendre les conséquences de cette variation.

En tenant compte du fait que la constante de temps est très faible, on considérera que la valeur de la résistance est nulle.

2.2.1. Parmi les deux propositions suivantes donnant l'expression de la capacité  $C$  en fonction de la distance  $d$  entre les armatures du condensateur, choisir en justifiant celle qui peut convenir :

$$\text{a) } C = k \cdot d ; \quad \text{b) } C = \frac{k}{d}$$

2.2.2. Donner l'expression de la tension aux bornes du condensateur  $u_C$  et de la charge  $q$  du condensateur avant le choc, en fonction de  $E$  (on pourra s'aider d'un schéma du circuit).

2.2.3. Justifier que la tension aux bornes du condensateur n'est pas modifiée par le choc. En déduire que le choc a pour effet de faire augmenter la charge  $q$  du condensateur.

2.3. Sur le schéma de **LA FIGURE 3**, indiquer le sens de déplacement des électrons dans le circuit engendré par la variation de charge  $q$  du condensateur.

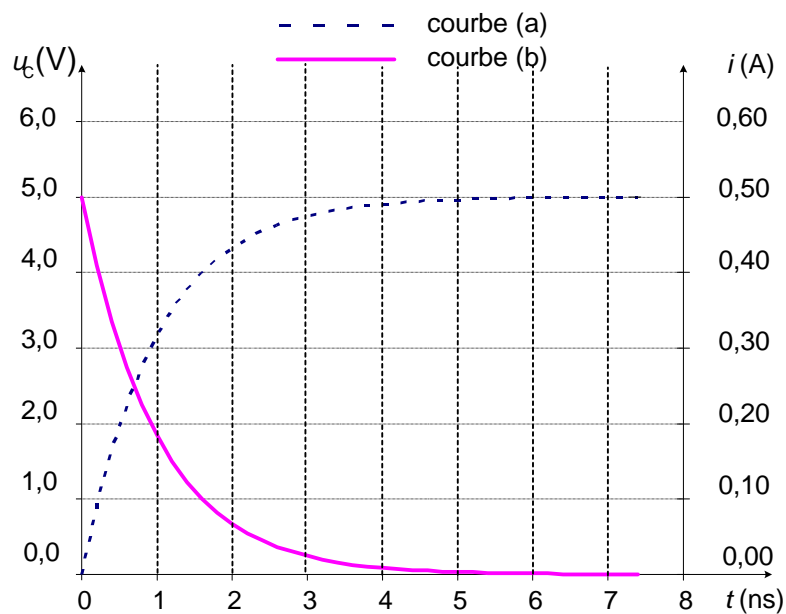
2.4. Donner la relation entre l'intensité  $i$  du courant et la charge  $q$  du condensateur.

Choisir parmi ces affirmations celle qui convient :

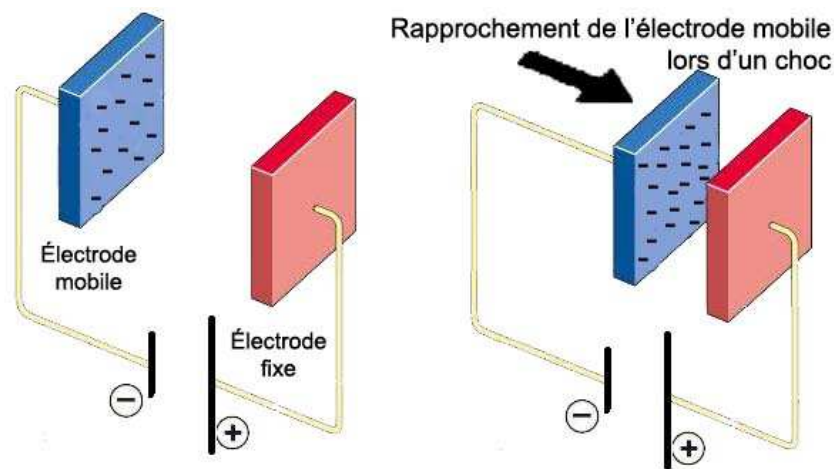
Le déclenchement du gonflage de l'airbag est commandé par la détection d'une variation :

- a) de tension aux bornes du condensateur
- b) d'intensité du courant dans le circuit
- c) de tension aux bornes du générateur.

**Figure 2: courbes d'évolution temporelle de la tension aux bornes du condensateur et de l'intensité du courant**



**Figure 3: rapprochement des deux armatures du condensateur lors d'un choc**



**a.** avant le choc

**b.** pendant le choc