

Thème : Dynamique d'un système électrique
TP C 24 : Intensité électrique – Etude d'un condensateur
(version professeur)

Étudier la dynamique d'un système électrique.

Étudier la réponse d'un dispositif modélisé par un dipôle RC. Déterminer le temps caractéristique d'un dipôle RC à l'aide d'un microcontrôleur, d'une carte d'acquisition ou d'un oscilloscope.

I. Visualisation de la charge et de la décharge d'un condensateur à l'aide d'un oscilloscope numérique. Détermination du temps caractéristique à partir de la courbe de décharge du condensateur.

Matériels :

- Générateur basse fréquence G.B.F. réglé sur une fréquence $f = 100$ Hz et de tension d'environ 1 V en tension rectangulaire.
- Oscilloscope numérique
- Condensateurs non polarisés de valeurs : comprise entre 100 nF et 400 nF
- Résistances (conducteur ohmiques) de valeurs comprises entre : 100 Ω et 100 M Ω
- Un multimètre réglé en ohmmètre.

Exemple de protocole :

Si la fréquence du G.B.F. choisie est d'environ $f = 50$ Hz , la période sera égale à $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0,02$ s = 20 ms

Il faut donc que le condensateur puisse se charger complètement en moins de 0,01 s soit 10 ms.

La constante de temps doit être au moins inférieure à 10 ms pour avoir un peu de marge.

Il faut donc prendre une résistance et un condensateur (non polarisé dans ce cas), tel que le produit de leur valeur soit inférieure à 10 ms.

On a choisi $C = 220$ nF et $R = 9820$ Ω

Schéma du montage :

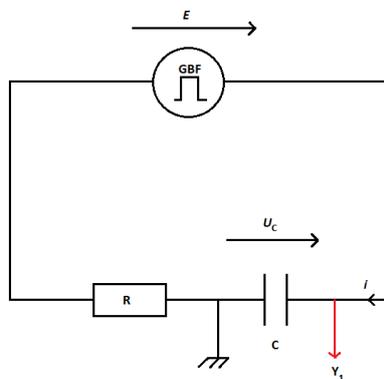


Photo du montage :

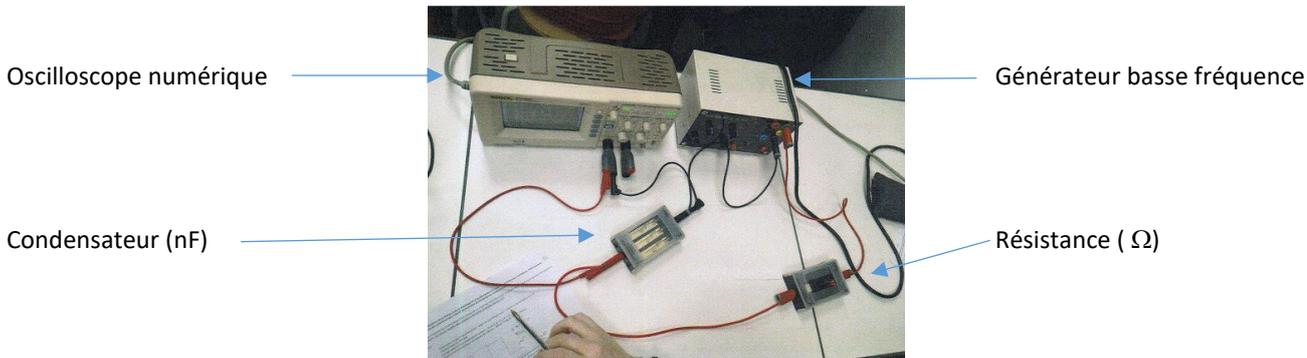
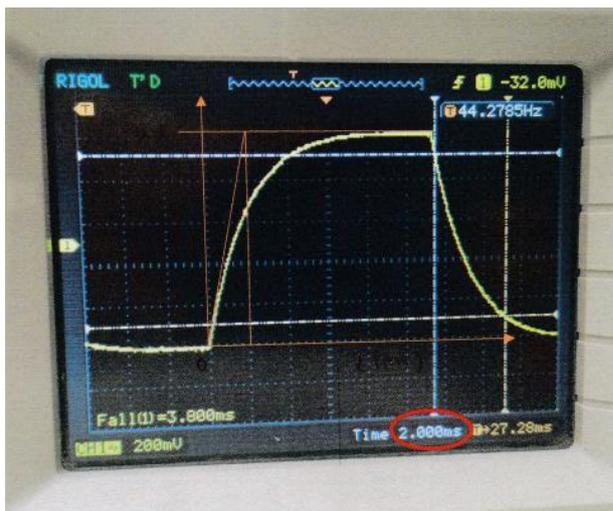


Photo de l'oscillogramme :



Calcul de la constante de temps (temps caractéristique) théoriquement attendue à partir des valeurs choisies :

$$\tau = 9,82 \times 10^3 \times 220 \times 10^{-9} = 2,16 \times 10^{-3} \text{ s} = 2,16 \text{ ms}$$

Détermination de la constante de temps à partir de l'oscillogramme obtenu :

On trace la tangente à l'origine et on détermine l'abscisse du point d'intersection de l'asymptote d'équation $u = E$ avec la tangente.

On trouve que τ correspond à 1 division. On peut lire que 1 division est égale à 2,0 ms

Alors $\tau = 2,0 \text{ ms}$

Vérifions la validité du résultat à l'aide du quotient : $\frac{|\tau_{exp} - \tau_{théo}|}{\hat{u}_\tau} = \frac{2,16 - 2,0}{0,4} = 0,4$

On a pris arbitrairement la valeur de la plus petite division de l'oscillogramme, comme valeur d'incertitude-type, soit 0,4 ms

En prenant comme critère que le quotient doit être inférieur à 2, on a bien $0,4 < 2$.

Le résultat expérimental est validé.

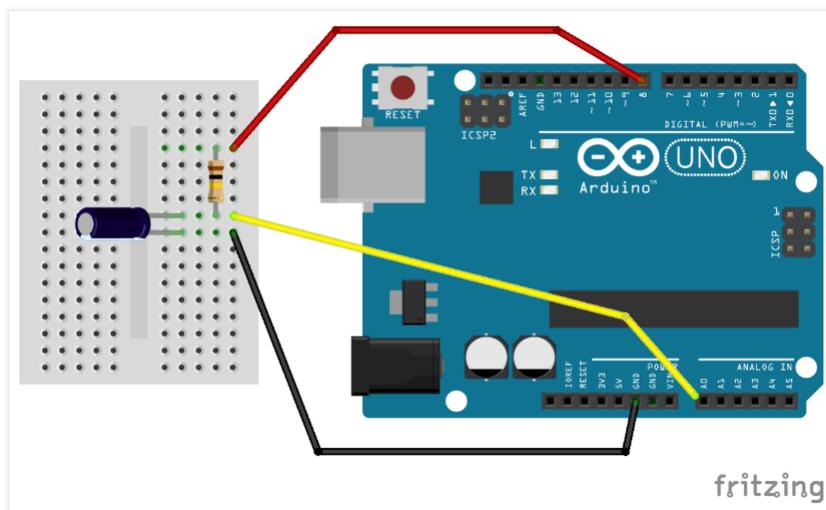
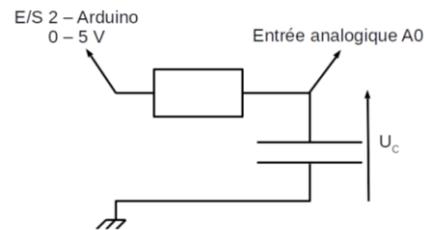
II. Détermination de la constante de temps d'un circuit RC à l'aide d'un microcontrôleur Arduino

Source : <http://electroniqueamateur.blogspot.com/2015/03/observer-la-charge-et-la-decharge-dun.html>

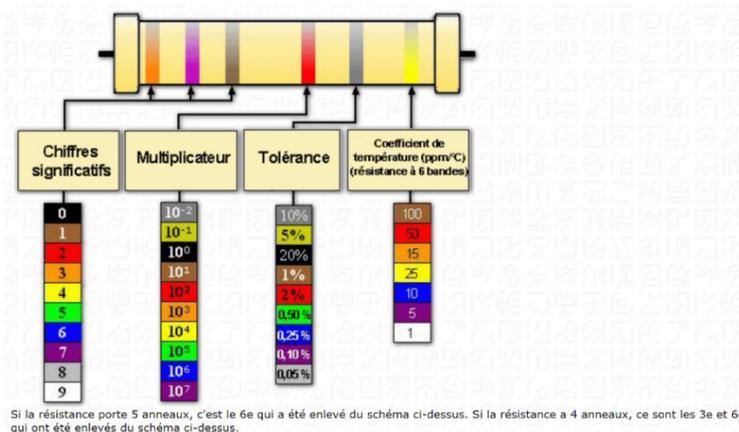
Réaliser le montage suivant :

$R = 10\,000\ \Omega = 100 \times 10^2\ \Omega$ (code couleur Marron, Noir, Noir, Orange)

$C = 100\ \mu\text{F}$ (Attention à bien orienter le condensateur dans le sens du courant)



Pour mesurer la valeur de la résistance, utiliser un ohmmètre ou le code couleur des résistances



Sachant que, lors de la charge d'un condensateur, la tension aux bornes du condensateur varie selon la relation :

$$u(t) = E - E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

On utilisera la relation suivante afin de déterminer la constante de temps.

Au bout d'une durée égale à la constante de temps la charge est effectuée à 63,2%, donc : $u(t) = 0,632 \cdot E$

La tension U_c est mesurée sur l'entrée analogique de la carte Arduino. Le convertisseur analogique/numérique de la carte renvoie 1023 si la tension lue vaut 5 V. La valeur correspondant à une charge à 63,2% est **647**.

On utilise la carte Arduino pour mesurer le temps nécessaire pour atteindre 647 sur l'entrée analogique, condensateur initialement déchargé.

Le principe de la mesure est le suivant : une fois le condensateur déchargé, on entame sa charge en relevant la date t_0 , on boucle sans rien faire en mesurant à chaque tour le niveau lu sur l'entrée analogique. Quand il atteint la valeur 647, on sort de la boucle et on mesure la date t_1 .

La constante de temps se déduit par une simple différence.

Remarque importante

Pour obtenir des mesures suffisamment précises, il faut des constantes de temps plutôt longues, de l'ordre de la seconde. La durée d'une boucle incluant la mesure de la tension est de l'ordre du dixième de milliseconde, ce qui ne permet pas de mesurer des charges trop rapides.

Principe du programme

La borne négative du condensateur est reliée à la masse (GND), alors qu'à l'autre extrémité, la résistance sera reliée à la pin numéro 8 de l'Arduino: en réglant cette pin à 5 V, le condensateur se chargera, alors qu'il se déchargera lorsque la pin sera réglée à 0 V. Il ne reste plus qu'à mesurer le potentiel de la borne positive du condensateur, en branchant cette dernière à l'entrée analogique A0 de l'Arduino.

Voici le sketch: on commence par mettre la pin 8 à 0 V, pour s'assurer que le condensateur est complètement déchargé. Ensuite, on met à la pin 8 à 5 V, et on affiche la tension du condensateur dans le moniteur série à toutes les 10 millisecondes pendant qu'il se charge. Lorsque le condensateur est complètement chargé, on met la pin 8 à 0 V et on affiche encore dans le moniteur série la tension du condensateur à toutes les 10 millisecondes, jusqu'à ce qu'il soit complètement déchargé.

Remarque : La série de mesures ne se fait qu'une seule fois (une charge complète, suivie d'une décharge complète). Appuyez sur le bouton reset de l'Arduino si vous désirez reprendre une nouvelle série de mesures.

Protocole expérimental 1 : Tracé de l'évolution de la tension au cours du temps –détermination de la valeur de la constante de temps.

- Copier le programme (page suivante) sur l'application Arduino
- Le téléverser sur la carte Arduino.
- Pour faire apparaître, les valeurs cliquer sur OUTILS – MONITEUR SERIE
- Laisser s'effectuer une charge et une décharge complète.

Remarque : la valeur affichée, n'est pas celle de la tension. Ce qui n'a pas d'importance en soit dans notre étude.

On pourrait la déterminer en effectuant le calcul suivant : float tension = valeur * (5.0 / 1017.0); sachant que la tension $E = 5,0$ V et que la valeur maximale affichée par le moniteur Arduino est 1017.

- Cliquer sur des valeurs, puis CTRL A pour sélectionner l'ensemble des valeurs.
- Les copier dans Excel dans la colonne B
- Dans la colonne A, entrer les valeurs correspondant au temps, chaque mesure étant effectuée toutes les 10 ms.

	A	B	C	D
1		Préparation du condensateur		
2		Charge du condensateur		
3		0	649	
4	=A3+10		653	
5			653	
6			652	
7			657	
8			653	

- Tracer le graphique (Insertion – nuage de points) Faire une capture d'écran.
- Déterminer la constante de temps pour la charge ou pour la décharge à l'aide de la relation $\tau = RC$ puis du fait que la valeur de τ correspondant à $u(t) = 0,632 \cdot E$

Protocole expérimental 2 : Proposer une ou plusieurs modifications de ce circuit RC afin de montrer la relation entre la constante de temps τ et les valeurs de R et de C. Réaliser les expériences et tracer les graphiques correspondants. Faire des captures d'écran.

```

*
* On mesure la tension aux bornes d'un condensateur pendant qu'il
* se charge, puis pendant qu'il se décharge. La mesure de la tension
* est prise toutes les 10 ms.
*
* Yves Pelletier
*
* http://electroniqueamateur.blogspot.com/2015/03/observer-la-charge-et-la-decharge-dun.html
*
***** /

```

```

int etat = 0; // 0 au début, 1 pendant la charge
           // 2 pendant la décharge, 3 quand c'est fini
long previousMillis = 0;
long interval = 10; // nombre de millisecondes entre chaque mesure

```

```

void setup() {

  pinMode(8, OUTPUT); // alimentation du condensateur
  Serial.begin(9600);

  // dans un premier temps, on s'assure que le condensateur est
  // complètement déchargé

  Serial.println("Preparation du condensateur");
  digitalWrite(8,LOW);
  delay(2000);

  // nouvel etat: charge du condensateur
  etat = 1;
  Serial.println("Charge du condensateur");
  digitalWrite(8,HIGH); // on met en marche l'alimentation

}

```

```

void loop() {

  unsigned long currentMillis = millis();
  int tension;

  if(currentMillis - previousMillis >= interval) {

    // il est temps de prendre une nouvelle mesure

    previousMillis = currentMillis;

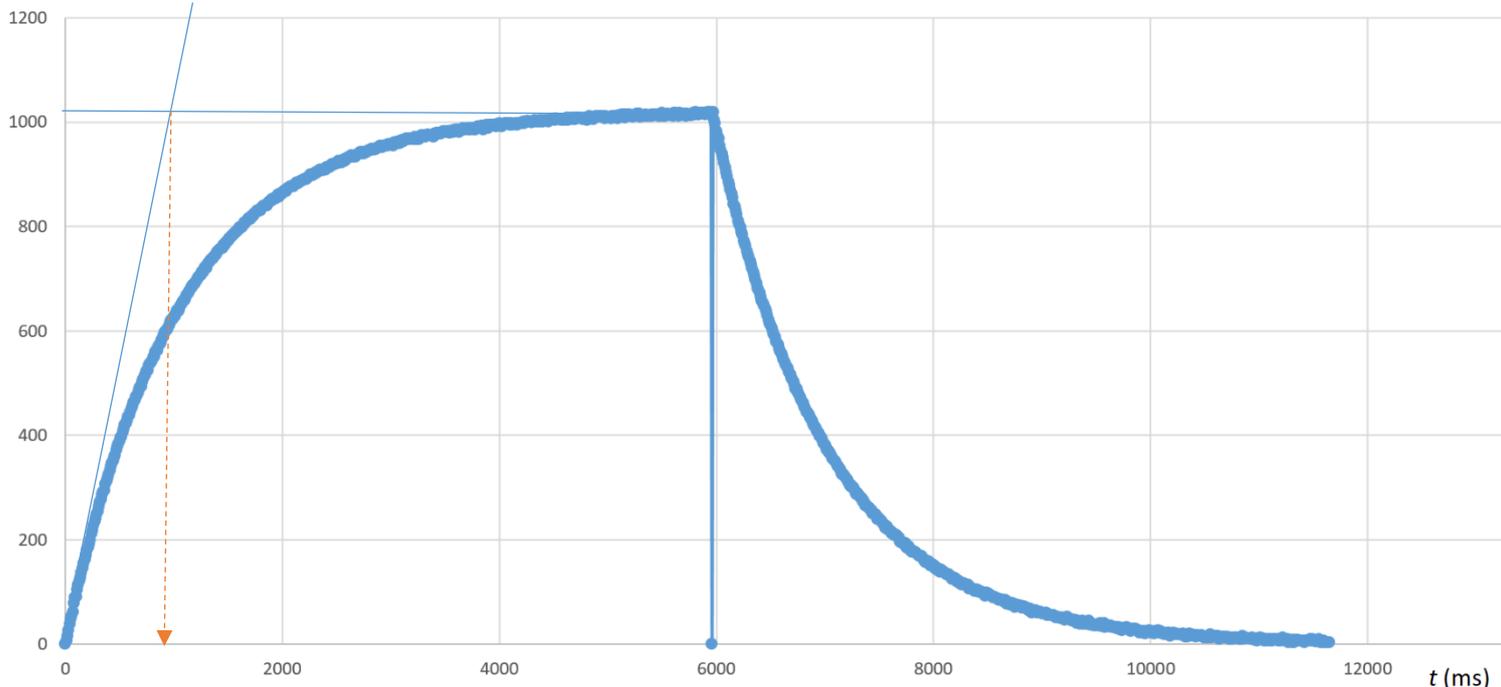
```

```
if (etat == 1) { // charge du condensateur
  tension = analogRead(A0);
  if (tension < 1020){ // pas completement chargé
    Serial.println(tension);
  }
  else{ // completement chargé
    // on change d'état: décharge du condensateur
    etat = 2;
    Serial.println("Decharge du condensateur");
    digitalWrite(8,LOW); // désactivation de l'alimentation
  }
}
if (etat == 2) { // décharge
  tension = analogRead(A0);
  if (tension > 3){ // pas completement déchargé
    Serial.println(tension);
  }
  else { // completement déchargé
    etat = 3; // on change d'état: tout est terminé
  }
}
}
```

Résultats expérimentaux de la détermination de la constante de temps d'un circuit RC à l'aide d'un microcontrôleur Arduino

Protocole expérimental 1 : $R = 10\ 000\ \Omega$ et $C = 100\ \mu F$

Charge et décharge du condensateur



$\tau = 1\ 000\ ms = 1,000\ s$

On atteint la valeur maximale de la tension de 1017 pour une durée de 5900 ms

La valeur de la tension correspondant à τ est $u = 0,632 \times 1017 = 642$

On cherche dans le tableau Excel à quelle date cette valeur correspond et on trouve 1 050 ms soit environ 1 s.

La valeur théorique est égale à $\tau = RC = 10 \times 10^3 \times 100 \times 10^{-6} = 1\ s$.

Protocole expérimental 2 :

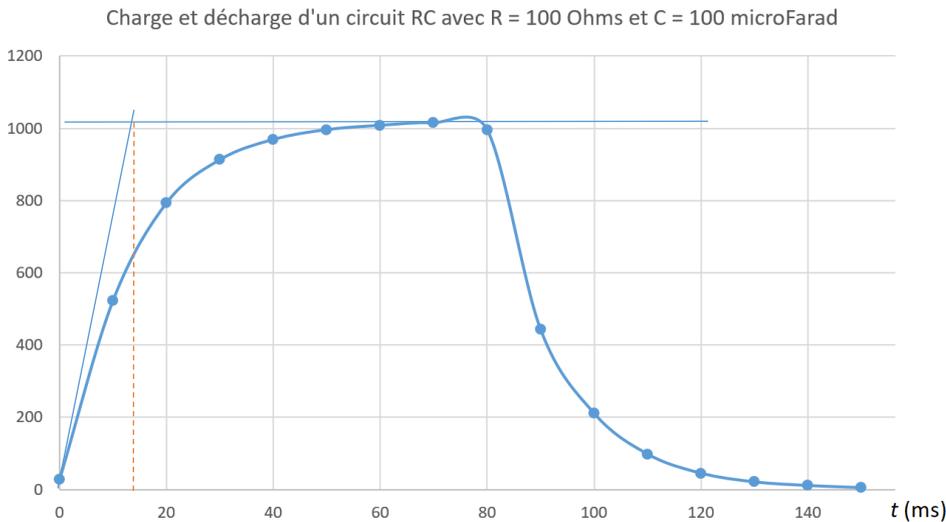
Afin de mettre en évidence l'influence de la résistance et du condensateur, il suffit de modifier une seule de ces grandeurs, l'autre restant identique.

Par exemple :

- Utilisation d'une résistance de $100\ \Omega$, avec le même condensateur de $100\ \mu F$ entrainera une diminution du temps caractéristique (constante de temps)
- Utilisation d'un condensateur de $470\ \mu F$ au lieu de $1\ 000\ \mu F$ avec la même résistance $R = 10\ k\Omega$, entrainera une diminution du temps caractéristique (constante de temps)

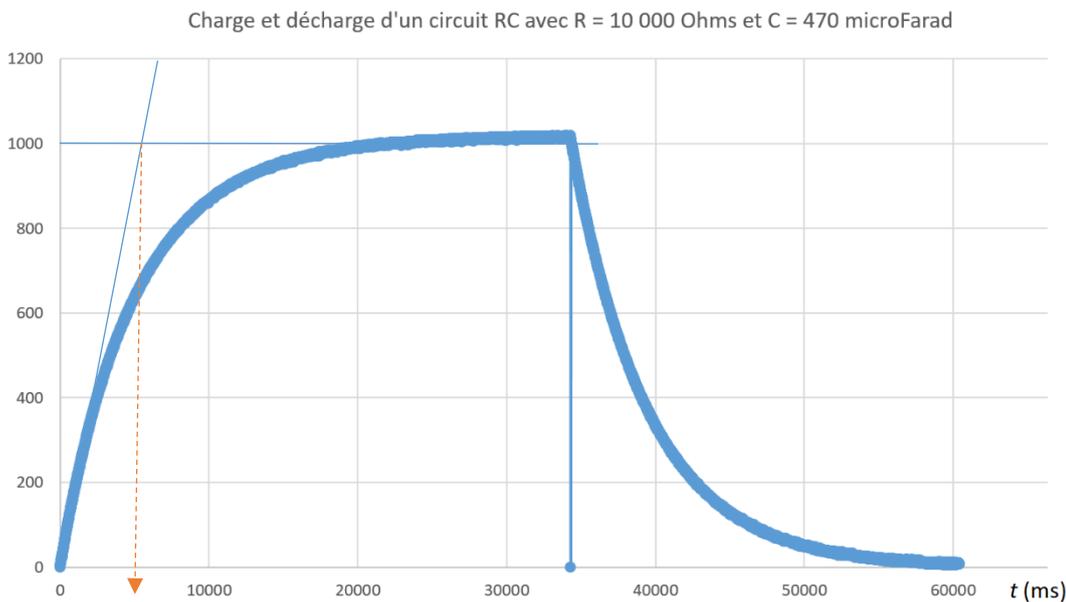
Résultats expérimentaux :

Changement de résistance $R = 100 \Omega$
 $C = 100 \mu F$



Graphiquement : $\tau = 15 \text{ ms} = 0,015 \text{ s}$

On atteint la valeur maximale de la tension de 1017 pour une durée de 80 ms
 La valeur de la tension correspondant à τ est $u = 0,632 \times 1017 = 642$
 On cherche dans le tableau Excel à quelle date cette valeur correspond et on trouve une valeur entre 10 et 20 ms
 La valeur théorique est égale à $\tau = RC = 100 \times 100 \times 10^{-6} = 0,010 \text{ s}$.



Graphiquement : $\tau = 5\,000 \text{ ms} = 5 \text{ s}$

Changement de capacité $C = 470 \mu F$
 Résistance $R = 10\,000 \Omega$

On atteint la valeur maximale de la tension de 1017 pour une durée de 34 300 ms
 La valeur de la tension correspondant à τ est $u = 0,632 \times 1017 = 642$
 On cherche dans le tableau Excel à quelle date cette valeur correspond et on trouve 5 100 ms soit 5,1 s
 La valeur théorique est égale à $\tau = RC = 470 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^3 = 4,7 \text{ s}$.