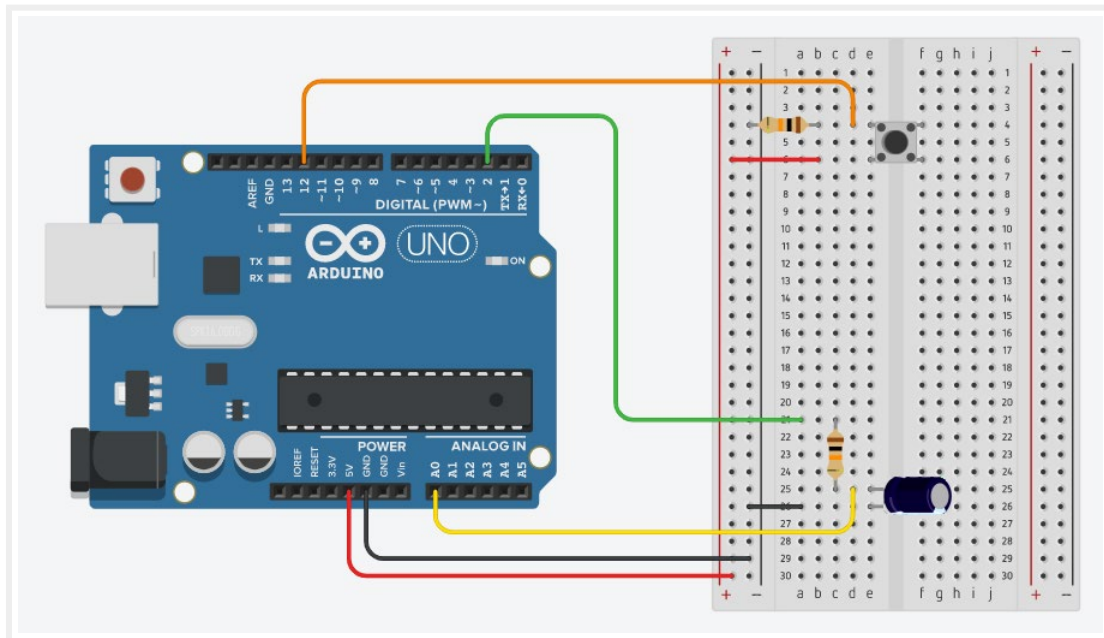


Dipôles RC – Décharge

(Étude de la décharge d'un condensateur d'un dipôle RC)



. Liste des composants :

- . 1 condensateur de 100 μF (C chimique : **attention à la polarité**)
- . 2 résistances de 10 $\text{k}\Omega$ (résistance du circuit du bouton poussoir et du dipôle RC)
- . 1 bouton poussoir
- . 1 plaque d'essais
- . Fils de connexion

. Objectif

L'objectif de l'activité est de suivre l'évolution temporelle de la tension aux bornes du condensateur lors de sa décharge, afin de vérifier la relation :

$$u_C(t) = E \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

. Descriptif de l'activité

Après avoir chargé le condensateur, la mesure de la tension aux bornes du condensateur U_C , lors de la décharge, à l'aide de l'entrée analogique A0 est lancée, à $t=0\text{s}$, par un appui sur le bouton poussoir.

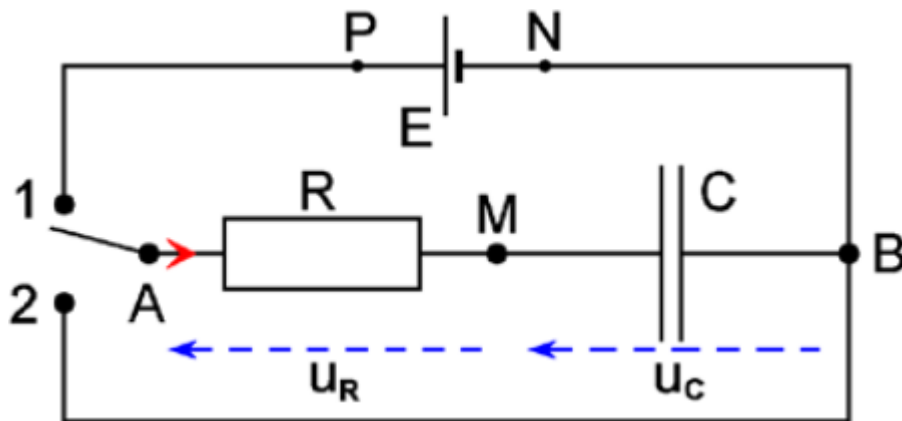
La valeur de la tension en V est affichée dans le moniteur série toutes les 100 ms.

Les mesures sont arrêtées en appuyant sur le bouton poussoir. Le condensateur est alors chargé afin de pouvoir effectuer de nouvelles mesures en appuyant de nouveau sur le bouton poussoir.

Il est donc possible d'acquérir des couples de données (t, U_c) afin de vérifier la relation $U_c=f(t)$ théorique.

. Rappel: Le dipôle RC

Un dipôle RC est l'association en série d'un conducteur ohmique de résistance R et d'un condensateur de capacité C , comme dans le schéma ci-dessous :



- Décharge du condensateur dans une résistance

Le condensateur étant chargé, on bascule, à l'instant $t=0$, l'interrupteur en position 2.

A chaque instant $t > 0$, on a : $V_A - V_B = u_R(t) + u_C(t) = R.i(t) + u_C(t) = 0$

On a $i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$ et $q(t) = C.u_C(t)$ donc $i(t) = C.\frac{du_C(t)}{dt}$ soit $R.C.\frac{du_C(t)}{dt} + u_C(t) = 0$

D'où l'équation :

$$\frac{du_C(t)}{dt} + \frac{1}{R.C}.u_C(t) = 0$$

On dit que $u_C(t)$ satisfait à une équation différentielle homogène du premier ordre.

Avec $q(t) = C.u_C(t)$, on a

$$\frac{dq(t)}{dt} + \frac{1}{R.C}.q(t) = 0$$

À $t = 0$, le condensateur est chargé $q(0) = C.u_C(0) = C.E$, on en déduit : $\left. \frac{du_C}{dt} \right|_{t=0} = -\frac{E}{R.C}$

On a donc un point de la courbe représentative de $u_C(t)$: $(0 ; E)$ ainsi que la valeur de la pente de la tangente à cette courbe à l'origine des dates.

Au bout d'un temps assez long ($t = \infty$) on peut considérer que le condensateur est déchargé et qu'il ne passe plus de charge dans le circuit : $\left. \frac{dq}{dt} \right|_{t=\infty} = C. \left. \frac{du_C}{dt} \right|_{t=\infty} = 0$ donc

$$\left. \frac{du_C}{dt} \right|_{t=\infty} = 0 \text{ et } u_C(\infty) = 0.$$

La courbe représentative de $u_C(t)$ tend vers 0 qui représente une asymptote avec une pente nulle. La courbe tend exponentiellement vers 0.

Les solutions de l'équation différentielle sont de la forme :

$u_C(t) = A.e^{-m.t} + B$ où $m > 0$, m et B constantes d'intégration, A constante non définie.

Introduisons cette expression dans l'équation : $\frac{d(A.e^{-m.t} + B)}{dt} + \frac{1}{R.C}.(A.e^{-m.t} + B) = 0$

$$\text{D'où : } -m.A.e^{-m.t} + \frac{A}{R.C}.e^{-m.t} + \frac{B}{R.C} = 0$$

Cette équation doit être vérifiée à chaque instant, on en déduit : $B = 0$

$$\text{D'où : } -m.A.e^{-m.t} + \frac{A}{R.C}.e^{-m.t} = 0 \text{ et } m = \frac{1}{R.C}$$

La solution générale de l'équation différentielle s'écrit : $u_C(t) = A.e^{-\frac{t}{R.C}}$

Là encore A est une constante qui dépend des conditions initiales.

Ici, à $t = 0$, le condensateur est chargé, donc : $u_C(0) = E = A.e^{-0}$ d'où $A = E$

Compte tenu des conditions initiales imposées par l'expérience, la solution est :

$$u_C(t) = E.e^{-\frac{t}{R.C}}$$

En appliquant les relations : $q(t) = C.u_C(t)$ et $i(t) = C. \frac{du_C(t)}{dt}$

$$\text{On a : } q(t) = C.E. e^{-\frac{t}{R.C}} \text{ et } i(t) = -\frac{E}{R}.e^{-\frac{t}{R.C}}$$

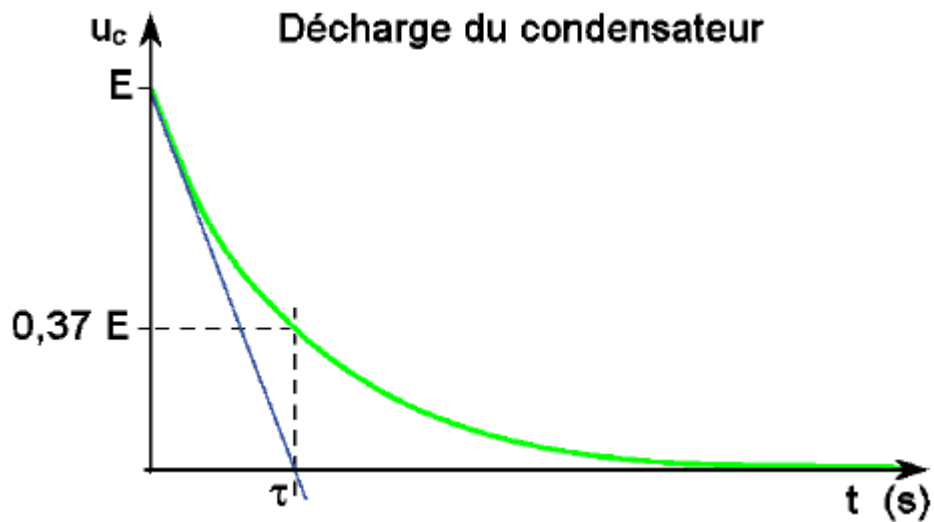
Au bout d'un temps long : $q(\infty) = 0$ le condensateur est déchargé

Et : $i(\infty) = 0$ il n'y a plus de courant

- Constante de temps du dipôle RC

. Lors de la décharge :

$$u_C(t) = E \cdot e^{-\frac{t}{R.C}}$$



La tangente à la courbe, à $t=0s$, coupe l'asymptote $y=0$ au point d'abscisse $t = \tau$.

En effet, la tangente à la courbe représentative de $u_C(t)$, à $t = 0 \text{ s}$, a pour équation :

$$y = E + \left. \frac{d[u_C(t)]}{dt} \right)_{t=0} \cdot t = E - \frac{E}{R.C} \cdot t$$

Si $t = \tau = R.C$, on a alors : $y = 0$

On a également :

$$u_C(\tau) = E \cdot e^{-1} \approx 0,37 \cdot E$$

Par lecture graphique de l'abscisse du point de la courbe dont l'ordonnée est égale à $0,37 \cdot E$, on obtient la valeur de τ .

. Le programme

Voici le code de l'activité :

Dipoles_RC_Decharge

```
// Déclaration des constantes et variables

const int PinUC = 0;
const int PinButton = 12;
const int PinAlimC = 2;

int ValPinUC = 0;
float UC = 0.0;
unsigned long t0;
float dt;

int ValButton = 0;
int OldValButton = 0;
int State = 0;
int OldState = 0;

// Déclaration de fonctions

void charge(){
    digitalWrite(PinAlimC, HIGH);
    Serial.println("Charge du condensateur");
    while (analogRead(PinUC) < 4.99) {
        delay(200);
    }
    Serial.println("Condensateur charge");
}

// Initialisation des entrées et sorties

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    pinMode(PinButton, INPUT);
    pinMode(PinAlimC, OUTPUT);
    charge();
    Serial.println("Appuyez sur le bouton poussoir pour commencer les mesures.");
}
```

```

// Fonction principale en boucle

void loop() {
  ValButton = digitalRead(PinButton);
  delay(10);

  if ((ValButton == HIGH) && (OldValButton == LOW))
  {
    State=1-State;
  }
  OldValButton = ValButton;

  if (State==1)
  {
    if (OldState == 0)
    {
      Serial.println("Decharge du condensateur en cours.");
      Serial.println("");
      Serial.println ("Temps (S);Uc (V):");
      t0 = micros();
      digitalWrite(PinAlimC, 0);
      OldState=1;
    }
    ValPinUC = analogRead(PinUC);
    UC = (ValPinUC/1023.0)*5.0;
    dt = (micros() - t0)* 1e-6;
    Serial.print(dt,2);
    Serial.print(";");
    Serial.println(UC,2);

    delay(100);
  }
  else
  {
    if (OldState == 1){
      Serial.println("Fin des mesures.");
      charge();
      OldState = 0;}
  }
}

```

Déroulement du programme :

- 1. Déclaration des constantes et variables :

Idem Activité "Dipôle RC - Charge du condensateur"

- 2. Déclaration de fonctions :

→ Fonction permettant de charger le condensateur :

- Mise à niveau haut de la broche d'alimentation du dipôle RC :

digitalWrite(PinAlimC, LOW)

- Attente de la fin de la charge du condensateur :

while (analogRead(PinUC) < 4.99))

- 3. Initialisation des entrées et sorties :

. Initialisation de la liaison série à un débit de 9600 bauds,

. Initialisation de la broche du bouton poussoir en entrée,

. Initialisation de la broche d'alimentation du dipôle RC en sortie,

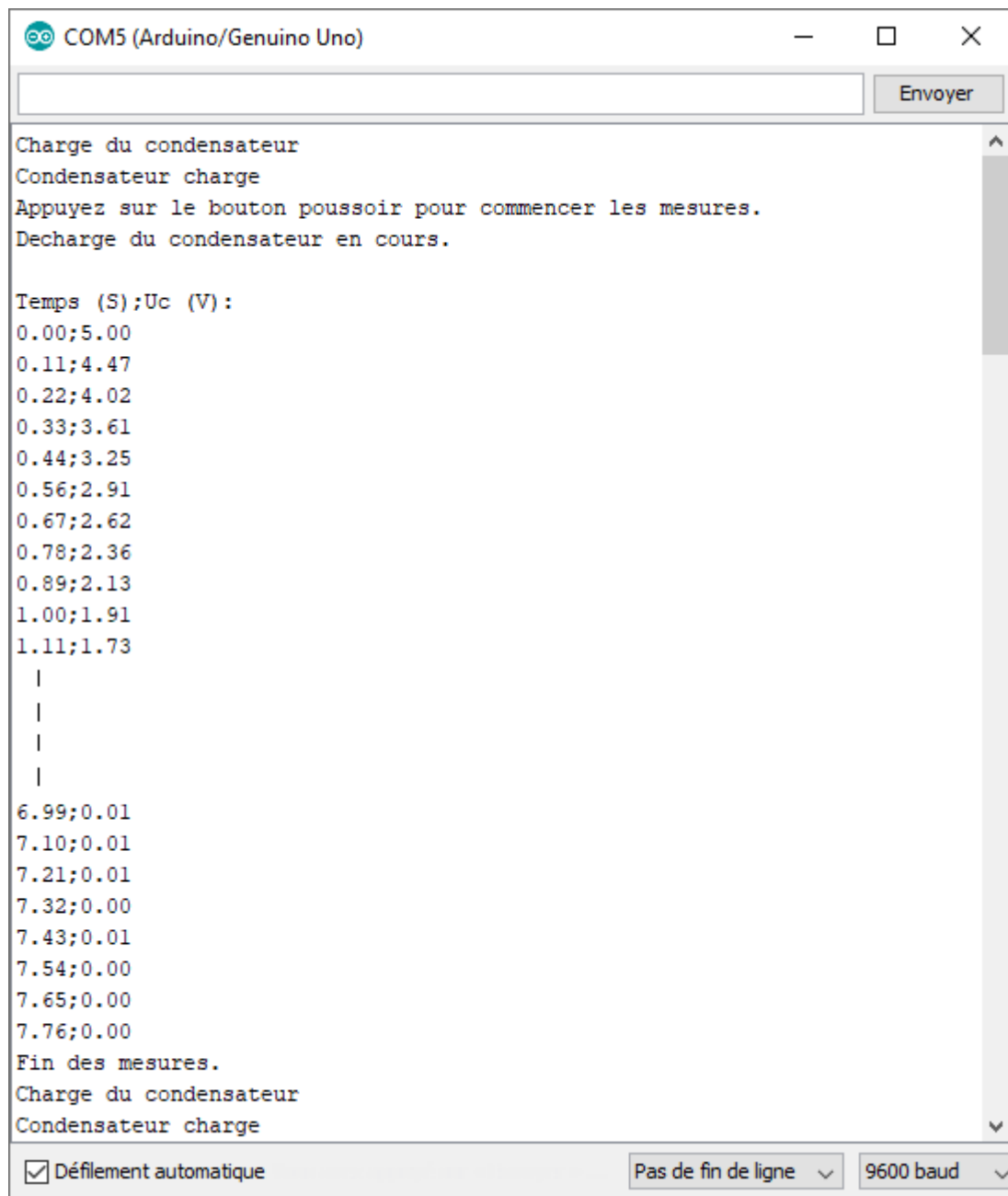
. Charge du condensateur.

- 4. Fonction principale en boucle :

Idem Activité "Dipôle RC - Charge du condensateur", excepté le fait que la broche d'alimentation du condensateur soit mise à un niveau bas pour pouvoir décharger le condensateur.

Et à la fin des mesures, le condensateur est rechargé, afin de pouvoir renouveler l'expérience.

Résultats dans le moniteur série :



The screenshot shows the 'COM5 (Arduino/Genuino Uno)' serial monitor window. The text displayed is as follows:

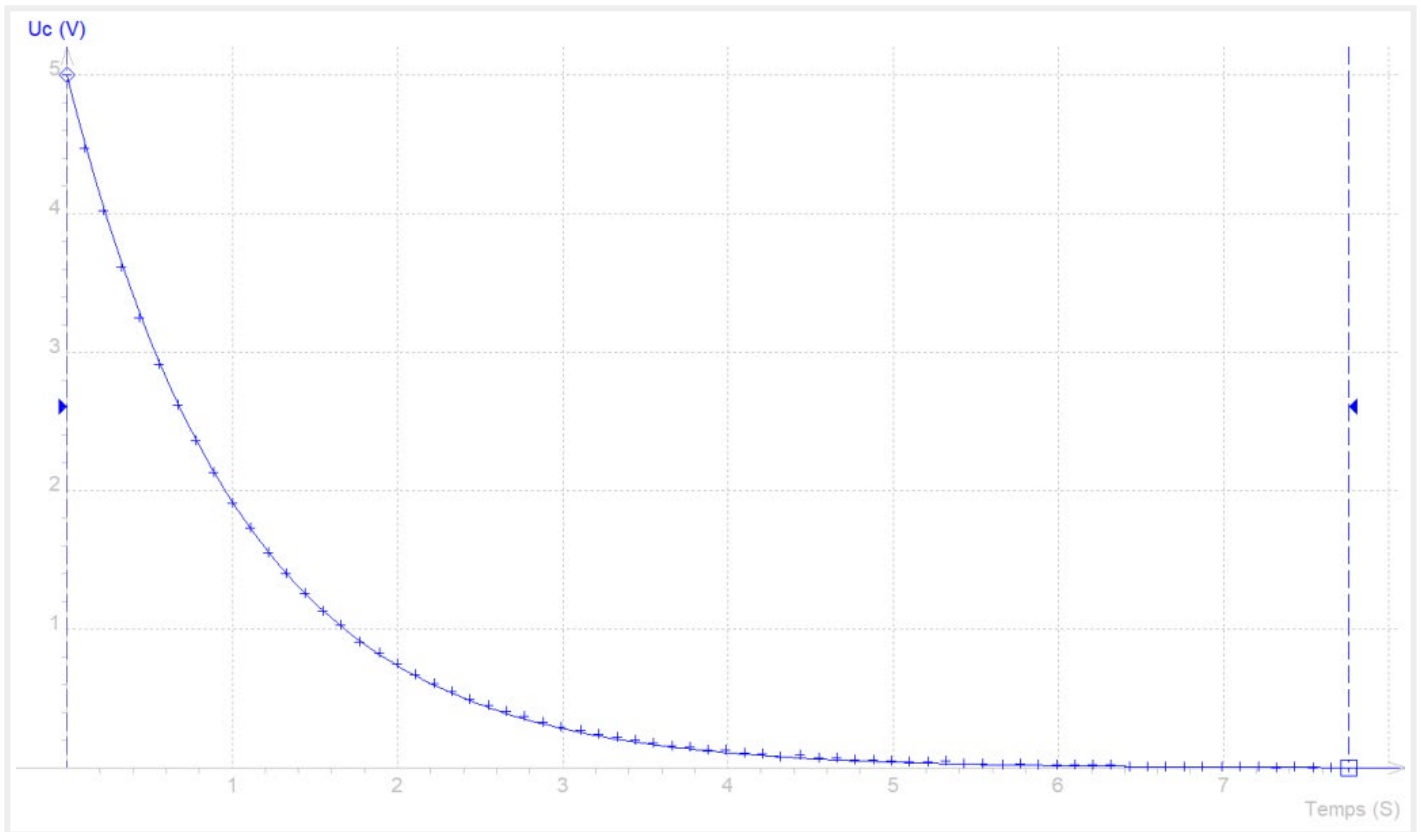
```
Charge du condensateur
Condensateur charge
Appuyez sur le bouton poussoir pour commencer les mesures.
Decharge du condensateur en cours.

Temps (S);Uc (V):
0.00;5.00
0.11;4.47
0.22;4.02
0.33;3.61
0.44;3.25
0.56;2.91
0.67;2.62
0.78;2.36
0.89;2.13
1.00;1.91
1.11;1.73
|
|
|
|
6.99;0.01
7.10;0.01
7.21;0.01
7.32;0.00
7.43;0.01
7.54;0.00
7.65;0.00
7.76;0.00
Fin des mesures.
Charge du condensateur
Condensateur charge
```

At the bottom of the window, the settings are: ☒ Défilement automatique, Pas de fin de ligne, and 9600 baud.

. Exploitation des mesures

De même que pour l'activité "Dipôle RC - Charge du condensateur", on utilise Regressi pour effectuer la modélisation de la représentation graphique de $U_c=f(t)$:



Expression du modèle	Résultats de la modélisation
$U_c(\text{Temps})=5*\exp(-\text{Temps}/\text{tau})$	Ecart expérience-modèle 0,89 % sur $U_c(\text{Temps})$ Ecart quad. $U_c=12,1$ mV $\text{tau}=1,045 \pm 0,003$

Par la modélisation, la détermination de τ donne également une valeur très proche de la valeur théorique.

On peut également déterminer τ à l'aide de la tangente à l'origine ou par la mesure du temps pour lequel le condensateur est déchargé à 37 % ($0,37 \times 5 = 1,85$ V):

