

Thème 4 : Ondes et signaux

Partie 3. Etudier la dynamique d'un système électrique

CHAP 22-ACT EXP Condensateur-dipôle RC

Objectifs :

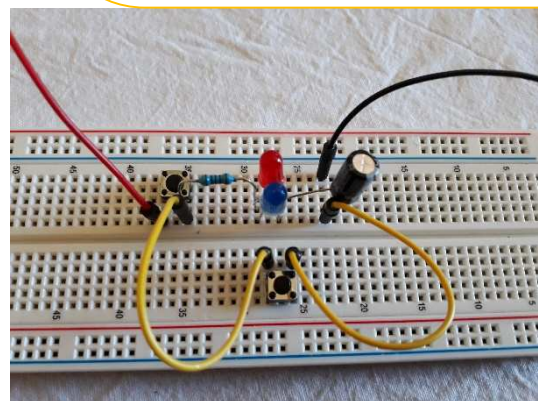
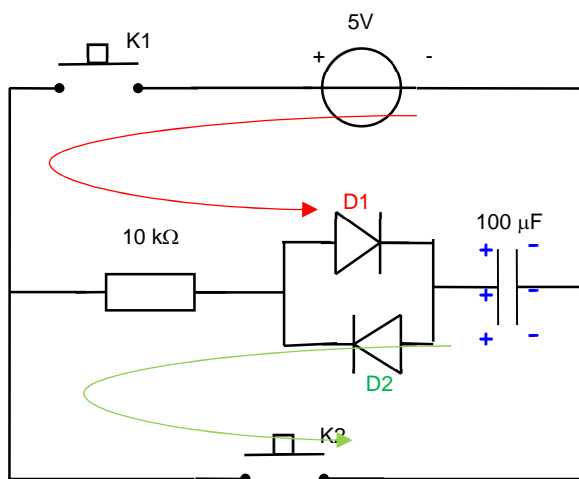
- Identifier et tester le comportement capacitif d'un dipôle
- Illustrer qualitativement l'effet de la géométrie d'un condensateur sur la valeur de sa capacité
- Etudier la réponse d'un dispositif modélisé par un dipôle RC
- Déterminer le temps caractéristique d'un dipôle RC

I/ LE CONDENSATEUR

Un condensateur est composé de deux armatures conductrices séparées par un isolant. Le comportement capacitif d'un condensateur, c'est-à-dire son aptitude à accumuler des charges électriques sur ses armatures, est caractérisé par sa capacité, exprimée en farads (F).

1) Mise en évidence du comportement capacitif

➤ Réaliser le circuit suivant :



Matériel disponible :

- Condensateurs 10 et 100 μF
- Conducteurs ohmiques 1 et 10 $\text{k}\Omega$
- 2 LEDS (1 rouge, 1 verte)
- 2 interrupteurs poussoirs
- Alimentation 5V (ARDUINO)
- Microcontrôleur avec script de mesure de la capacité
- Fils électriques
- 2 condensateurs maison de superficies 10 x10 cm et 5x10 cm
- Feuilles isolantes de différents

a) En observant les LED, fermer l'interrupteur K1. Décrire vos observations.

La LED rouge s'allume de façon transitoire puis s'éteint.

b) Ouvrir l'interrupteur K1 puis fermer l'interrupteur K2. Décrire vos observations.

La LED verte s'allume de façon transitoire puis s'éteint.

c) Interpréter les observations en termes de comportement capacitif.

- **Qd on ferme K1, i circule dans la maille supérieure (du + vers le- à l'extérieur du générateur), le condensateur se charge. C'est un régime transitoire : quand le condo est chargé, $i = 0$.**
- **Qd on ferme K2, i circule dans la maille du bas, le condensateur se décharge. C'est un régime transitoire : quand le condo est déchargé, $i = 0$.**

2) Influence de la géométrie du condensateur sur la valeur de la capacité

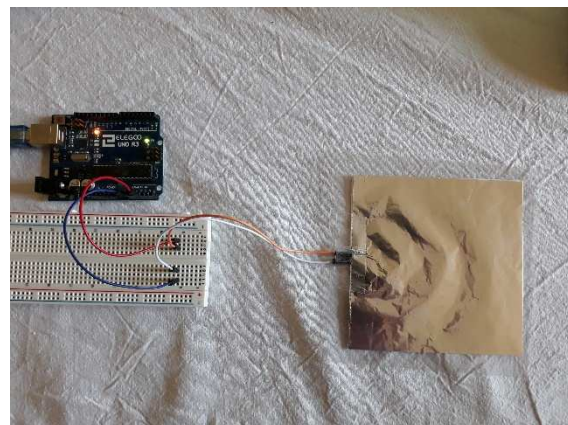
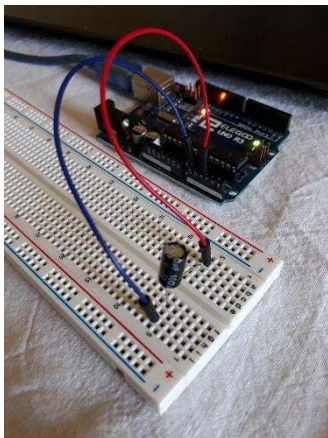
On peut réaliser un condensateur « maison » en collant deux feuilles de papier d'aluminium sur les 2 faces d'un morceau de plastique fin comme celui d'une pochette plastique.

a) A l'aide du dispositif de mesure de capacités et du matériel à votre disposition, proposer un protocole permettant d'évaluer comment varie la valeur de la capacité lorsque :

- On divise par deux la surface des armatures : **la capacité est divisée par 2**
10x10cm : C = 600 μ F
5x10cm : C = 300 μ F
- On double la distance entre les 2 armatures : **la capacité est divisée par 2**
10x10 cm avec 1 épaisseur de film plastique: C = 600 μ F
10x10 cm avec 2 épaisseurs de film plastique: C = 300 μ F
- On insère entre les armatures différents isolants
- **10x10 cm avec 2 épaisseurs de film plastique: C = 300 μ F**
10x10 cm avec 2 épaisseurs de plastique + papier: C = μ F

Protocole de mesure de la capacité à l'aide du microcontrôleur ARDUINO :

- Brancher le condensateur dont on veut mesurer la capacité sur les entrées A0 et A2 du microcontrôleur relié à l'ordinateur.
- Ouvrir le fichier « mesure-capacite.ino » et téléverser le programme vers le microcontrôleur.
- La lecture de la capacité se fait sur le moniteur série accessible depuis les outils.



b) Réaliser les expériences et noter vos observations.

c) A l'aide de vos résultats, justifier que la capacité d'un condensateur plan ayant deux armatures de superficie S séparées d'une distance ℓ peut s'écrire :

$$C = \frac{\epsilon S}{\ell}$$

Que représente ϵ ? Quel est son unité ?

La capacité C est proportionnelle à la surface plane S des armatures

La capacité C est inversement proportionnelle à la distance ℓ entre les armatures

La capacité C dépend de la nature de l'isolant.

ϵ représente la permittivité diélectrique de l'isolant en $F.m^{-1}$

II/ CHARGE ET DECHARGE DU CONDENSATEUR : LE DIPOLE RC

Soumis à une tension électrique, le condensateur se charge. Il se décharge si ses bornes sont reliés à un conducteur ohmique. Dans les 2 cas, on parle de régime transitoire : la tension aux bornes du condensateur et l'intensité du courant dans cette association appelée « dipôle RC » varient au cours du temps.

1) Etude de la tension aux bornes d'un condensateur lors de la charge

1.1) Montage

1.2) Acquisition de U_c lors de la charge

a) Calculer la constante de temps théorique $\tau = R.C$ du circuit, exprimer le résultat en ms.

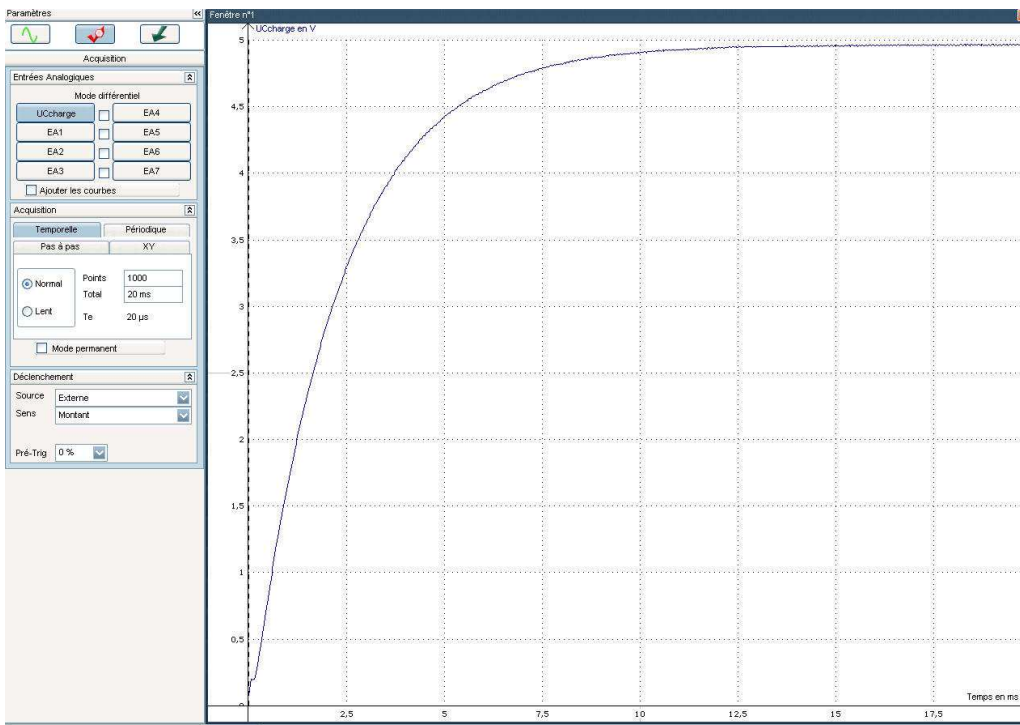
$$\tau = R.C = 2,2 \text{ ms}$$

b) En sachant qu'au bout de $5.\tau$, le condensateur est chargé à plus de 99 %, calculer ce temps

$$t = 5.2,2 = 11 \text{ ms}$$

- Adapter l'ordonnée aux mesures

entre 0 et 5 V



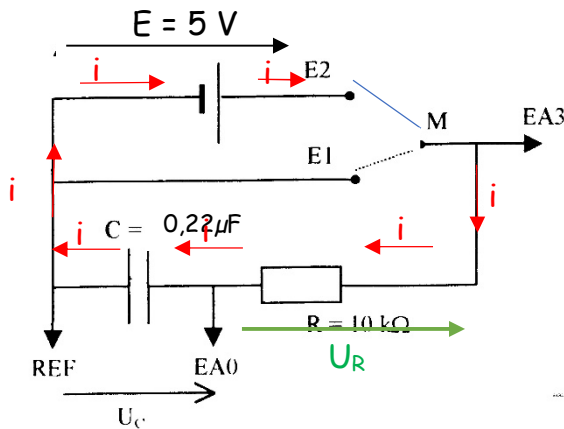
1.3) Modélisation de U_c lors de la charge

$$c) U_{charge} = A * (1 - \exp(-(\text{Temps} - \Delta) / \tau)) + V_0$$

$$U_{charge} = 5,173 * (1 - \exp(-(\text{Temps} + 31,025E-6) / 0,002)) - 0,204$$

2) Equations différentielles

2.1) Reproduire sur votre rapport, le schéma du **1.1**), puis, mettre le sens du courant quand le condensateur se charge (interrupteur sur E2)



2.2) A l'aide

$$+\frac{1}{R} \cdot U_C - \frac{1}{R} \cdot E = 0$$

$$\text{On a } E - R \cdot i - U_C = 0$$

$$\text{D'où : } -R \cdot i - U_C + E = 0$$

$$\text{D'où : } R \cdot i + U_C - E = 0$$

$$\text{D'où : } i + \frac{1}{R} \cdot U_C - \frac{1}{R} \cdot E = 0$$

de la loi d'additivité des tensions, montrer que : i

2.3) Ecrire la relation entre i et la dérivée par rapport au temps de la tension aux bornes du condensateur (U_C) ?

$$i = C \cdot \frac{dU_C}{dt}$$

2.4) Ecrire l'équation différentielle de charge pour la tension aux bornes du condensateur

$$\frac{dU_C}{dt} + \frac{1}{RC} U_C - \frac{E}{RC} = 0$$

2.5) a) Montrer que $U_C = E \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ est solution de l'équation différentielle. Avec $\tau = R \cdot C$ la constante de temps.

$$\frac{dU_C}{dt} = \frac{E}{RC} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

d'où : si on remplace l'expression dans l'équa diff

$$\frac{E}{RC} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{1}{RC} \cdot E \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) - \frac{E}{RC} = \frac{E}{RC} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} - \frac{E}{RC} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{E}{RC} - \frac{E}{RC} = 0$$

b) Que vaut U_C à $t = 0$?

$$U_C = E \cdot (1 - e^{-\frac{0}{\tau}}) = E \cdot (1 - 1) = 0$$

2.6) Trouver que la solution de l'équation différentielle de l'intensité du courant i ,

s'écrit : $i = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$ Avec I_0 une constante que vous exprimerez puis que vous calculerez en μA

$$i = C \cdot \frac{dU_C}{dt} = C \cdot \frac{E}{RC} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{E}{R} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\text{avec } I_0 = \frac{E}{R}$$

$$\text{A.N. } I_0 = \frac{E}{R} = \frac{5}{10000} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ A} = 500 \mu A$$

3) Etude de l'intensité aux bornes d'un condensateur lors de la charge

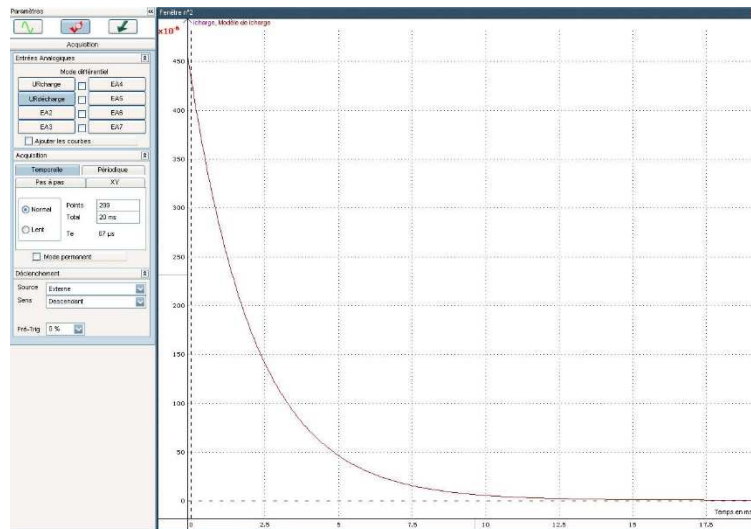
1) Acquisition de i lors de la charge

a) Quelle est la tension que vous allez mesurer ?

U_R

b) Pourquoi peut on dire que cette tension est proportionnelle à l'intensité du courant dans le circuit ?

cette tension est proportionnelle à l'intensité du courant dans le circuit car : $U_R = R.i$ avec R une constante



2) Modélisation de l'intensité du courant lors de la charge

Question :

- Justifier la création de $i_{charge} = U_{Rcharge}/10000$

On a la loi d'ohm : $U_R = R.i$

donc ici comme $R = 10000 \Omega$

On a $i_{charge} = U_{Rcharge}/10000$

c) Modélisation de i

Questions

1) Noter sur votre rapport le modèle choisi

$$i_{charge} = A * \exp(-(\text{Temps} - \Delta) / \tau) + V_0$$

2) Trouver la valeur de I_0 . (Intensité dans le circuit à $t = 0$) Justifier votre démarche.

$$I_0 = 4,31 \cdot 10^{-4} \text{ A} = 431 \mu\text{A}$$

On trouve la valeur à l'aide du modèle à $t = 0$

3) Comparer I_0 à la valeur théorique (I_0 théorique à été exprimée dans le 2. 6)), conclusion ? I_0 Quasi pareil :

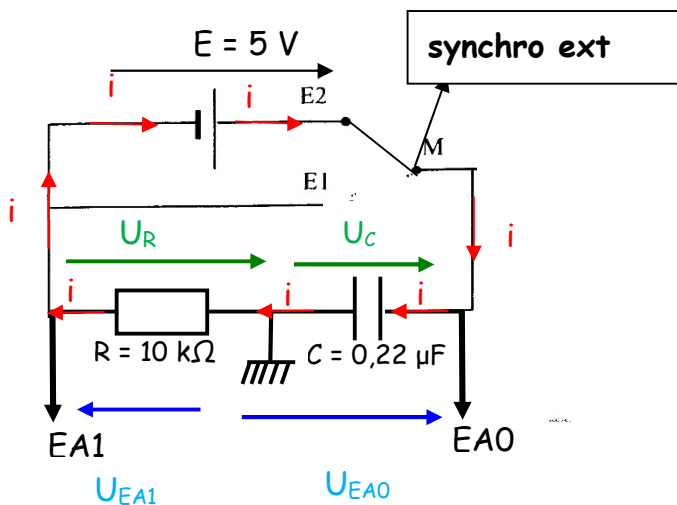
500 μA en théorie

4. Visualisation de la tension aux bornes du condensateur u_c et de l'intensité dans le circuit i à la décharge

4.1) Connexions du montage à l'interface

a) Mettre sur le schéma ci-dessus :

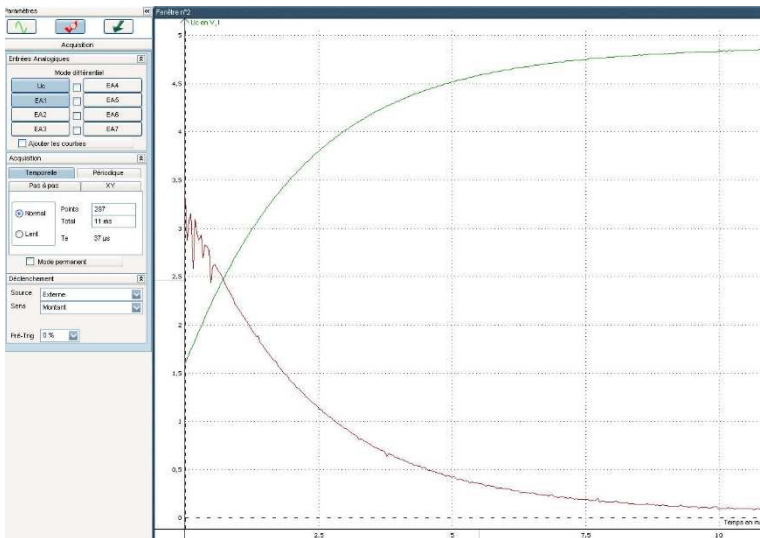
- **En rouge** : Le sens du courant électrique i ,
- **En vert** : Le sens des tensions aux bornes du condensateur (U_c) et de la résistance (U_R)
- **En bleu** : Le sens des tensions aux bornes du capteur (U_{EA0} et U_{EA1}) ; voir l'aide ci-dessous



4.2) Acquisition de U_c et de i quand le condensateur se charge

protocole exp

- Dans déclenchement, choisir : source externe, sens montant
- Renommer la voie EA0 en U_c
- Ne renommer pas la voie EA1
- Il faut basculer l'interrupteur de la position E1 à la position E2
- Créer une 2^{ème} courbe $i = -EA1$
- Visualiser dans une 2^{ème} fenêtre U_c et i en fonction du temps



4.3) Acquisition de U_c et de i quand le condensateur se décharge

protocole exp

- Dans déclenchement, choisir : source externe, sens descendant
- Renommer la voie EA0 en U_c
- Ne renommer pas la voie EA1
- Il faut basculer l'interrupteur de la position E2 à la position E1
- Créer une 2^{ème} courbe $i = -EA1$
- Visualiser dans une 2^{ème} fenêtre U_c et i en fonction du temps

