

Thème 4 : Ondes et signaux

Partie 3. Etudier la dynamique d'un système électrique

CHAP 22-ACT EXP Condensateur-dipôle RC

Objectifs :

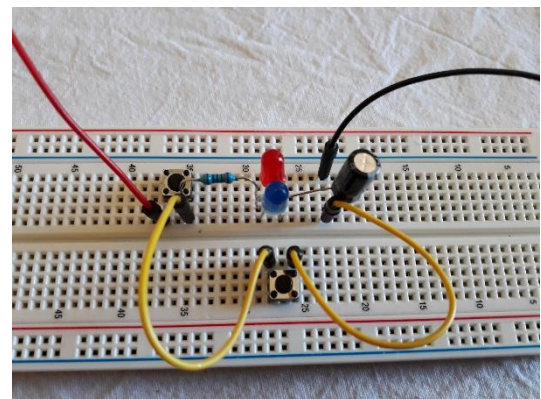
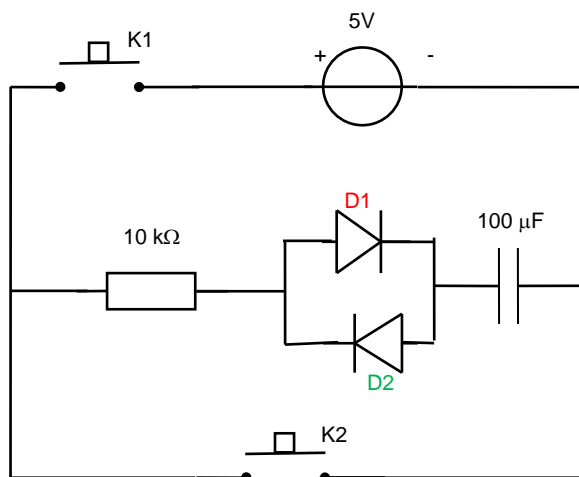
- Identifier et tester le comportement capacitif d'un dipôle
- Illustrer qualitativement l'effet de la géométrie d'un condensateur sur la valeur de sa capacité
- Etudier la réponse d'un dispositif modélisé par un dipôle RC
- Déterminer le temps caractéristique d'un dipôle RC

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
- 1 Conducteur ohmique de 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 matériaux (plastique, papier)

- a) En observant les LED, fermer l'interrupteur K1. Décrire vos observations.
- b) Ouvrir l'interrupteur K1 puis fermer l'interrupteur K2. Décrire vos observations.
- c) Interpréter les observations en termes de comportement capacitif.

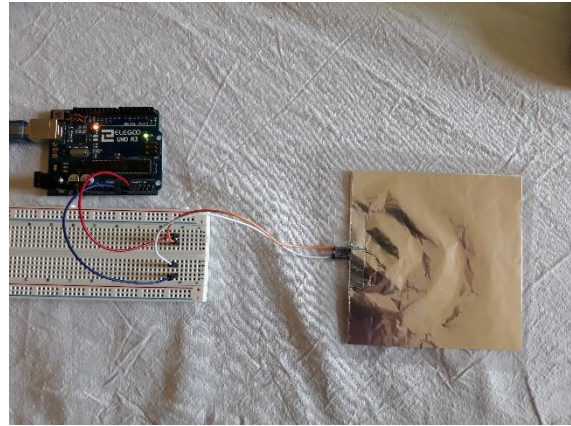
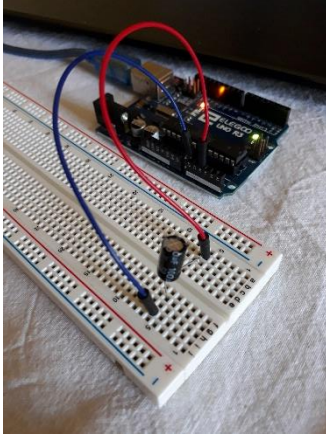
2) Influence de la géométrie du condensateur sur la valeur de la capacité

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
 - On double la distance entre les 2 armatures
 - On insère entre les armatures différents isolants

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 ?

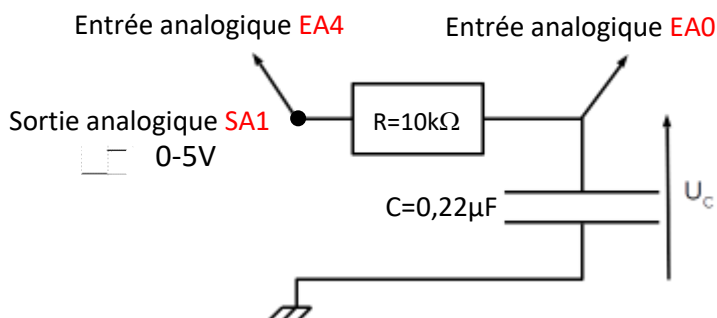
II/ CHARGE ET DECHARGE DU CONDENSATEUR : LE DIPOLE RC

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) Mesure de la tension aux bornes d'un condensateur lors d'un cycle charge/décharge

1.1. Montage

- Réaliser le montage ci-dessous :



- L'alimentation crêteau 0-5V est celle de l'interface sysam : On utilise la sortie **SA1** réglée comme indiquée ci-dessous.

- Les bornes **SA1**, **EA0** et  se trouvent sur l'interface Sysam SP5 (le frisbee)

- Toutes les bornes  sont équivalentes

- **Attention à la polarité éventuelle du condensateur : l'encoche doit regarder le + du générateur**

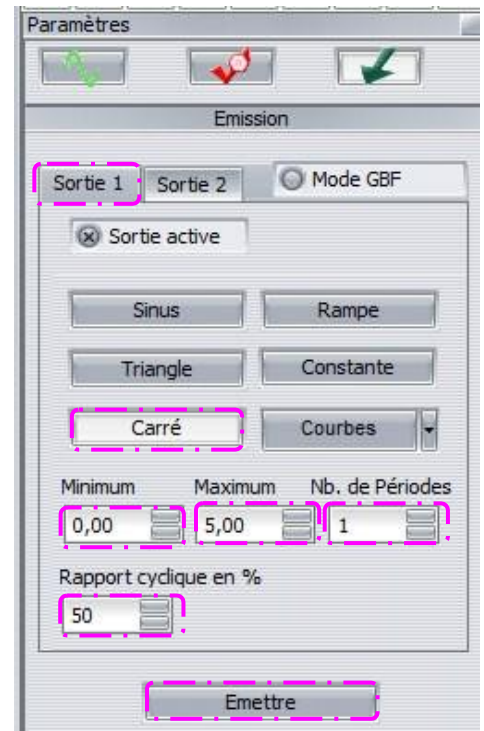
1.2 Réglage de l'alimentation : Mode GBF délivrant une tension créneau 0-5V

Ouvrir le logiciel d'acquisition de données « LatisPro »


- Cliquer sur le bouton  et activer la « Sortie 1 » correspondant à la sortie analogique SA1.



- Paramétrer la sortie SA1 du Mode GBF comme indiqué ci-contre : signal carré de 0 (minimum) à 5 V (maximum) pour 1 période avec un rapport cyclique de 50 % et cliquer sur le bouton « Emettre ».

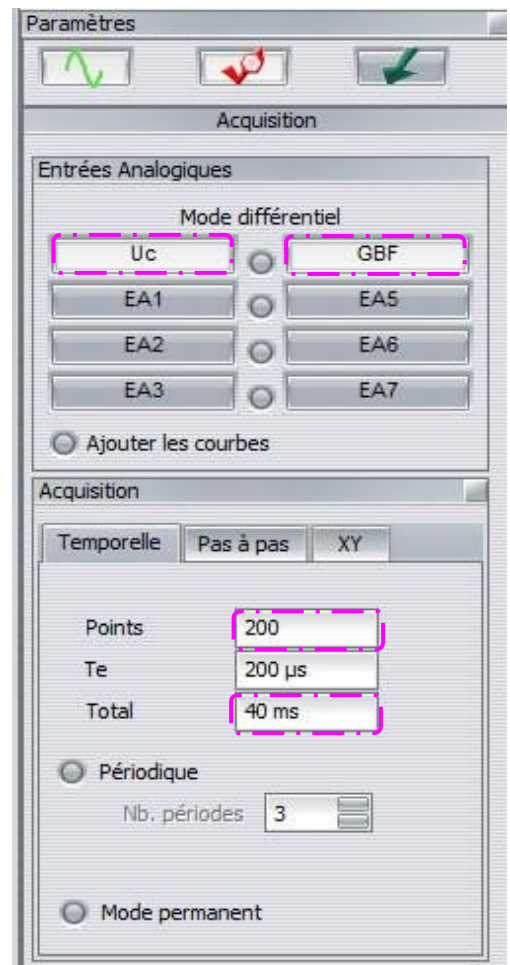


1.3 Réglage de l'acquisition : Uc sur l'entrée EA0 et GBF sur l'entrée EA4


- Revenir dans l'onglet de paramétrage de l'acquisition 
- Activer (clic gauche) les voies EA0 et EA4, et les renommer (clic droit puis « propriétés de la courbe ») respectivement Uc et GBF

- Paramétrer l'acquisition comme indiqué ci-contre :
Mode d'acquisition : temporelle
Nombre de points de mesure : 200 points
Durée totale d'acquisition : 40 ms

Rq : la durée T_e séparant chaque mesure s'adapte automatiquement

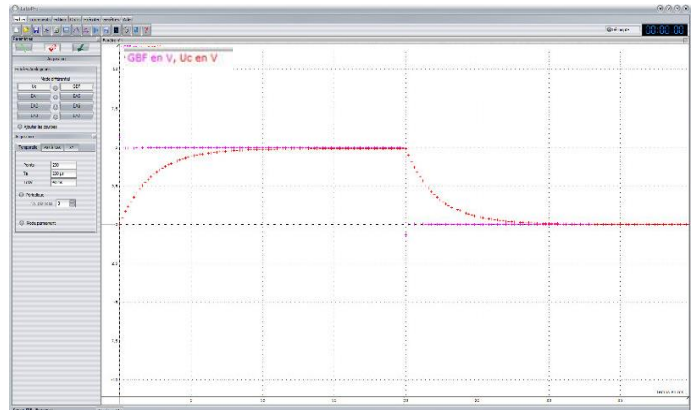


1.4 Acquisition de U_c lors de la charge et de la décharge

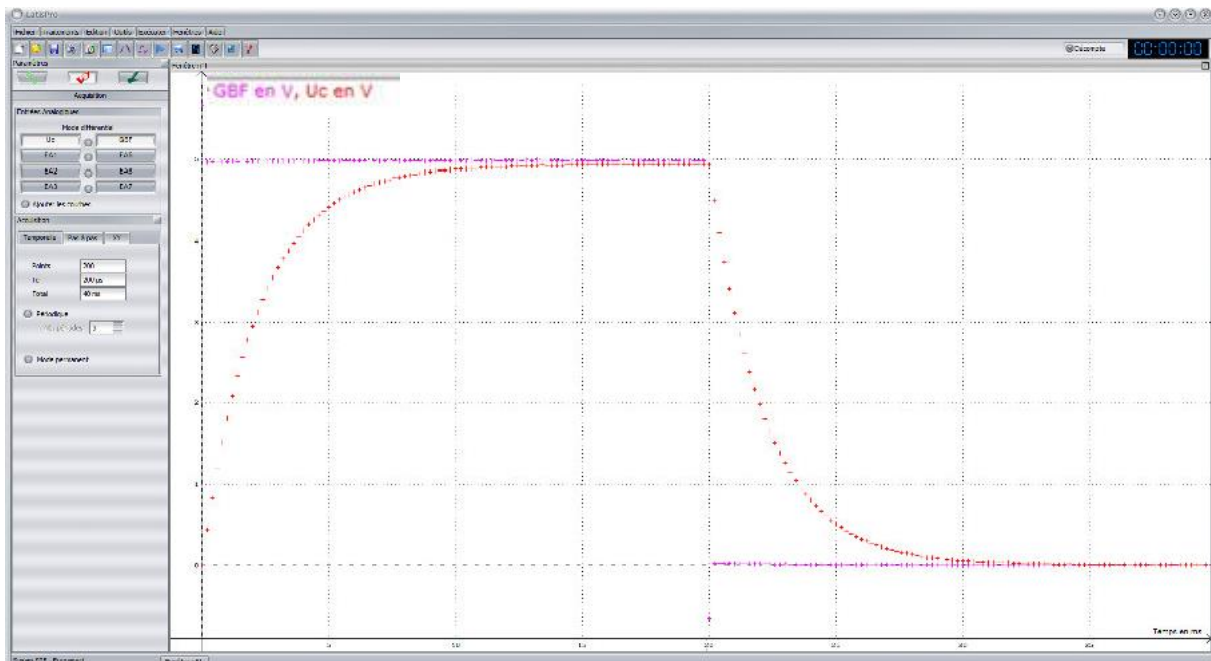
- Appuyer sur l'icône « Acquisition »,  ou alors sur la touche F10 du clavier pour lancer la mesure

Rq : S'il y a un problème, vous pouvez interrompre l'acquisition en appuyant sur la touche Echap du clavier, puis recommencer l'opération

- Les courbes représentant la tension d'alimentation et la tension U_c aux bornes du condensateur s'affichent sur l'écran



- Faire un clic droit sur la courbe puis « Calibrage » pour optimiser l'échelle.



2) Etude de la tension aux bornes du condensateur u_c lors de la charge

2.1. Détermination de la constante de temps

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

Le logiciel Latispro vous permet de tracer la tangente à la courbe en différents points.

- Faire un clic droit avec la souris, sélectionner tangente, placer la tangente à $t = 0$ s

b) Sélectionner le réticule et le positionner à l'intersection entre la tangente à l'origine et la tangente horizontale : lire la valeur de la constante de temps τ_{exp} en abscisse


c) Comparer τ_{exp} et $\tau_{théo}$. Conclusion ?

2.2. Modélisation de U_c lors de la charge


- Lancer la modélisation en suivant les indications ci-dessous :

- Appuyer sur l'icône  ou sur la touche F4 du clavier



Dans l'onglet  sélectionner la courbe et la glisser/déposer ici

Choisir le modèle

ATTENTION : penser à bien positionner les bornes  uniquement sur la partie de la courbe correspondant à la charge

Cliquer pour lancer la modélisation

Cliquer pour obtenir les résultats de la modélisation

Astuce : désactiver Δ et $V0$ et forcer leurs valeurs à zéro avant de recalculer le modèle

Nom	Valeur	Actif
A	4,975	<input checked="" type="checkbox"/>
Δ	0	<input type="checkbox"/>
τ	2,321E-3	<input checked="" type="checkbox"/>
V0	0	<input type="checkbox"/>

- Noter sur votre rapport le modèle choisi (copier le résultat dans le presse papier/clic droit/créer commentaire/coller)
- Retrouver la valeur de E puis de la constante de temps τ . Justifier votre démarche
- Comparer E et τ à la valeur théorique, conclusion ?

2.3. Equations différentielles lors de la charge

a) Reproduire sur votre rapport, le schéma équivalent du [1.1](#) lorsque le condensateur se charge (alimentation SA1 sur 5V), puis indiquer :

- **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)

b) A l'aide de la loi d'additivité des tensions, montrer que : $i + \frac{1}{R} \cdot U_c - \frac{1}{R} \cdot E = 0$

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

d) Retrouver l'équation différentielle de charge pour la tension aux bornes du condensateur

$$\frac{dU_c}{dt} + \frac{1}{RC} U_c - \frac{E}{RC} = 0$$

e) 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.

RAPPEL : Résolution d'une équation différentielle

Equation différentielle du 1 ^{er} ordre sans 2 ^{ème} membre : $y' = ay$	Solution : $y = K e^{at}$ où K est obtenue en prenant en compte les Conditions Initiales
Equation différentielle du 1 ^{er} ordre avec 2 ^{ème} membre : $y' = ay + b$	Solution : $y = K e^{at} - b/a$ où K est obtenue en prenant en compte les Conditions Initiales

- f) Que vaut U_c à $t = 0$?
 g) Que vaut U_c à $t = +\infty$?

h) EN OPTION A l'aide du c), 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 .

3) Etude de la tension aux bornes du condensateur u_c lors de la décharge

3.1. Détermination de la constante de temps

- a) A l'aide de Latis Pro et de la tangente à « l'origine », déterminer la constante de temps τ'_{exp} pour la décharge, justifier votre démarche
 b) Comparer τ'_{exp} pour la décharge à τ_{exp} pour la charge, conclusion ?
 c) Déterminer la constante de temps τ'_{exp} à l'aide d'une autre méthode, détailler votre démarche

3.2. Modélisation de U_c lors de la décharge

- a) Modéliser la tension aux bornes du condensateur lors de la décharge
 b) Noter sur votre rapport le modèle choisi
 c) Retrouver la valeur de E et de τ'_{exp} . Conclusion

3.3 Equations différentielles lors de la décharge

a) Reproduire sur votre rapport, le schéma équivalent du 1.1. lorsque le condensateur se décharge (alimentation sur 0V), puis indiquer :

- **En rouge** : Le sens du courant électrique i à la décharge,
- **En vert** : Le sens des tensions aux bornes du condensateur (U_c) et de la résistance (U_R)

b) A l'aide de la loi d'additivité des tensions, montrer que : $i + \frac{1}{R} \cdot U_c = 0$

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

d) Retrouver l'équation différentielle de décharge pour la tension aux bornes du condensateur

$$\frac{dU_c}{dt} + \frac{1}{RC} U_c = 0$$

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

- f) Que vaut U_c à $t = 0$?
 g) Que vaut U_c à $t = +\infty$?

h) EN OPTION A l'aide du c), 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 .