

TP 8 : Étude expérimentale du circuit RC

💡 **Compétences expérimentales exigibles du programme :**

- ✓ Utiliser un microcontrôleur
- ✓ Réaliser l'acquisition d'un régime transitoire pour un circuit linéaire du 1^{er} ordre et analyser ses caractéristiques



But du TP

Mettre en évidence le caractère capacitif d'un dipôle et étudier expérimentalement la réponse d'un circuit RC à un échelon de tension avec un microcontrôleur.

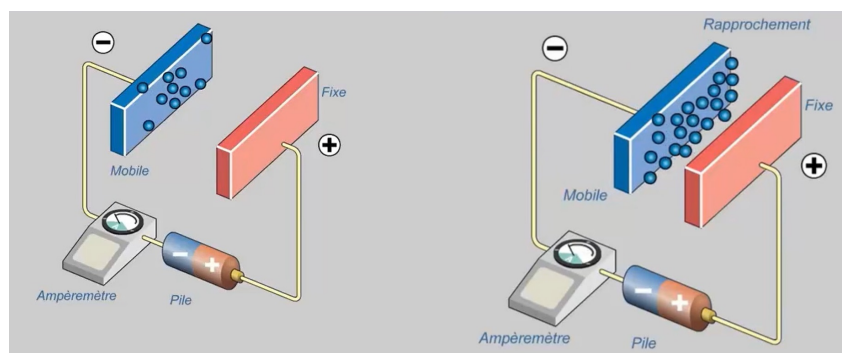
Matériel :

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> — 1 source de tension continue (6 V) — 1 DEL verte et 1 DEL rouge — 2 conducteurs ohmiques de résistances $R = 470\ \Omega$ et $R = 220\ \Omega$ — 1 condensateur de capacité $C = 2200\ \mu\text{F}$ — 1 interrupteur inverseur | <ul style="list-style-type: none"> — 1 plaque de câblage — 1 microcontrôleur arduino Uno et un ordinateur — 1 conducteur ohmique de résistance $R = 1\ \text{M}\Omega$ — 1 condensateur de capacité $C = 220\ \text{nF}$ — fils de connexion |
|---|---|

I Travail préparatoire 🏠

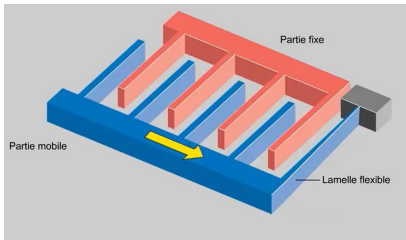
Regarder la vidéo du CEA sur le déclenchement d'un airbag disponible à l'adresse suivante : <https://www.cea.fr/multimedia/Pages/videos/culture-scientifique/technologies/airbag.aspx> puis répondre aux questions suivantes :

On considère tout d'abord 1 seul élément de détection (= 1 capacité variable) :



- Q1. Lors d'un choc, comment évolue la distance entre l'armature mobile et l'armature fixe de l'accéléromètre ? En déduire comment évolue la capacité du condensateur formé par les deux armatures.
- Q2. Sachant que la tension aux bornes d'un accéléromètre est constante, donner l'évolution de la charge q sur l'armature positive quand les deux armatures se rapprochent.
- Q3. Lors d'un choc, ce n'est pas la variation de la charge qui est détectée, c'est la présence ou l'absence de courant dans le circuit. Préciser le sens de ce courant :
 - (a) quand les armatures se rapprochent lune de l'autre.
 - (b) quand les armatures s'éloignent l'une de l'autre.

On considère un ensemble de deux éléments de détection (= 2 capacités variables formant un capteur capacitif différentiel) :



Principe de fonctionnement d'un capteur capacitif différentiel

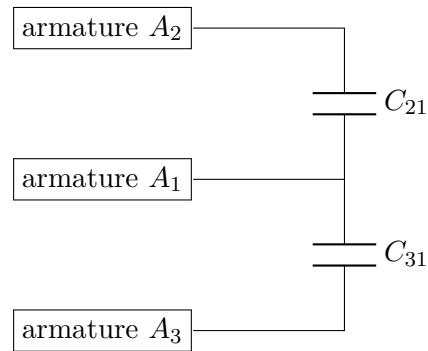


Schéma électrique modélisant un capteur capacitif différentiel

- Q4. Pourquoi dans cette configuration y a-t-il variation de deux capacités lorsque la partie mobile se déplace ?
- Q5. Sur le schéma ci-dessous, on appelle C_{21} la capacité du condensateur formé par les armatures 1 et 2, et C_{31} la capacité du condensateur formé par les armatures 1 et 3. Montrer que lorsque l'armature A se déplace d'une distance d vers l'armature 2, on a :

$$C_{21} = \frac{C_0}{1 - d/D} \quad \text{et} \quad C_{31} = \frac{C_0}{1 + d/D}$$

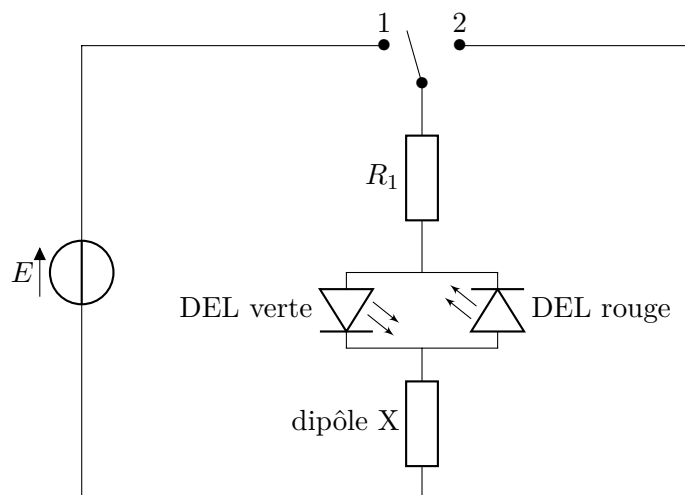
avec C_0 = capacité des condensateurs lorsque l'armature A est à égale distance des armatures 2 et 3.

II Mise en évidence du comportement capacitif

🔧 Protocole 1

Le montage représenté ci-contre sera utilisé dans 2 expériences en modifiant la nature du dipôle X :

avec $R_1 = 470 \Omega$ et $E = 6 \text{ V}$



Expérience 1 : Le dipôle X est un conducteur ohmique de résistance $R_2 = 220 \Omega$.

- Réaliser le montage avec l'interrupteur en position 1 et le générateur éteint.
- Faire vérifier le montage par le professeur.
- Mettre en marche le générateur et observer, puis basculer l'interrupteur en position 2 et observer.

Expérience 2 : Le dipôle X est un condensateur de capacité $C = 2200 \mu\text{F}$.

- Réaliser le montage avec l'interrupteur en position 1 et le générateur éteint.
- Faire vérifier le montage par le professeur.
- Mettre en marche le générateur et observer, puis basculer l'interrupteur en position 2 et observer.

- Q6. Noter vos observations pour les 2 expériences.

- Q7. En quoi ces expériences montrent-elles que le condensateur a libéré des charges électriques dans le circuit lors du basculement de l'interrupteur de la position 1 vers la position 2 ?
- Q8. Que peut-on dire du sens du courant transitoire lors de la décharge par rapport à celui observé lors de la charge ? Répondre à partir des observations.
- Q9. Dans chaque expérience, déterminer la valeur de l'intensité i du courant lorsque le régime permanent est atteint. Est-ce cohérent avec les observations ?

III Étude de la réponse d'un circuit RC à un échelon de tension



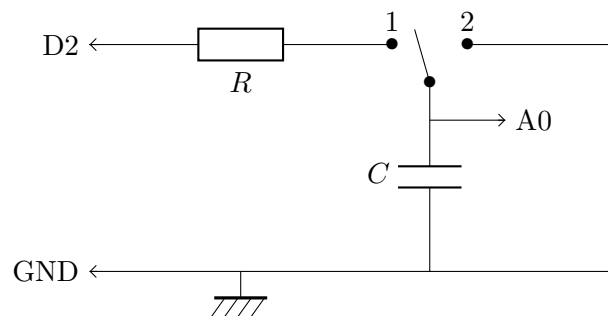
Document 1 : Qu'est-ce qu'une carte Arduino Uno ?



- Une carte Arduino Uno est une petite carte électronique équipée d'un microcontrôleur. Dans cette expérience, le microcontrôleur sert à :
 - alimenter le circuit RC série (broche numérique D2) avec un échelon de tension : lorsque la sortie numérique 2 de la carte passe de l'état bas à l'état haut, la tension d'alimentation du circuit passe brusquement de 0 V à 5,0 V.
 - mesurer et relever la tension aux bornes du condensateur (broche analogique A0).
- La masse de la carte Arduino (GND) est reliée à la borne négative du condensateur (qui est polarisé).
- Le câble usb assure la communication avec l'ordinateur et l'alimentation de la carte Arduino.

🔧 Protocole 2

- Réaliser le câblage du montage présenté ci-dessous.



- Téléverser le programme « charge_capa.ino » dans la carte Arduino Uno.
- Suivre la charge du condensateur à partir du moniteur série (en cliquant sur l'icône en haut à droite). Lorsque le message « Fin de la charge du condensateur » s'affiche, décocher le défilement automatique et copier les valeurs de « V_c » et de « temps » associées à la charge.
- Copier ces valeurs dans Regressi (Edition → Copier document) et représenter $V_c = f(t)$.

- Q10. Déterminer graphiquement la valeur de τ .
- Q11. Ouvrir et téléverser dans la carte, le programme « circuit_rc.ino ». Comparer la valeur de τ qui s'affiche à celle déterminée avec l'analyse graphique sur Régressi.

IV Détermination de la valeur de la capacité du condensateur

- Q12. Modifier le script du programme « circuit_rc.ino » afin qu'il détermine la valeur de la capacité du condensateur.
- Q13. Après vérification par le professeur, téléverser le programme modifié.

 **Protocole 3**

- Ouvrir le programme « circuit_rc_stat.ino ». Modifier le programme afin de réaliser 30 mesures consécutives de la valeur de la capacité. Exécuter le programme.
- Sélectionner dans le moniteur série toutes les valeurs numériques (n° de la mesure et valeur de C en nF). Attention : ne pas sélectionner les chaînes de caractères (en-tête des colonnes et remarque finale). Copier ces valeurs.
- Ouvrir le tableur Excel et coller les valeurs préalablement sélectionnées. Sauvegarder le fichier (dans le dossier TP8) en le nommant « capa_vosprenoms.csv ».
- À partir du logiciel pyzo ouvrir le programme : « Etude_statistique.py ». Interpréter le programme.
- Dans la console d'Edupython, relever la valeur moyenne de la capacité et l'incertitude-type associée. Attention : conserver un nombre de décimales cohérent pour ces deux valeurs. Observer l'étendue de mesures grâce à l'histogramme.
- Renouveler les étapes du protocole pour 100 puis 200 mesures consécutives.

- Q14. Que peut-on dire sur l'incertitude-type et l'étendue de mesures lorsqu'on augmente le nombre de mesures ?
- Q15. Sur la fiche technique du condensateur, il est indiqué une tolérance de 10% (= la précision sur la valeur de capacité fournie est égale à 10% de sa valeur). Donner un intervalle dans lequel se situe la valeur réelle de la capacité.
- Q16. Le résultat de la mesure (valeur moyenne et incertitude-type) est-il cohérent avec les indications de la fiche technique ?
- Q17. Quelle expression de la valeur de la capacité est la plus précise ?

**Auto-évaluation**

J'ai compris et réalisé correctement les protocoles expérimentaux : 😊 ☹️

J'ai rédigé clairement les réponses aux questions : 😊 ☹️