

# Dynamique

## Avant d'aborder le chapitre

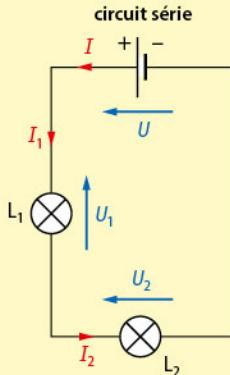
EN AUTONOMIE

### LES ACQUIS INDISPENSABLES

Seconde

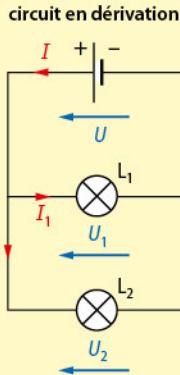
1<sup>re</sup> Enseignement de spécialité

- La tension et l'intensité du courant vérifient les lois des circuits électriques.



**Loi d'unicité de l'intensité**  
 $I = I_1 = I_2$

**Loi d'additivité des tensions**  
 $U = U_1 + U_2$



**Loi d'unicité des tensions**  
 $U = U_1 = U_2$

**Loi d'additivité des intensités**  
 $I = I_1 + I_2$

- Un conducteur ohmique est caractérisé par sa résistance électrique  $R$  qui s'exprime en ohm ( $\Omega$ ). Elle vérifie la loi d'Ohm :

$$U = R \cdot I$$

tension (en V)      résistance (en  $\Omega$ )  
 intensité (en A)

- Les conducteurs contiennent des **porteurs de charges** libres de se déplacer : les électrons libres dans les métaux, les ions dans les solutions.

- Lorsqu'ils sont soumis à une tension électrique, les porteurs de charges se déplacent de façon **ordonnée**.

- Le **débit de charges électriques** est appelé **intensité du courant électrique** :

intensité du courant électrique (en A)  
 $I = \frac{Q}{\Delta t}$       charge électrique traversant une section du circuit (en C)  
 pendant une durée  $\Delta t$  (en s)

### POUR VÉRIFIER LES ACQUIS

Pour chaque situation, rédiger une réponse qui explique en quelques lignes le raisonnement.



#### SITUATION 1



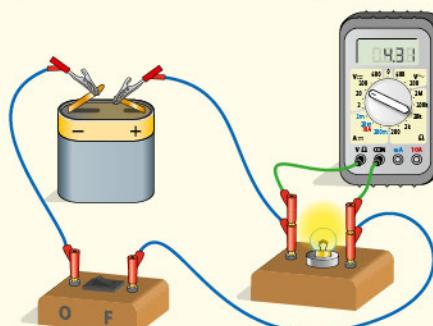
Lorsque l'on retire un pull en laine, on peut avoir « les cheveux électriques ».

Quelle est l'origine de ce phénomène ?

#### SITUATION 2

On considère le circuit schématisé ci-dessous.

Que vaut la tension délivrée par la pile ?



# d'un système électrique

# 20

PHYSIQUE

**NOTIONS ET CONTENUS**

- ▶ Intensité d'un courant électrique en régime variable.
- ▶ Comportement capacitif.
- ▶ Modèle du condensateur : relation entre charge et tension, capacité d'un condensateur.
- ▶ Modèle du circuit RC série : charge et décharge d'un condensateur, temps caractéristique.
- ▶ Capteurs capacitifs.

**CAPACITÉS EXPÉRIMENTALES**

- ▶ Illustrer qualitativement l'effet de la géométrie d'un condensateur sur la valeur de la capacité. ➔ **Activité 1**
- ▶ Identifier et tester le comportement capacitif d'un dipôle. ➔ **Activité 2**
- ▶ Étudier la réponse d'un dipôle RC et déterminer son temps caractéristique. ➔ **Activités 3 et 4**  
➔ **Pour préparer l'ECE**

**CAPACITÉ MATHÉMATIQUE**

- ▶ Résoudre une équation différentielle linéaire du premier ordre à coefficients constants avec un second membre constant. ➔ **Activité 3**  
➔ **Pour préparer l'ECE**

**EXERCICE 35**

# 1. DÉMARCHES DIFFÉRENCIÉES

COMPÉTENCES :

**AN/RAI** Élaborer un protocole

**VAL** Confronter un modèle à des résultats expérimentaux

## Capacité d'un condensateur

Il existe des condensateurs de forme et de structure très variées. La valeur de la capacité d'un condensateur est directement liée à sa géométrie et aux matériaux qui le constituent.

### DOC 1 Du matériel utile

Le dispositif expérimental est composé :

- d'un multimètre utilisé en capacimètre ;
- d'un condensateur à plateau aussi appelé condensateur d'Aepinus (physicien allemand du XVIII<sup>e</sup> siècle) et de ses accessoires.



### DOC 2 Modèle électrostatique du condensateur

Les lois de l'électrostatique permettent d'établir l'expression de la capacité  $C$  d'un condensateur plan avec des armatures de surface  $S$  et séparées d'une distance  $d$ .

$$\text{capacité (F)} \rightarrow C = \epsilon \cdot \frac{S}{d}$$

surface ( $\text{m}^2$ )  
distance entre les deux armatures ( $\text{m}$ )

Le coefficient  $\epsilon$  est appelé la permittivité et s'exprime en  $\text{F} \cdot \text{m}^{-1}$ . Sa valeur dépend du matériau isolant qui se trouve entre les armatures du condensateur.

### VOCABULAIRE

► **Condensateur** : dispositif électrique capable de stocker des charges électriques.

► **Armatures** : conducteurs en regard (généralement des plaques) qui constituent le condensateur. Elles sont séparées par un milieu isolant.

► **Capacité** : grandeur qui évalue la charge électrique d'un condenseur par unité de tension (volt) entre ses armatures.

### DÉMARCHE EXPERTE

En utilisant le matériel disponible, proposer une démarche qui permettra de confronter le modèle décrit dans le doc. 2 et la réalité expérimentale.

### DÉMARCHE AVANCÉE

1. a. Relier les deux armatures du condensateur plan à un multimètre utilisé en mode capacimètre.  
b. En analysant le modèle présenté dans le doc. 2, identifier les paramètres dont dépend la capacité d'un condensateur plan.
2. a. Pour chaque paramètre, proposer un protocole expérimental qui permette de confirmer quantitativement la validité du modèle.  
b. Justifier pourquoi il est indispensable de ne faire varier qu'un seul paramètre à la fois.  
c. Les résultats de vos mesures confirment-ils la validité du modèle proposé ?

### Je réussis si...

- Je sais mesurer la capacité d'un condensateur.
- Je sais exploiter un modèle et questionner sa validité.

### DÉMARCHE ÉLÉMENTAIRE

#### 1. Influence de la surface du condensateur

- Positionner le dispositif pour un écartement de quelques millimètres. Relier les deux armatures à un multimètre utilisé en mode capacimètre.
- Évaluer la surface des armatures utilisées et mesurer la valeur de la capacité correspondante.
- Renouveler ces mesures avec les autres paires d'armatures disponibles.

#### 2. Influence de l'écartement des armatures

- Reprendre le montage précédent et mesurer la capacité du condensateur pour différentes valeurs de l'écartement entre les armatures.
- Rassembler vos résultats dans un tableau.

#### 3. Influence du matériau entre les armatures

- Positionner une des plaques fournies entre les armatures et relever la valeur de la capacité.
- Renouveler ces mesures avec les autres plaques de matériaux disponibles.

#### 4. Conclusion

Vos mesures sont-elles en accord avec la relation mathématique donnée dans le doc. 2 ?

## 2. DÉMARCHE EXPÉRIMENTALE

TP

### COMPÉTENCES :

(APP) Recherche et organiser l'information

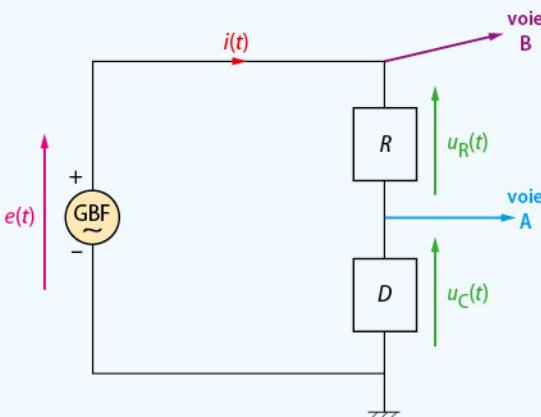
(REA) Mettre en œuvre un protocole expérimental

# Comportement capacitif d'un dipôle

De nombreux dispositifs technologiques ont un comportement capacitif, c'est-à-dire qu'ils sont susceptibles de provoquer l'accumulation de charges électriques lors de leur fonctionnement.

## PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

Pour évaluer le déphasage entre deux signaux sinusoïdaux, on utilise le circuit ci-dessous :



Les tensions sont visualisées à l'aide d'un oscilloscope. Le dipôle D est le composant étudié.

Pour tester un dipôle :

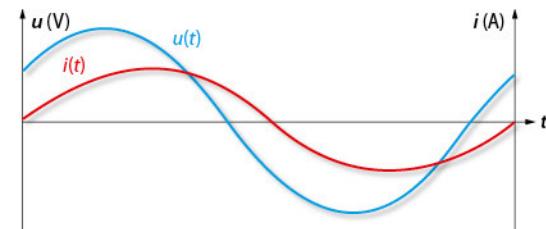
- réaliser le circuit schématisé ci-dessus et ajuster la valeur de la fréquence du GBF en mode sinusoïdal ;
- connecter les voies A et B de l'oscilloscope sur le circuit ainsi que la masse puis activer le mode bicourbes ;
- sur la voie B de l'oscilloscope, régler la base de temps pour visualiser quelques périodes et soustraire les deux signaux pour visualiser  $u_R(t)$  ;
- identifier si  $u_R(t)$  est en avance ou en retard de phase par rapport à  $u_D(t)$ .

## EXPLOITATION ET ANALYSE

- a. Rappeler le lien entre la tension  $u_R(t)$  et l'intensité du courant  $i(t)$ .  
b. Pourquoi peut-on considérer que le signal  $u_R(t)$  donne accès à l'allure de  $i(t)$  ?
- Expliquer pourquoi le protocole indique de soustraire les deux signaux sur la voie B.
- Si le dipôle D est un conducteur ohmique de résistance  $R$ , que peut-on dire du déphasage entre la tension aux bornes de ce dipôle et l'intensité du courant qui la traverse ?
- On considère l'oscillogramme du doc. 1. Pourquoi peut-on dire, dans ce cas, que  $i(t)$  est en retard sur  $u(t)$  ?

## DOC 1 Déphasage en régime sinusoïdal

En régime sinusoïdal, la tension  $u(t)$  aux bornes d'un dipôle et l'intensité  $i(t)$  du courant électrique qui le traverse sont des fonctions sinus de périodes identiques. Dans de nombreux cas, ces deux signaux ne couperont pas l'axe des abscisses au même instant mais pourront être décalés vers la droite ou vers la gauche d'une certaine valeur appelé **déphasage**.

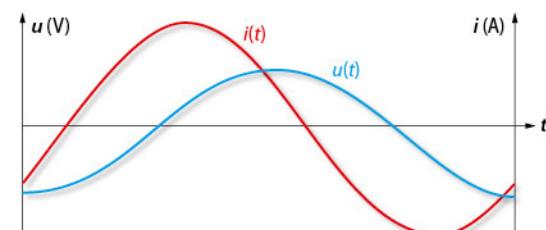


Dans le cas particulier où les deux signaux s'annulent au même instant, on dit qu'ils sont en phase ou que leur déphasage est nul.

## DOC 2 Déphasage et comportement capacitif

Lorsque le fonctionnement d'un dipôle peut être modélisé par celui d'un condensateur, on dit que ce dipôle a un **comportement capacitif**.

Cela se traduit par une intensité en avance de phase par rapport à la tension.



## CONCLUSION

- Vous disposez de trois dipôles masqués. Identifier le ou les dipôle(s) qui ont un comportement capacitif en détaillant le raisonnement suivi et les expériences réalisées.

### Je réussis si...

- Je sais utiliser les appareils électriques usuels du laboratoire de physique.
- Je sais identifier et tester le comportement capacitif d'un dipôle.

### 3. DÉMARCHE EXPÉRIMENTALE

TP

#### COMPÉTENCES :

(RÉA) Mettre en œuvre les étapes d'une démarche

(VAL) Faire preuve d'esprit critique, procéder

à des tests de vraisemblance

## Flash photographique et condensateur

*Appareil photo compact, appareil reflex, smartphone... tous les dispositifs autorisant la prise de photographies intègrent un flash qui permet de compenser un éclairage ambiant insuffisant. Comment les condensateurs contribuent-ils au fonctionnement de ces flashes ?*



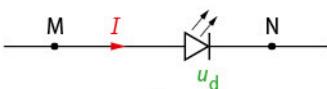
#### DOC 1 Le flash en photographie

Un flash est un dispositif utilisé en photographie pour produire un éclair lumineux afin d'éclairer l'espace photographié. La plupart des flashes actuels sont électroniques et remplacent les anciennes lampes flash halogènes. La durée du flash est très courte et généralement comprise entre 1/1000 et 1/200 de seconde.

#### DOC 2 Diode électroluminescente (DEL)

Une diode électroluminescente (DEL) est un dispositif semi-conducteur qui émet de la lumière visible lorsqu'un courant électrique la traverse.

Une DEL est un dipôle polarisé, il ne laisse passer le courant que dans le sens indiqué sur le schéma ci-dessous (appelé sens passant) et à la condition que la tension  $u_d$  à ses bornes soit supérieure ou égale à une tension appelée tension de seuil ( $u_{\text{seuil}} > 0 \text{ V}$ ).



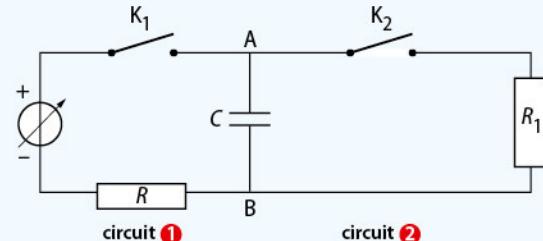
La borne M est repérée par une connexion légèrement plus longue que la borne N :



#### PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

Réaliser le montage suivant en respectant les polarités indiquées sur le condensateur.

On prendra par exemple  $C = 1,0 \times 10^{-3} \mu\text{F}$ ,  $R = 470 \Omega$  et  $R_1 = 33 \Omega$ . Les interrupteurs  $K_1$  et  $K_2$  sont initialement ouverts.



- Ajuster la tension aux bornes du générateur afin d'obtenir une valeur de 6,0 V.
- Réaliser les connexions nécessaires pour mesurer la tension  $u_{AB}$  à l'aide de l'interface d'acquisition.
- Régler les paramètres d'acquisition.
- Charger le condensateur en fermant l'interrupteur  $K_1$  et en laissant  $K_2$  ouvert.
- Ouvrir  $K_1$ , lancer l'acquisition et fermer l'interrupteur  $K_2$  pour procéder à l'enregistrement de la décharge du condensateur.

#### EXPÉRIENCES ET MESURES

##### Détermination des paramètres d'acquisition

- 1 a. Calculer la valeur théorique du temps caractéristique  $\tau_{\text{th}}$  à partir des données.  
b. En déduire la valeur de la durée d'acquisition qui permet de visualiser  $5 \tau_{\text{th}}$ .  
c. Comment choisir le nombre de points de mesure pour obtenir une acquisition la plus précise possible ?
- 2 Reproduire le schéma du circuit électrique et représenter les connexions à l'interface d'acquisition permettant de visualiser la tension  $u_{AB}$ .

#### EXPLOITATION ET ANALYSE

- 3 Déterminer graphiquement la valeur expérimentale du temps caractéristique  $\tau_{\text{exp}}$  et comparer à la valeur théorique calculée précédemment.
- 4 On peut simuler le flash d'un appareil photographique en ajoutant en série dans le circuit 2 une diode électroluminescente (DEL).
  - a. Reproduire le schéma du circuit électrique en intégrant la DEL dans le circuit.

b. Si l'on remplace la résistance  $R_1$  par une résistance  $R_2 = 10 \Omega$ , comment varie la valeur de la durée du flash par rapport à la valeur  $\tau_{\text{exp}}$  précédente ?

c. Vérifier expérimentalement l'hypothèse précédente.

5 Expliquer pourquoi votre enregistrement montre que le condensateur n'est pas totalement déchargé à la fin de l'expérience.

#### SYNTHÈSE

- 6 À partir des expériences précédentes, proposer un protocole qui permettrait de réaliser un circuit modélisant un flash photographique. Valider expérimentalement votre proposition.

#### Je réussis si...

► Je sais exploiter un modèle et questionner sa validité.

## 4. RÉSOLUTION DE PROBLÈME

TP

### COMPÉTENCES :

(RÉA) Effectuer des procédures courantes

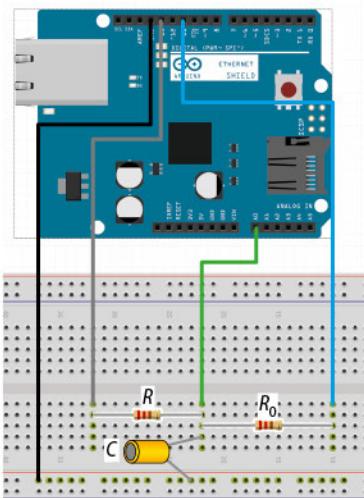
(COM) Utiliser un vocabulaire adapté et des modes de représentation

# Temps caractéristique et capacité

Avant d'employer un condensateur dans un circuit électrique, il est impératif de contrôler la valeur de sa capacité. On peut pour cela exploiter les possibilités de calculs d'un microcontrôleur.

### DOC 1 Dispositif expérimental

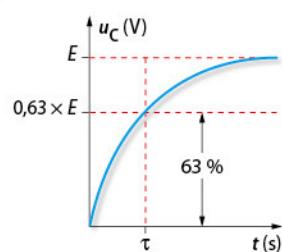
Le dispositif expérimental comprend : un condensateur à étudier associé en série avec une résistance  $R$  lors de sa charge et avec une résistance  $R_0$  lors de sa décharge.



### DOC 2 Temps caractéristique

Un circuit RC série est caractérisé par son temps caractéristique  $\tau$ . Il est égal au produit de la résistance  $R$  du circuit (en ohm) et de la capacité  $C$  du circuit (en farad).

La grandeur  $\tau$  correspond à la durée nécessaire pour que la tension aux bornes du condensateur, initialement déchargé, atteigne environ 63 % de la valeur de la tension  $E$  du générateur.



### QUESTIONS PRÉLIMINAIRES

- Justifier la consigne donnée à la ligne 15 en vous appuyant sur le modèle décrit dans le doc. 2.
- Expliquer en quoi les lignes 17 et 18 du programme permettent de calculer le temps caractéristique  $\tau$  du circuit RC et la capacité  $C$  du condensateur.

### PROBLÉMATIQUE

Comment adapter le programme précédent au matériel disponible et l'utiliser pour déterminer la valeur de la capacité d'un condensateur ?

### DOC 3 Programmation

En utilisant un microcontrôleur, il est possible de mesurer la valeur du temps caractéristique d'un circuit RC série ([FICHE PRATIQUE](#) p. 562).



```
// définition de la broche de mesure de uC
// définition de la broche permettant la charge de C
// définition de la broche permettant la décharge de C
1 #define analogPin 0
2 #define chargePin 13
3 #define dischargePin 11
// définition des différentes grandeurs
4 unsigned long InstantInitial;
5 unsigned long Tau // Tau = TempsCaractéristique;
6 float Capacite;

7 void setup(){
8     pinMode(chargePin, OUTPUT);      //décharge
9     digitalWrite(chargePin, LOW);
10    Serial.begin(9600);           //initialisation
11    de l'affichage des résultats
11 }

12 void loop(){
13    digitalWrite(chargePin, HIGH);   //début de la
14    charge de C
14    InstantInitial = millis();    //début de la mesure
14    de tau
15    while(analogRead(analogPin) < 647){
16        //647 correspond à 63% des 1023 bits pour la
16        charge complète de C
16    }
17    Tau = millis() - InstantInitial; //calcul de tau
18    Capacite = ((float) Tau / 22000) * 1000;
//affichage du temps caractéristique en millisecond
(ms) et de la capacité en microfarad (μF)
19    Serial.print(Tau);
20    Serial.print(" ms ");
21    Serial.print((long) Capacite);
22    Serial.println(" μF");
//fin de la mesure et décharge de C
23    digitalWrite(chargePin, LOW);
24    pinMode(dischargePin, OUTPUT);
25    digitalWrite(dischargePin, LOW);
26    while(analogRead(analogPin) > 0){
27    }
28    pinMode(dischargePin, INPUT);
29 }
```

### Je réussis si...

- Je sais mesurer la capacité d'un condensateur.
- Je sais utiliser un microcontrôleur.

## 1 Le modèle du condensateur

### ► Intensité du courant électrique et charges électriques

L'existence d'un courant électrique dans un circuit électrique est due à un déplacement ordonné de porteurs de charges électriques. Dans les matériaux métalliques, ces porteurs de charges sont les électrons.

**L'intensité du courant électrique** correspond au débit de charges électriques, c'est-à-dire à la quantité d'électricité qui traverse la surface  $S$  du conducteur par seconde (**FIG. 1**).

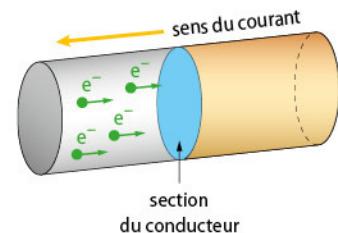
**Remarque.** La quantité d'électricité est aussi appelée charge électrique. Elle est généralement notée  $q$  et s'exprime en coulomb (C).

En courant continu, l'intensité du courant  $I$  est constante ainsi que le débit de charge.

En courant variable, l'intensité du courant peut varier à chaque instant ; elle s'écrit comme une fonction dépendant du temps :  $i(t)$ .

L'intensité du courant électrique  $i(t)$  est la dérivée par rapport au temps de la quantité d'électricité  $q(t)$  qui traverse une section du conducteur :

$$\text{intensité du courant (A)} \rightarrow i(t) = \frac{dq(t)}{dt} \quad \begin{matrix} \text{quantité d'électricité (C)} \\ \text{temps (s)} \end{matrix}$$



**FIG. 1** L'intensité permet d'évaluer le débit de charge dans un conducteur.

### ► ANIMATION

#### Condensation de l'électricité



Une animation sur la condensation de l'électricité.

### ► Modèle du condensateur

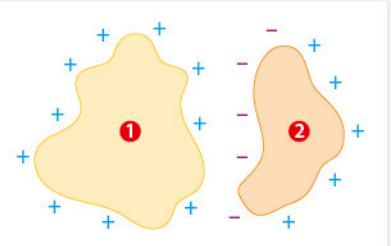
Lorsque l'on approche un matériau conducteur chargé **1** d'un autre conducteur non chargé **2**, il se produit sur les faces en regard des deux matériaux **1** et **2** une accumulation de charges positives et négatives.

Ce phénomène, qui résulte d'interactions électrostatiques, est appelé condensation de l'électricité. L'ensemble des matériaux **1** et **2** forme un condensateur.

Un condensateur est un ensemble de deux conducteurs placés l'un en face de l'autre et séparés par un isolant.

Les deux conducteurs sont appelés armatures du condensateur.

Les armatures d'un condensateur chargé portent des charges égales en valeur absolue mais de signes opposés. Il existe une tension entre les armatures d'un condensateur chargé (**FIG. 3**).



**FIG. 2** Condensation de l'électricité.

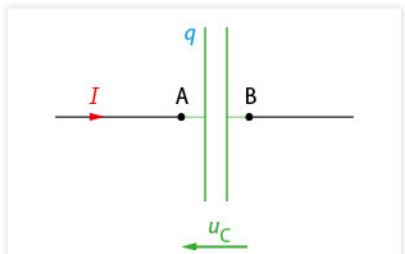
### ► Capacité du condensateur

La charge  $q$  portée par les armatures d'un condensateur est proportionnelle à la tension  $u$  entre les armatures. Le coefficient de proportionnalité, généralement noté  $C$ , est appelé **capacité du condensateur** et dépend des propriétés du condensateur utilisé :

$$\text{charge en coulomb (C)} \rightarrow q = C \cdot u \quad \begin{matrix} \text{capacité (F)} \\ \text{tension (V)} \end{matrix}$$

Dans le système international d'unités, la capacité s'exprime en farad (F).

Les capacités usuelles ont souvent des valeurs plus faibles et s'expriment en microfarad ( $\mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$ ) ou en nanofarad ( $\text{nF} = 10^{-9} \text{ F}$ ) (**FIG. 4**).



**FIG. 3** Représentation symbolique d'un condensateur.

## ► Comportement capacitif

Les deux résultats précédents permettent de démontrer que la tension aux bornes d'un condensateur et l'intensité du courant vérifient la relation :

$$\text{capacité (F)}$$

$$\text{intensité du courant (A)} \rightarrow i = C \cdot \frac{du}{dt} \leftarrow \text{tension (V)}$$

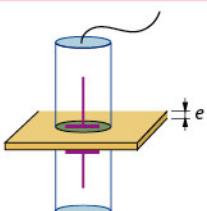
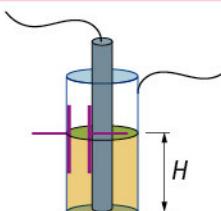
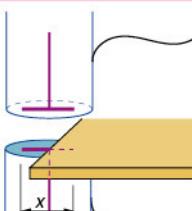
Cette équation différentielle implique que la tension et l'intensité sont deux grandeurs qui ne peuvent pas être en phase : c'est  $i$  qui est en avance de phase sur  $u$ .

Un dipôle pour lequel l'intensité est en avance de phase sur la tension a un comportement capacitif (FIG. 5).

## ► Mesure de capacité et application aux capteurs

La capacité dépend de plusieurs paramètres, en particulier la surface des armatures et l'épaisseur et la nature du matériau isolant entre les armatures. L'influence de ces grandeurs sur la valeur de la capacité permet d'expliquer le fonctionnement des **capteurs capacitifs**.

Ces dispositifs technologiques sont conçus pour réaliser la mesure de déplacement, d'épaisseur, de distance et de position. Ils fonctionnent sans contact, aussi bien avec des objets conducteurs qu'isolants.

Capteur d'épaisseur	Capteur de niveau	Capteur de déplacement
		
Les deux faces du capteur jouent le rôle d'armatures	La paroi de la cuve et la sonde centrale jouent le rôle d'armatures, le liquide n'est pas conducteur	Les deux faces du capteur jouent le rôle d'armatures
La variation d'épaisseur entre les deux surfaces utilisées comme armature... ... provoque une variation de la capacité qui peut être mesurée		

### EXEMPLE

Les écrans tactiles fonctionnent sur le même principe que les capteurs capacitifs (FIG. 6). Une grille conductrice chargée, insérée entre deux plaques de verre joue le rôle de 1<sup>re</sup> armature et le doigt de l'utilisateur est la 2<sup>de</sup> armature. L'apparition locale de ce condensateur est exploitée par le microprocesseur de commande du dispositif.

Exemple de condensateur	Ordre de grandeur de la capacité
Démarrage de moteur électrique	$10^{-4}$ F
Filtrage audio	$10^{-5}$ à $10^{-6}$ F
Applications électroniques	$10^{-7}$ à $10^{-9}$ F

FIG. 4 Capacités de quelques condensateurs.

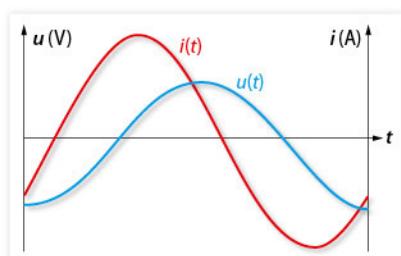


FIG. 5 Avance de phase de  $i(t)$  sur  $u(t)$ .

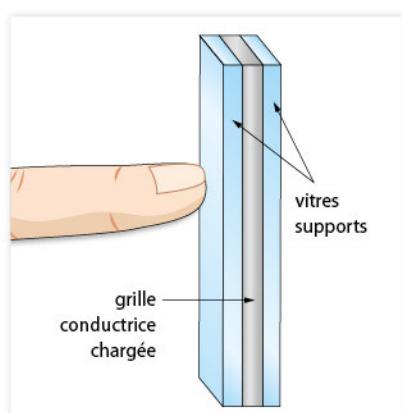


FIG. 6 Écran tactile capacitif.

## 2 Le modèle du circuit RC série

On appelle **circuit RC série** l'association en série d'un condensateur de capacité  $C$  et d'un conducteur ohmique de résistance  $R$ .

### ▶ Charge d'un condensateur

#### Mise en équation

On considère un circuit RC série pour lequel le condensateur est initialement déchargé. On le relie via un interrupteur à un générateur idéal de tension continue  $E$  (FIG. 7).

Lorsque l'interrupteur est fermé à l'instant  $t = 0$ , le condensateur est déchargé et la tension  $u_C$  à ses bornes est donc nulle. Elle augmente ensuite progressivement au fur et à mesure de la charge du condensateur. Les lois de l'électricité permettent d'exprimer  $u_C$  et de calculer sa valeur en fonction du temps.

À chaque instant  $t$ , la loi d'additivité des tensions permet d'écrire :  $E = u_C + u_R$

D'après la loi d'Ohm, on peut écrire :  $u_R = R \cdot i$ .

L'équation précédente devient :  $E = u_C + R \cdot i$

De plus,  $q = C \cdot u_C$  et  $i = \frac{dq}{dt}$  donc  $i = C \cdot \frac{du_C}{dt}$ .

On en déduit que la tension  $u_C$  vérifie l'équation différentielle :

$$E = u_C + R \cdot C \cdot \frac{du_C}{dt} \text{ soit } \frac{du_C}{dt} + \frac{1}{R \cdot C} \cdot u_C = \frac{E}{R \cdot C}$$

Si un circuit RC série est relié à un générateur délivrant une tension  $E$ , le condensateur se charge et la tension  $u_C$  à ses bornes vérifie l'équation différentielle suivante :

$$\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{R \cdot C} \cdot u_C = \frac{E}{R \cdot C}$$

#### Résolution

Cette équation différentielle linéaire du premier ordre admet les solutions de la forme :

$$u_C(t) = A \cdot e^{\alpha \cdot t} + B \text{ où } A, B \text{ et } \alpha \text{ sont des constantes.}$$

À l'instant  $t = 0$ , la tension  $u_C$  est nulle car le condensateur est déchargé. L'équation précédente devient :

$$u_C(0) = A \cdot e^{\alpha \cdot 0} + B \Leftrightarrow 0 = A + B \Leftrightarrow B = -A$$

L'équation  $u_C(t)$  s'écrit alors :  $u_C(t) = A \cdot e^{\alpha \cdot t} - A$

Pour déterminer ces constantes, on reporte cette expression dans l'équation différentielle précédente :

$$A \cdot (\alpha + \frac{1}{R \cdot C}) \cdot e^{\alpha \cdot t} = \frac{A}{R \cdot C} + \frac{E}{R \cdot C} \text{ d'où } A \cdot (\alpha + \frac{1}{R \cdot C}) \cdot e^{\alpha \cdot t} = 0 \text{ et } -\frac{A}{R \cdot C} = \frac{E}{R \cdot C}$$

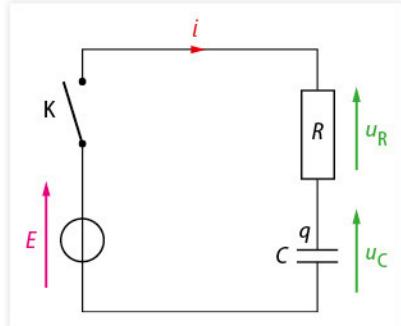
On en déduit que  $\alpha = -\frac{1}{R \cdot C}$  et  $A = -E$ .

On reporte ces résultats dans l'expression de  $u_C(t)$  précédente :

$$u_C(t) = -E \cdot e^{-\frac{1}{R \cdot C}t} + E \text{ soit } u_C(t) = E \cdot (1 - e^{-\frac{1}{R \cdot C}t})$$

Cette expression correspond à une fonction croissante (FIG. 8)

Dans un circuit RC série, la tension aux bornes du condensateur augmente progressivement jusqu'à la valeur imposée par le générateur.



**FIG. 7** Circuit RC afin d'étudier la charge du condensateur.

▶ **ANIMATION**

**Circuit RC**

Y-axis: u\_C (volts)

X-axis: t (ms)

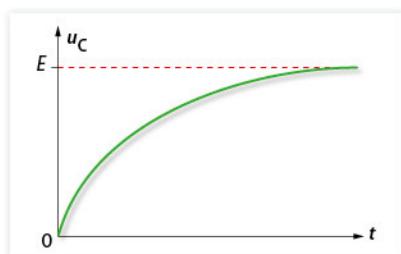
Controls:

- u\_C(t)
- u\_R(t)
- Afficher t

C (nF) 50

R (Ω) 5000

Une animation sur la réponse d'un circuit RC.



**FIG. 8** Évolution de la tension aux bornes du condensateur.

#### VOCABULAIRE

- ▶ Dans l'intervalle où la tension  $u_C$  aux bornes du condensateur varie, on parle de **régime transitoire**. Lorsque la tension  $u_C$  atteint la valeur  $E$  et ne varie plus, on parle de **régime permanent**.

## ► Décharge d'un condensateur

### Mise en équation

On considère un circuit RC série pour lequel le condensateur est initialement chargé (FIG. 9).

Lorsque l'interrupteur est fermé à l'instant  $t = 0$ , le condensateur est chargé et la tension  $u_C$  à ses bornes est donc égale à  $E$ . Elle diminue ensuite progressivement au fur et à mesure de la décharge du condensateur.

Dans un circuit RC série, le condensateur est initialement chargé. Si on ferme l'interrupteur, le condensateur se décharge progressivement et la tension  $u_C$  à ses bornes vérifie l'équation différentielle suivante :

$$\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{R \cdot C} u_C = 0$$

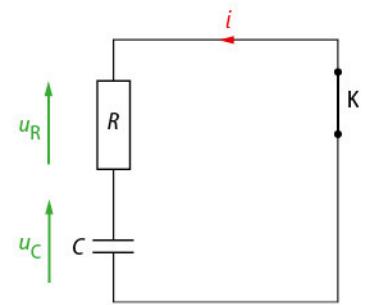


FIG. 9 Circuit RC afin d'étudier la décharge du condensateur.

### Résolution

Cette équation différentielle linéaire du premier ordre se résout de la même manière que précédemment. On obtient :  $\alpha = -\frac{1}{R \cdot C}$ ;  $A = E$  et  $B = 0$ .

$$u_C(t) = E \cdot e^{-\frac{1}{R \cdot C} \cdot t}$$

On en déduit que  $u_C(t) = E \cdot e^{-\frac{1}{R \cdot C} \cdot t}$

Cette expression correspond à une fonction décroissante (FIG. 10).

Dans un circuit RC série, la tension aux bornes du condensateur chargé diminue progressivement jusqu'à s'annuler.

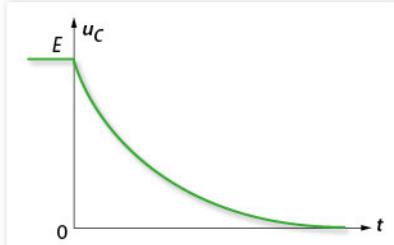


FIG. 10 Évolution de la tension aux bornes du condensateur.

## ► Temps caractéristique d'un circuit RC

Le produit  $R \cdot C$  apparaît dans les expressions de  $u_C(t)$  établies précédemment.

Le produit  $R \cdot C$  est appelé **temps caractéristique** du circuit RC série, il est généralement noté  $\tau$ . Il est homogène à un temps et s'exprime en seconde (s).

La valeur du temps caractéristique  $\tau$  permet d'évaluer la durée de charge ou de décharge du condensateur. On considère qu'un condensateur est totalement chargé ou déchargé au bout de  $5\tau$ .

### EXEMPLE

On étudie la charge d'un circuit RC avec  $R = 10 \text{ k}\Omega$  et  $C = 1,0 \mu\text{F}$  (courbe verte – FIG. 10).

Le temps caractéristique vaut :

$$\tau = R \cdot C = 10 \times 10^3 \times 1,0 \times 10^{-6} = 10 \times 10^{-3} \text{ s} = 10 \text{ ms}$$

On peut dire que le condensateur sera totalement chargé au bout de 50 ms.

La durée de charge ou de décharge d'un condensateur ne dépend que de la valeur de la résistance et de la capacité.

Plus la valeur du temps caractéristique  $\tau$  est grande, plus la durée de charge ou de décharge du condensateur augmente (FIG. 11).

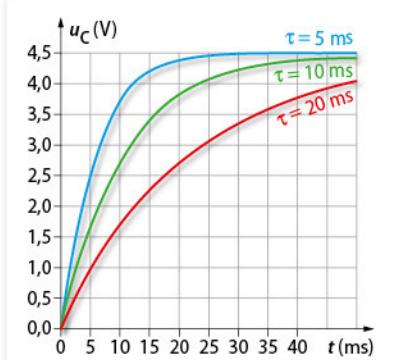


FIG. 11 Influence du temps caractéristique sur la charge d'un condensateur.

Il est possible de déterminer graphiquement la valeur de  $\tau$  de deux manières différentes (FIG. 12) :

- on calcule  $u_C(\tau)$  puis on lit graphiquement l'abscisse  $\tau$ ;
- on trace la point d'intersection de la tangente à l'origine de  $u_C(t)$  et son asymptote horizontale, l'abscisse de ce point est  $\tau$ .

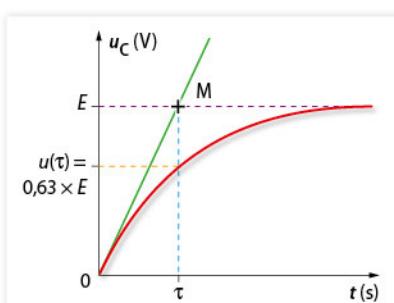
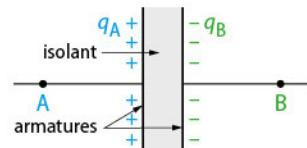


FIG. 12 Détermination graphique du temps caractéristique.

## 1 Le modèle du condensateur

Un **condensateur** est composé de deux armatures chargées électriquement et d'un isolant.



- La charge électrique  $q$  stockée par le condensateur est liée à l'intensité  $I$  du courant qui traverse le condensateur et à la tension  $u$  à ses bornes :

$$i = \frac{dq}{dt}$$

intensité du courant (A)

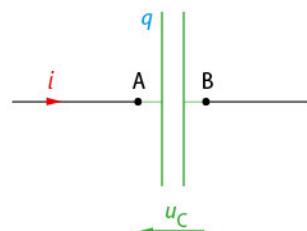
charge électrique (C)

$q = C \cdot u$

capacité du condensateur (F)

tension (V)

- La **capacité** d'un condensateur dépend de sa géométrie et sa structure. Cette propriété explique le fonctionnement des **capteurs capacitifs**.



- Le **comportement capacitif** d'un dipôle se traduit par une avance de phase de l'intensité sur la tension à ses bornes.

## 2 Le modèle du circuit RC série

- Un **circuit RC série** est caractérisé par un régime transitoire au cours duquel le condensateur se charge ou se décharge progressivement.

	Modélisation de la charge du condensateur	Modélisation de la décharge du condensateur
Équation différentielle	$\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{R \cdot C} u_C = \frac{E}{R \cdot C}$	$\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{R \cdot C} \cdot u_C = 0$
Solution	Si pour $t = 0$ , $u_C = 0$ , alors : $u_C(t) = E \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{R \cdot C}}\right)$	Si pour $t = 0$ , $u_C = E$ , alors : $u_C(t) = E \cdot e^{-\frac{t}{R \cdot C}}$
Représentation graphique		

- Le **temps caractéristique  $\tau$**  d'un condensateur permet d'évaluer l'ordre de grandeur de la durée de charge ou de décharge. Il est égal à :

$$\tau = R \cdot C$$

capacité du condensateur (F)

temps caractéristique (s)

résistance ( $\Omega$ )

# EXERCICES

## Vérifier l'essentiel

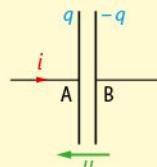
Pour chaque question, choisir la ou les bonnes réponses. ➔ **SOLUTIONS EN PAGE 593**



### 1 Le modèle du condensateur

	A	B	C
1 Un condensateur est un dipôle :	constitué de deux armatures isolantes.	qui comporte deux armatures conductrices séparées par un isolant.	dont les deux armatures sont en contact.
2 Un condensateur est un dipôle :	qui s'oppose au passage du courant.	qui peut stocker des charges électriques sur ses armatures.	dont la charge d'une des armatures reste toujours nulle.

On considère le condensateur de capacité  $C$  schématisé ci-contre :

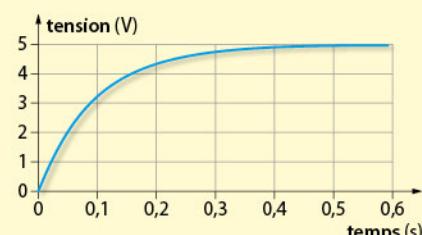


	A	B	C
3 La charge portée par l'armature B est :	positive.	négative.	nulle.
4 La charge portée par l'armature A s'écrit :	$\frac{C}{u}$	$\frac{u}{C}$	$C \cdot u$
5 L'intensité du courant s'écrit :	$i = C \cdot \frac{du}{dt}$	$i = -\frac{dq}{dt}$	$i = -C \cdot \frac{du}{dt}$

### 2 Le modèle du circuit RC série

	A	B	C
6 Lors de la charge d'un condensateur, la tension à ses bornes :	tend vers 0.	augmente.	reste constante.
7 La durée de charge d'un condensateur dépend :	de la valeur de sa capacité $C$ .	de la valeur de la résistance $R$ du circuit.	de la valeur de la tension délivrée par le générateur.
8 Avec $R = 10 \text{ k}\Omega$ et $C = 100 \text{ nF}$ , l'ordre de grandeur du temps caractéristique du circuit vaut :	$\tau = 10^3 \text{ s.}$	$\tau = 10^{-3} \text{ s.}$	$\tau = 10^1 \text{ s.}$

On enregistre la tension aux bornes d'un condensateur lors de sa charge par une tension continue.



	A	B	C
9 La durée nécessaire pour charger le condensateur :	ne dépend que de la valeur de la capacité $C$ du condensateur.	dépend à la fois de la résistance $R$ et de la capacité $C$ .	ne dépend que de la valeur de la résistance $R$ du conducteur ohmique.
10 Le temps caractéristique de ce circuit RC vaut :	0,1 s.	0,5 s.	20 ms.

# EXERCICES

## Acquérir les bases

### 1 Le modèle du condensateur

#### EN AUTONOMIE

Ce qu'on attend de moi le jour du **BAC**

#### Modèle du condensateur

- Identifier des situations d'accumulation de charges sur des surfaces en regard.
- Identifier le comportement capacitif d'un dipôle.
- Relier l'intensité du courant électrique au débit de charges.
- Décrire et exploiter le modèle du condensateur.

► Acquérir les bases : 13

#### Capacité d'un condensateur

- Relier la charge accumulée à la tension aux bornes du condensateur.
- Citer les ordres de grandeur de valeurs de capacités usuelles.
- Expliquer le principe de fonctionnement des capteurs.

► Acquérir les bases : 19 ► S'entraîner : 26 27

### 11 Plumeau dépoussiérateur

Au rayon des articles ménagers, il est courant de trouver des plumeaux dépoussiérateurs. Ils sont constitués de fibres plastiques synthétiques souples qui doivent être secouées dans l'air avant utilisation.

Expliquer pourquoi le principe de fonctionnement de ces plumeaux repose sur une accumulation de charges électriques.



### 12 Électrisation par frottement

Quand deux surfaces sont frottées l'une contre l'autre, elles se chargent électriquement.

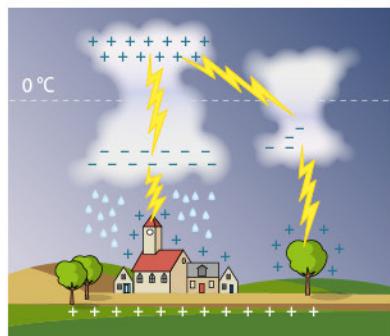
Ainsi une tige en verre se charge positivement lorsqu'on la frotte avec un tissu de laine. Cette tige de verre est alors capable d'attirer un barreau d'ébonite préalablement frotté avec un morceau de fourrure qui lui-même pourra repousser un tube en PVC frotté avec un tissu de laine.

- Schématiser les trois situations décrites ci-dessus en faisant apparaître les charges accumulées.
- Expliquer pourquoi certains matériaux se repoussent et d'autres s'attirent dans les expériences proposées.

### 13 Formation des éclairs

Pour expliquer la formation des éclairs, il est courant de s'appuyer sur le schéma ci-dessous.

- Préciser la signification des signes + et - représentés sur ce schéma.
- Proposer une explication à l'apparition d'éclair en termes d'accumulation de charges électriques.



### 14 Carillon électrostatique

On utilise deux plaques métalliques, parfois en forme de cloches, reliées à un générateur délivrant une forte tension. Ces deux plaques sont séparées par environ 1 cm d'air.

- Schématiser le dispositif en faisant apparaître l'accumulation des charges de signes opposés sur des surfaces en regard.

On place entre les deux plaques un pendule constitué d'une petite boule recouverte d'un matériau conducteur suspendue à un fil isolant. La boule est alors attirée par la plaque la plus proche puis se met à osciller en cognant alternativement chaque plaque, ce qui explique le nom donné à cette expérience : le carillon électrostatique.

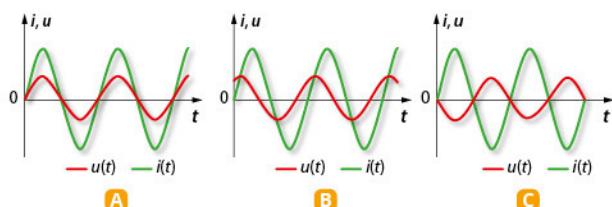


- Expliquer, en vous appuyant sur un schéma, pourquoi la boule est au départ attirée par la plaque dont elle est la plus proche.

- Expliquer, en vous appuyant sur des schémas, pourquoi la boule oscille ensuite entre chaque plaque.

### 15 Différences de phase

On représente ci-dessous l'évolution de la tension et de l'intensité du courant pour différents dipôles.



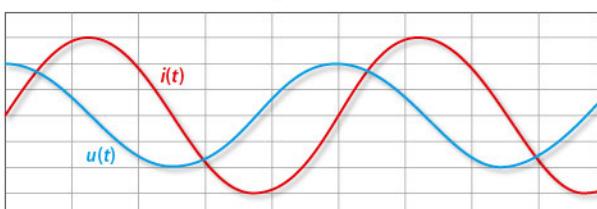
Déterminer si les affirmations sont vraies ou fausses en argumentant votre choix.

- Pour le dipôle A, l'intensité du courant  $i(t)$  et la tension  $u(t)$  ne sont pas en phase.
- Pour le dipôle B, l'intensité du courant  $i(t)$  est en avance de phase sur la tension  $u(t)$ .
- Le dipôle B a un comportement capacitif.
- Pour le dipôle C, l'intensité du courant  $i(t)$  et la tension  $u(t)$  sont en phase.

### 16 Comportement capacitif

On alimente un dipôle à un générateur de tension variable sinusoïdale. À l'aide d'un dispositif d'acquisition de données, on mesure la tension aux bornes de ce dipôle et l'intensité du courant qui le traverse.

On obtient les résultats expérimentaux ci-dessous.

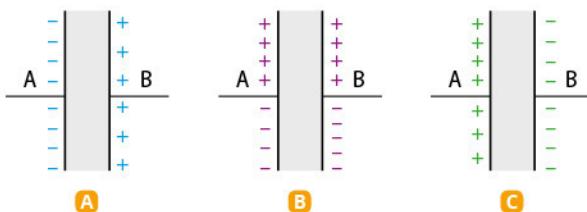


- Représenter le schéma de ce circuit électrique.
- Ce dipôle a-t-il un comportement capacitif ?

## 17 Armatures chargées

Un condensateur possède deux armatures A et B. L'armature A porte une charge électrique  $q_A = 4,8 \mu\text{C}$ .

- Que vaut la charge électrique portée par l'armature B ?
- a. L'armature B possède-t-elle un excès ou un défaut d'électrons ?
- b. Lequel de ces schémas représente correctement l'état électrique de ce condensateur ?



- Déterminer le signe de la tension  $u_{AB}$  entre les deux armatures.

## 18 Charge and voltage



A ceramic capacitor with a capacitance of  $10 \text{ nF}$  is charged at a voltage of  $6,0 \text{ V}$ .

What is the charge carried by each of its plates?

## 19 Capacité d'un condensateur

Un condensateur initialement déchargé est relié à un courant d'intensité constante  $I$  égale à  $12 \text{ mA}$ .

Au bout d'une minute, la tension aux bornes de ce condensateur vaut  $1,5 \text{ V}$ .

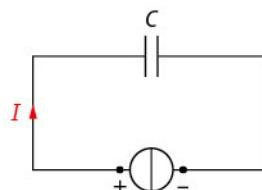
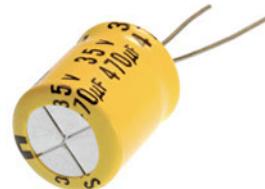
- a. Calculer la valeur de la capacité de ce condensateur.
- b. Ce résultat est-il cohérent avec la photographie ci-dessus ?
2. Est-ce une valeur courante pour un condensateur ?

**20** On réalise le circuit schématisé ci-contre afin de charger un condensateur de capacité  $C$  avec un générateur de courant d'intensité constante  $I = 1,0 \text{ mA}$ .

On mesure la tension aux bornes du condensateur avec un voltmètre à différents instants. On obtient les résultats suivants.

$t$ (en s)	0	10	20	30	40	60
$u_C$ (en V)	0	23	51	76	98	152

- Reproduire le schéma du circuit électrique en faisant apparaître le voltmètre permettant la mesure de  $u_C$  et de l'intensité du courant délivré par le générateur.
- a. Représenter le graphique des variations de  $u_C$  en fonction du temps.
- b. Quelle information apporte ce graphique ?
- c. En déduire la valeur de la capacité du condensateur utilisé.



## 21 Durée de charge maximale

Un condensateur porte les indications suivantes :

tension de service  $42 \text{ V}$  – capacité  $330 \text{ pF}$

Il est chargé par un générateur de courant qui délivre une intensité de  $2,0 \text{ mA}$ .

Que vaut la durée de charge maximale qui permet de rester dans la limite de fonctionnement du composant ?

## 2 Modèle du circuit RC série

### EN AUTONOMIE

Ce qu'on attend de moi le jour du **BAC**

#### Modèle du circuit RC

- Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes d'un condensateur lors de sa charge et de sa décharge.
- Résoudre l'équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes d'un condensateur lors de sa charge et de sa décharge.
- Exploiter graphiquement la réponse d'un circuit RC.

→ Acquérir les bases : 24 → S'entraîner : 28 29

#### Temps caractéristique

- Énoncer la définition du temps caractéristique d'un circuit RC série, le calculer et l'exploiter.

→ Acquérir les bases : 24 → S'entraîner : 28 29

## 22 Tension aux bornes d'un condensateur

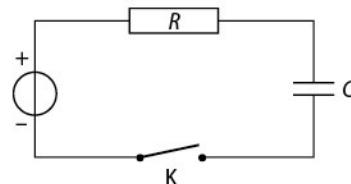
La tension aux bornes d'un condensateur dans un circuit RC série s'écrit :

$$u_C(t) = E \cdot \left( 1 - e^{-\frac{t}{R \cdot C}} \right)$$

- Expliquer quelle est la signification de chacun des termes présents dans cette équation et leur unité.
- a. Pourquoi peut-on dire que  $u_C$  est une fonction du temps ?
- b. Que vaut  $u_C$  lorsque  $t = 0$  ? lorsque  $t$  devient très grand ?
3. Cette expression de  $u_C(t)$  correspond-elle à la charge ou à la décharge du condensateur ?

## 23 Charge d'un condensateur

On considère le circuit schématisé ci-dessous où le condensateur est déchargé. À l'instant initial, on ferme l'interrupteur.



- Reproduire le schéma en indiquant le sens du courant et en représentant les tensions  $E$ ,  $u_R$  et  $u_C$ .
- a. Que vaut la tension  $u_C(t=0)$  à l'instant initial ?
- b. Même question lorsque le condensateur sera totalement chargé.
3. Établir l'équation différentielle vérifiée par  $u_C(t)$ .

# EXERCICES

4. La solution de cette équation différentielle s'écrit :

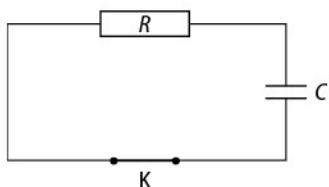
$$u_C(t) = A + B \cdot e^{-\frac{1}{RC} \cdot t}$$

Déterminer les expressions des constantes A, B et C en utilisant les valeurs de  $u_C$  à l'instant initial et lorsque le condensateur est totalement chargé.

5. Vérifier que l'expression de  $u_C$  ainsi obtenue est bien solution de l'équation différentielle de la question 3.

## 24 Décharge d'un condensateur

On considère le circuit schématisé ci-dessous où le condensateur est initialement chargé tel que la tension aux bornes du condensateur vaut  $E$ .



À l'instant initial, on ferme l'interrupteur et on étudie la décharge du condensateur.

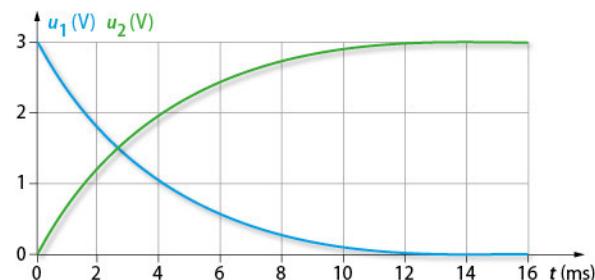
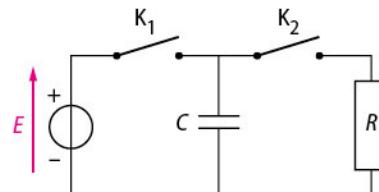
**Données :**  $E = 9,0 \text{ V}$ ;  $R = 2,2 \text{ k}\Omega$ ;  $C = 470 \mu\text{F}$ .

- Rappeler les relations entre  $u_C$  et  $i$  et  $u_R$  et  $i$ .
- En déduire l'équation différentielle vérifiée par  $u_C(t)$ .
- Montrer que la fonction  $u_C(t) = E \cdot e^{-\frac{t}{R \cdot C}}$  est solution de cette équation différentielle.
- Vers quelle limite tend  $u_C(t)$  lorsque  $t$  tend vers l'infini ?
- Estimer la durée nécessaire pour atteindre cette valeur limite à partir du calcul de la valeur du temps caractéristique  $\tau$ .
- Représenter l'allure de la courbe  $u_C(t)$ .

## 25 Réponse d'un circuit RC

On réalise un circuit RC série et on procède à la charge puis à la décharge du condensateur.

Un dispositif d'acquisition informatisé permet d'enregistrer les variations de  $u_C$  en fonction du temps. On obtient les résultats suivant.



**Données :**  $R = 330 \Omega$  et  $C = 12 \mu\text{F}$ .

- Reproduire le schéma du circuit en indiquant le sens du courant, la tension  $u_C$  ainsi que les bornes de connexion du dispositif d'acquisition.
- Que vaut la tension  $E$  délivrée par le générateur ?
- Identifier la courbe correspondant à la charge et celle correspondant à la décharge du condensateur.
- Déterminer graphiquement la valeur du temps caractéristique  $\tau$  de ce circuit.
- Ce résultat est-il cohérent avec les valeurs de  $R$  et de  $C$  données ?

## Faire le point avant d'aller plus loin

Pour vérifier ses connaissances, répondre aux questions suivantes (sans regarder le cours !)

PRÉPA  
BAC

Citer les différents éléments qui constituent un condensateur.

Énoncer le lien entre débit de charge et intensité du courant électrique.

Identifier des exemples du quotidien où il y a accumulation de charges de signes opposés sur des surfaces en regard.

Citer des ordres de grandeur de valeurs de capacités usuelles.

Nommer les grandeurs et les unités dans la relation :  $q = C \cdot u$

Expliquer le principe de fonctionnement de quelques capteurs capacitifs.

Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes d'un condensateur dans le cas de sa charge s'écrit :

$$\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{RC} u_C = \frac{E}{RC}$$

Rappeler l'expression du temps caractéristique du circuit RC série.

Retrouver ces questions en version numérique

bordas  
**Flash PAGE**  
cartes mémos

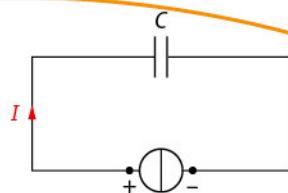
## Exercice résolu

EN AUTONOMIE

### 26 Capacité d'un condensateur

On réalise le circuit schématisé ci-contre afin de charger un condensateur de capacité  $C$  avec un générateur de courant d'intensité constante  $I = 1,0 \text{ mA}$ .

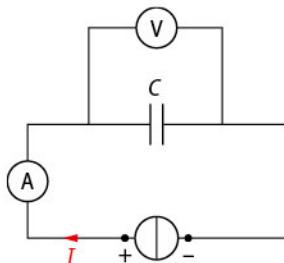
On mesure la tension aux bornes du condensateur avec un voltmètre à différents instants. On obtient les résultats suivants.



- Reproduire le schéma du circuit électrique en indiquant les positions des instruments permettant la mesure de la tension aux bornes du condensateur et de l'intensité du courant délivré par le générateur.
- Exprimer** la tension  $u_C$  aux bornes du condensateur en fonction de  $I$ ,  $C$  et  $\Delta t$ .
- a. **Représenter** le graphique des variations de  $u_C$  en fonction du temps  
b. **Confronter** le graphique obtenu au modèle mathématique précédent.  
c. En déduire la valeur de la capacité du condensateur utilisé.

#### EXEMPLE DE RÉDACTION

1.



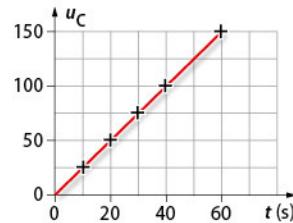
2. La définition de la capacité permet d'écrire  $q = C \cdot u_C$  et comme le générateur est d'intensité continue,

le débit de charges s'écrit :  $I = \frac{q}{\Delta t}$

On en déduit :

$$I = \frac{C \cdot u_C}{\Delta t} ; \text{ d'où : } u_C = \frac{I \cdot \Delta t}{C}$$

3. a.



b. D'après la question 2,  $u_C$  est proportionnel à  $\Delta t$ . Ce résultat est cohérent avec le graphique obtenu qui est une droite qui passe par l'origine.

c. D'après les réponses précédentes, le coefficient directeur de la droite obtenue est égal à  $I/C$ :

$$\frac{I}{C} = \frac{125}{50} = 2,5 \text{ d'où } C = \frac{I}{2,5} = \frac{1,0 \times 10^{-3}}{2,5} = 4,0 \times 10^{-4} \text{ F} = 400 \mu\text{F}$$

#### LES CLÉS DE L'ÉNONCÉ

- Le générateur délivre une intensité qui ne varie pas au cours du temps, le **débit de charge** dans le circuit est donc constant.
- Le **voltmètre** et l'**ampèremètre** sont des instruments courants du laboratoire de physique.
- Les valeurs de  $u_C$  sont reportées sur l'axe des **ordonnées** et le temps sur celui des **abscisses**.

#### LES VERBES D'ACTION

- Exprimer** : écrire une grandeur sous forme littérale.
- Représenter** : réaliser un dessin symbolique en respectant une convention.
- Confronter** : porter un regard critique sur la comparaison de résultats.

#### QUELQUES CONSEILS

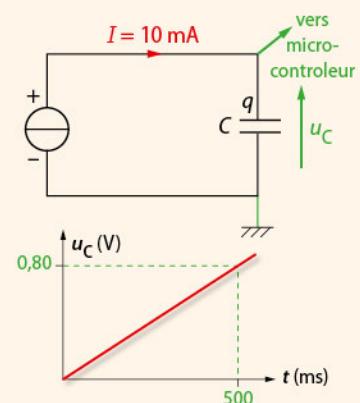
- Le voltmètre se branche en dérivation et l'ampèremètre en série.
- En courant continu, la dérivée se traduit par une différence :  $i = \frac{dq}{dt}$  devient en continu  $I = \frac{q}{\Delta t}$

#### EXERCICE SIMILAIRE

### 27 Charge d'un condensateur à intensité constante

Afin d'évaluer la capacité d'un condensateur, on réalise le circuit ci-contre où le générateur débite un courant d'intensité constante. Un microcontrôleur permet d'enregistrer la tension  $u_C$  en fonction du temps.

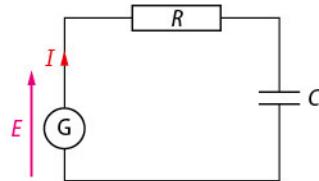
- Écrire la relation entre l'intensité  $I$  du courant, la charge  $q$  portée par l'armature du condensateur et la durée de charge  $\Delta t$ .
- Écrire la relation entre la charge électrique  $q$ , la capacité  $C$  du condensateur et la tension  $u_C$ .
- a. Calculer la valeur de la charge électrique  $q$  portée par l'armature pour une durée de 500 ms.
- En déduire la valeur de la capacité  $C$  du condensateur utilisé.



## Exercice résolu

EN AUTONOMIE

### 28 Charge d'un condensateur et temps caractéristique



On étudie à partir du circuit ci-dessus la charge d'un condensateur couramment utilisé pour réaliser des filtres audio. On enregistre les valeurs de la tension  $u_C$  aux bornes du condensateur :

1. Établir l'équation différentielle vérifiée par  $u_C$  lors de la charge du condensateur.

2. La solution de cette équation est :  $u_C(t) = E \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$ .

- a. Établir l'expression de  $\tau$  et montrer que  $\tau$  est homogène à un temps.
- b. En déduire la valeur de  $\tau$ .
3. Déterminer graphiquement la valeur de  $\tau$  et comparer à la valeur calculée.

**Données :**  $R = 1,0 \text{ M}\Omega$ ;  $C = 10 \mu\text{F}$ ;  $E = 1,5 \text{ V}$ .

#### EXEMPLE DE RÉDACTION

1. La loi des mailles dans le circuit s'écrit :  $E = u_R + u_C$

Comme  $q = C \cdot u_C$ ;  $i = \frac{dq}{dt}$  et  $u_R = R \cdot i$  on a :

$$E = R \cdot C \cdot \frac{du_C}{dt} + u_C$$

2. Pour établir l'expression de  $\tau$ , on introduit la solution  $u_C(t)$  donnée dans l'équation différentielle précédente :

$$E = R \cdot C \cdot \frac{E}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + E - E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$0 = E \cdot \left(\frac{R \cdot C}{\tau} - 1\right) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\tau = R \cdot C$$

La définition de la capacité permet d'écrire  $q = C \cdot u_C$  et comme l'intensité du courant est constante, le débit de charges s'écrit :  $I = q / \Delta t$ .

On en déduit :

$$I = \frac{C \cdot u_C}{\Delta t} \text{ d'où } u_C = \frac{I \cdot \Delta t}{C}$$

#### Analyse dimensionnelle

On a  $q = C \cdot u_C$

donc  $\dim C = \frac{\dim q}{\dim u} = \frac{I \cdot T}{\dim u}$

et  $\dim R = \frac{\dim u}{I}$

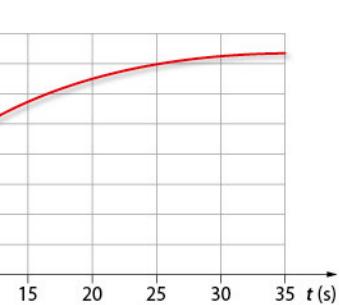
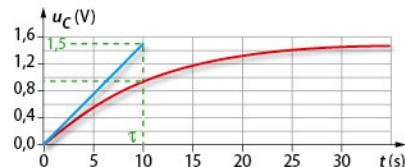
d'où

$$\dim \tau = \dim R \cdot C = \frac{\dim u}{I} \cdot \frac{I \cdot T}{\dim u} = T$$

La grandeur  $\tau$  est homogène à une durée.

- $\tau = R \cdot C = 1,0 \times 10^6 \times 10 \times 10^{-6} = 10 \text{ s}$ .

3. On utilise une des deux méthodes graphiques : tracé de la tangente à l'origine ou 63 % de la valeur finale.



#### LES CLÉS DE L'ÉNONCÉ

► Les **lois de l'électricité** appliquées au circuit étudié conduisent à l'équation différentielle.

► L'homogénéité d'une grandeur est établie à partir d'une **analyse dimensionnelle**.

#### LES VERBES D'ACTION

► **Établir** : mettre en œuvre une stratégie pour trouver un résultat.

► **Déduire** : utiliser le résultat précédent pour répondre.

#### QUELQUES CONSEILS

1. L'équation différentielle est obtenue en éliminant  $q$  et  $i$  dans l'écriture de la loi des mailles.

2. Le produit de deux termes est nul si au moins un des deux termes est nul.

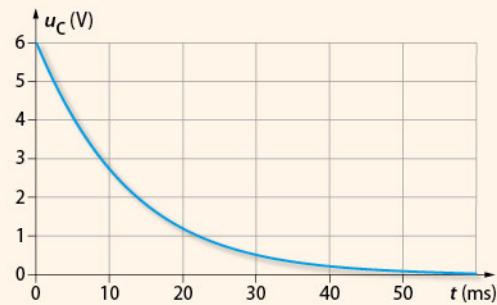
3. Commencer par identifier la valeur finale de  $u_C$ .

#### EXERCICE SIMILAIRE

### 29 Décharge d'un condensateur et temps caractéristique

On étudie la décharge d'un condensateur chargé dans un conducteur ohmique de résistance  $R = 500 \Omega$ . La capacité du condensateur est notée  $C$ . La tension  $u_C$  aux bornes du condensateur est mesurée en fonction du temps (graphique ci-dessous).

1. Représenter le schéma du circuit utilisé.
2. Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension  $u_C$  peut s'écrire :  $u_C + \tau \cdot \frac{du_C}{dt} = 0$  avec le temps caractéristique  $\tau = R \cdot C$ .
3. a. Déterminer la valeur du temps caractéristique  $\tau$ .
- b. En déduire la valeur de la capacité  $C$  du condensateur.



# S'entraîner pour maîtriser

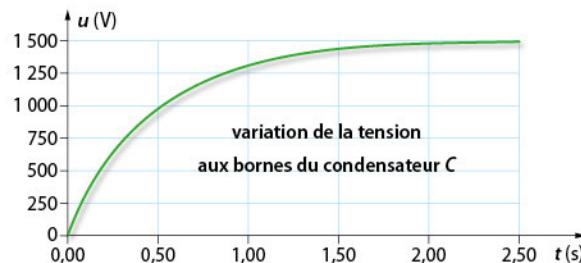
## SAVOIR RÉDIGER

### 30 Proposer une correction de la solution proposée par un élève à l'énoncé.

#### Énoncé

Le défibrillateur cardiaque est un appareil utilisé en médecine d'urgence. Il permet d'appliquer un choc électrique sur le thorax d'un patient, en cas de fibrillation cardiaque. Le défibrillateur cardiaque peut être représenté de façon simplifiée par un condensateur.

Lors de la mise en fonction du défibrillateur, le manipulateur obtient la charge du condensateur  $C$  représentée par la courbe ci-dessous.



- Quelle tension délivre le générateur lors de la charge du défibrillateur ? Quelles précautions faut-il envisager ?
- Déterminer la valeur du temps caractéristique  $\tau$  du circuit modélisant le défibrillateur lors de sa charge.
- a. Si l'on considère qu'un condensateur est chargé lorsque la tension entre ses bornes atteint 97 % de la tension maximale, au bout de quelle durée  $\Delta t$  le condensateur sera-t-il chargé ?
- b. Comparer cette durée à la valeur habituellement admise de  $5 \cdot \tau$ .

#### Solution proposée par un élève

- La tension délivrée par le générateur vaut 1 500 V. C'est une tension élevée.
- Sur le graphique, on cherche la durée pour laquelle on a 63 % de la tension maximale.  
On trouve  $\tau = 0,5$  s.
- a. On fait  $0,97 \times 1\ 500 = 1\ 455$  V ce qui correspond à 2,5 s.
- b. On a  $5 \cdot \tau = 5 \times 0,5 = 2,5$  s. C'est le même résultat

Justifier en vous appuyant sur le graphique

Attention aux chiffres significatifs

Argumentation à développer

### 31 La bouteille de Leyde HISTOIRE DES SCIENCES

La bouteille de Leyde est considérée comme l'ancêtre du condensateur. Elle est formée d'une électrode supérieure reliée à des feuilles d'or froissées à l'intérieur d'une bouteille en verre. Une deuxième électrode est une feuille métallique en étain enveloppant l'extérieur de la bouteille. Reliée à un générateur, la bouteille de Leyde peut accumuler des charges électriques.



- Schématiser une bouteille de Leyde en indiquant les éléments qui jouent le rôle des armatures.

Le tableau ci-dessous regroupe les mesures de la tension électrique  $u_C$  aux bornes d'une bouteille de Leyde en fonction de la charge  $q$  portée par son armature positive.

$u_C$ (V)	0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
$q (\times 10^{-9} \text{ C})$	0	1,9	4,2	6,1	7,9	10,1

- Tracer et modéliser la courbe des variations de  $q$  en fonction de  $u_C$ .

- En déduire la relation numérique entre la tension  $u_C$  et la charge  $q$ .

- Déterminer la valeur de la capacité  $C$  du condensateur équivalent à cette bouteille de Leyde.

#### 32 Simulation d'un comportement capacitif

Le programme Python ci-dessous permet de simuler le tracé de deux fonctions qui représentent l'intensité du courant qui traverse un dipôle, et la tension à ses bornes, lorsqu'il est alimenté par un GBF.

- Exécuter ce programme et déterminer si  $i(t)$  est en avance de phase ou en retard par rapport à  $u(t)$ .

- Proposer une modification de ce programme pour obtenir un graphique qui correspondrait à un dipôle qui aurait un comportement capacitif.

```

1 #définition des bibliothèques
2 import matplotlib.pyplot as plt
3 import numpy as np
4 from math import sin,pi
5
6 #définition de l'abscisse
7 t=np.linspace(0,4*pi,2000)
8
9 #définition des fonctions
10 u=[0.8*sin(1.2*x) for x in t]
11 i=[0.5*sin(1.2*x-0.8) for x in t]
12
13 #Courbes à tracer
14 plt.plot(t,u)
15 plt.plot(t,i)
16
17 #Mise en forme du graphique
18 plt.legend([« u(t) », « i(t) »])
19 plt.xlabel (« t(en s) »)
20 plt.ylabel (« u(en V) et i(mA) »)
21 plt.grid()
22
23 plt.show

```



# EXERCICES

## 33 Modéliser la foudre



Les cumulonimbus sont des nuages bien connus. Lors des orages, ils sont fortement chargés électriquement : le sommet du nuage est plutôt chargé positivement alors que sa base est négative. Il en résulte que le sol se charge positivement par influence.

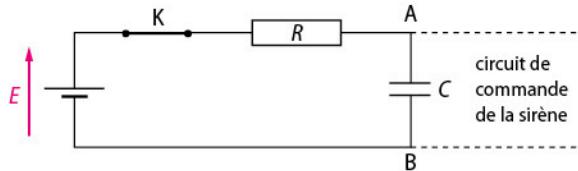
Par temps d'orage, on peut comparer le système {base du nuage - sol} à un gigantesque condensateur constitué par de l'air placé entre le bas du nuage et le sol.

**Données :** ordres de grandeur de  $R : 1 \text{ k}\Omega$  et de  $C : 10 \text{ nF}$

1. a. Expliquer en quoi la situation précédente peut être modélisée par un condensateur ? Préciser en particulier ce qui jouerait le rôle des armatures et de l'isolant.
- b. Expliquer l'origine de la charge positive du sol.
2. Il est possible de modéliser l'apparition de la foudre par la décharge de ce condensateur dans un conducteur ohmique. Représenter le schéma du circuit électrique qui modélise cette situation.

## 34 Système d'alarme DÉMARCHES DIFFÉRENCIÉES

Lorsque l'on rentre dans un logement sous alarme, il faut disposer d'une durée suffisante pour désactiver le dispositif sans qu'il se déclenche. Pour cela, certains dispositifs utilisent la charge d'un condensateur. La situation est alors modélisée par le circuit ci-dessous.



L'ouverture de la porte du logement à l'instant initial déclenche la charge du condensateur. Le circuit de commande déclenche la sirène dès que le condensateur est chargé.

**Données :**  $R = 47 \text{ k}\Omega$ ;  $C = 1,1 \times 10^3 \mu\text{F}$ ;  $E = 9,0 \text{ V}$ .

### DÉMARCHE AVANCÉE

Évaluer la durée dont dispose l'utilisateur pour désactiver le système d'alarme et commenter.

### DÉMARCHE ÉLÉMENTAIRE

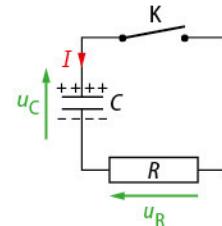
1. Calculer le temps caractéristique  $\tau$  de ce circuit.
2. À partir de combien de  $\tau$  peut-on considérer qu'un condensateur est chargé ? En déduire la durée dont dispose l'utilisateur pour désactiver l'alarme.
3. Cette durée vous semble-t-elle suffisante ?

## 35 Lampe secouée

Avec les lampes de poche « sans pile », l'utilisateur doit secouer la lampe pendant une trentaine de secondes pour produire de l'énergie électrique qui est stockée dans un condensateur.



Le fonctionnement de cette lampe peut être modélisé par la décharge d'un condensateur  $C$  dans un conducteur ohmique de résistance  $R$ . À  $t_0 = 0 \text{ s}$ , la tension aux bornes du condensateur vaut  $u_0 = 3,6 \text{ V}$ . À la fermeture de l'interrupteur  $K$ , la décharge débute.



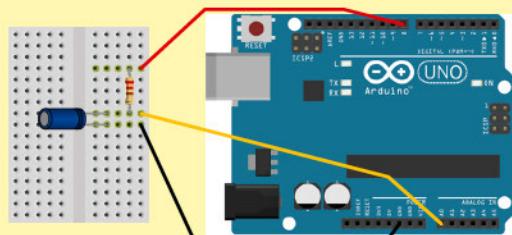
**Données :**  $C = 1,0 \text{ F}$ ;  $R = 220 \Omega$ ;  $u_0 = 3,6 \text{ V}$ .

1. Établir l'équation différentielle vérifiée par  $u_C(t)$  pendant la décharge et montrer qu'elle peut s'écrire sous la forme :  
$$\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{R} \cdot u_C = 0 \quad \text{où } \tau = R \cdot C \text{ est le temps caractéristique.}$$
2. Vérifier par une analyse dimensionnelle que le temps caractéristique  $\tau$  est homogène à un temps.
3. a. Montrer que  $u_C(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$  est solution de l'équation différentielle précédente.  
b. En déduire qu'une durée environ égale à  $5\tau$  permet une décharge quasi complète du condensateur.
4. Évaluer la durée de fonctionnement de la lampe.

## À L'ORAL

### 36 Microcontrôleur

On réalise le circuit schématisé ci-dessous.



```
int etat = 0; // 0 au début, 1 pendant la charge
void setup() {
    pinMode(8, OUTPUT);
    Serial.begin(9600);
    digitalWrite(8,LOW); // décharge initiale
    delay(2000);
    etat = 1; // charge du condensateur
    digitalWrite(8,HIGH);
}
```

Préparer un exposé oral d'une durée de quelques minutes, afin de : présenter l'objectif de ce circuit ; justifier les choix de branchement qui ont été réalisés ; commenter l'extrait du programme permettant de réaliser les mesures attendues avec le microcontrôleur ; prévoir le résultat attendu.

### Les mots-clés à utiliser

- condensateur
- charge électrique
- capacité
- circuit RC série
- temps caractéristique

## 37 RETOUR SUR LA PAGE D'OUVERTURE

Préparer un exposé oral qui explique le principe de fonctionnement d'un capteur capacitif exploité dans les systèmes micro-électromécaniques (accéléromètres, écrans tactiles, etc.).



# Développer ses compétences

## 38 Titre de transport

### RÉSOLUTION DE PROBLÈME



**AN/RAI** Faire des prévisions à l'aide d'un modèle

Aux heures de pointe, des milliers de lycéens valident leur carte d'abonnement avant de prendre le bus.

#### DOC 1 Carte d'abonnement RFID

Dans la plupart des agglomérations, les cartes d'abonnement de transport en commun sont basées sur la technologie *Radio Frequency identification* (RFID). L'utilisateur présente sa carte devant la borne sans la sortir de son sac.

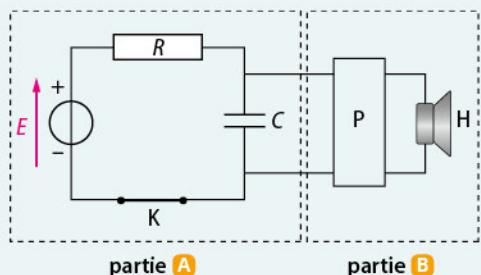
L'identification RFID nécessite :

- une étiquette comprenant une puce électronique reliée à une petite antenne et montée sur la carte de transport ;
- un lecteur qui se compose d'un scanner avec des antennes pour transmettre et recevoir les signaux de communication avec l'étiquette ;
- un microcontrôleur qui traite les données échangées.



#### DOC 2 Modélisation du dispositif

Le circuit d'une étiquette RFID d'une carte d'abonnement de transport en commun peut être modélisé par le circuit schématisé ci-dessous.



Le bobinage d'antenne de l'étiquette qui reçoit l'onde radio et dans lequel naît le courant est modélisé, par souci de simplification, par un générateur délivrant une tension  $E$ .

Le conducteur ohmique de résistance  $R$  représente la résistance de l'étiquette.

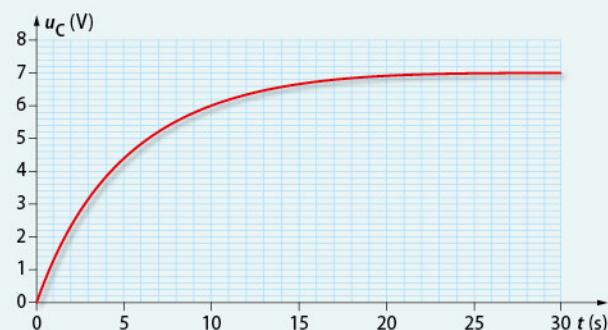
Lorsque le passe de l'usager est suffisamment proche du lecteur, un courant prend naissance dans le circuit, ce qui correspond à la fermeture de l'interrupteur  $K$  à la date  $t_0 = 0$ , et charge le condensateur de capacité  $C$ .

Quand la tension aux bornes du condensateur devient supérieure à une tension seuil, notée  $U_S$ , le composant électronique  $P$  (qui correspond au circuit intégré de réponse de l'étiquette) alimente le haut-parleur  $H$  qui émet un son. Le titre de transport est alors validé.



Circuit RFID à l'intérieur d'une carte.

#### DOC 3 Variation de la tension aux bornes du condensateur



#### QUESTIONS PRÉLIMINAIRES

- Reproduire le schéma de la partie A du circuit électrique (doc. 2) et indiquer le sens du courant ainsi que les tensions aux bornes du conducteur ohmique et du condensateur.
- Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension  $u_C$  aux bornes du condensateur s'écrit :

$$u_C + RC \frac{du_C}{dt} = E.$$

- Vérifier que  $u_C(t) = E(1 - \exp(-t/RC))$  est bien solution de cette équation différentielle et donner l'expression littérale du temps caractéristique  $\tau$  du circuit ainsi que son unité par analyse dimensionnelle (FICHE MÉTHODE ➔ p. 544).

#### LE PROBLÈME À RÉSOUTRE

On constate que le composant électronique  $P$  n'alimente le haut-parleur  $H$  qu'au bout d'une durée égale à  $2\tau$ , que l'on appelle temps de réponse du circuit.

**Peut-on dire que le temps de réponse du modèle est vraisemblable dans le cas de l'usage d'une carte d'abonnement de transport ?**

*Il est attendu une prise d'initiative et une présentation de la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.*

## 39 Stimulateur cardiaque

RÉSOLUTION DE PROBLÈME

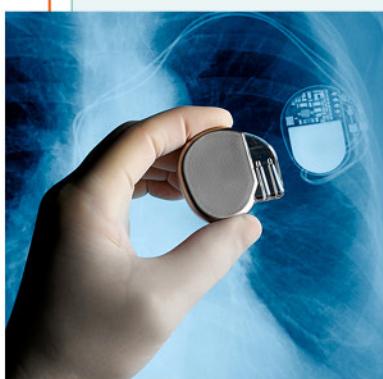
VAL Confronter un modèle à des résultats expérimentaux

**En France, environ 200 000 personnes portent un stimulateur cardiaque pour leur assurer un rythme cardiaque normal.**



## DOC 1 Fonctionnement d'un stimulateur cardiaque

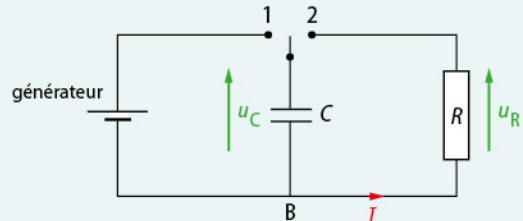
Un stimulateur cardiaque est un petit appareil généralement placé dans la poitrine pour aider à contrôler les rythmes cardiaques anormaux. Cet appareil utilise des impulsions électriques pour amener le cœur à battre à un rythme normal, entre 70 et 80 battements par minute. En effet, le cœur possède son propre système électrique interne qui contrôle le rythme cardiaque : à chaque battement de cœur, un signal électrique se propage du haut du cœur vers le bas, ce qui provoque la contraction du cœur et le pompage du sang. Un stimulateur cardiaque se compose d'une batterie, d'un microcontrôleur associé à un dispositif électronique et de fils reliés à des électrodes. La batterie alimente le microcontrôleur que les fils et les électrodes relient au cœur.



## DOC 2 Modélisation du circuit de stimulation

## DOC 2 Modélisation du circuit de stimulation

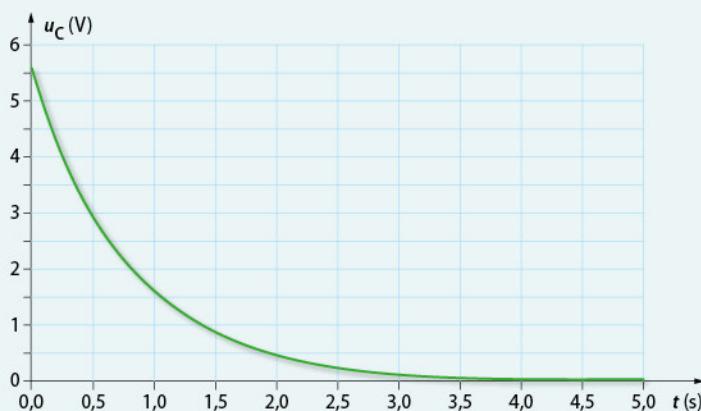
Le simulateur cardiaque peut être modélisé par le circuit électrique schématisé ci-dessous.



Le microcontrôleur, modélisé par l'interrupteur, permet la charge rapide du condensateur puis sa décharge dans un conducteur ohmique de résistance  $R$  élevée. Quand la valeur de la tension  $u_R$  atteint une valeur seuil, le dispositif envoie une impulsion électrique au cœur au travers des électrodes.

L'interrupteur bascule à nouveau en position 1, ce qui permet une nouvelle charge du condensateur et la reprise du cycle de charge/décharge. La durée de ce cycle est égale au temps caractéristique du circuit RC série ainsi formé.

## DOC 3 Étude du circuit de modélisation



## DONNÉES

- Résistance du conducteur ohmique modélisant le circuit de décharge :  $R = 2 \text{ M}\Omega$
- Capacité du condensateur modélisant le dispositif d'impulsions :  $C = 4 \times 10^{-4} \text{ mF}$

## QUESTIONS PRÉLIMINAIRES

1. a. Établir l'expression de la tension aux bornes du condensateur lors de sa décharge.
- b. En déduire l'expression du temps caractéristique  $\tau$  en fonction de  $R$  et de  $C$  puis calculer sa valeur.
2. Montrer que le résultat précédent est cohérent avec le graphique expérimental du document 3.

## LE PROBLÈME À RÉSOUVRIR

Montrer que la durée au bout de laquelle un cycle du stimulateur cardiaque se reproduit est compatible avec une fréquence cardiaque normale.

Il est attendu une prise d'initiative et une présentation de la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.



## 40 Sonde thermique RÉSOLUTION DE PROBLÈME

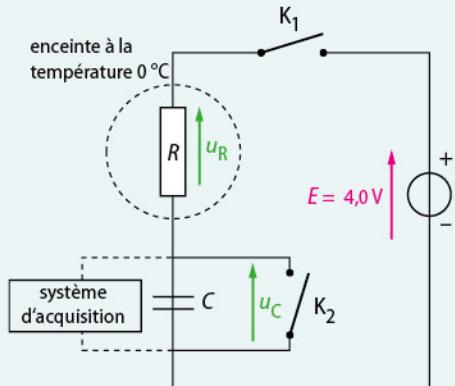
### RÉA Utiliser un modèle

**Les capteurs de température sont omniprésents dans les applications technologiques très courantes.**

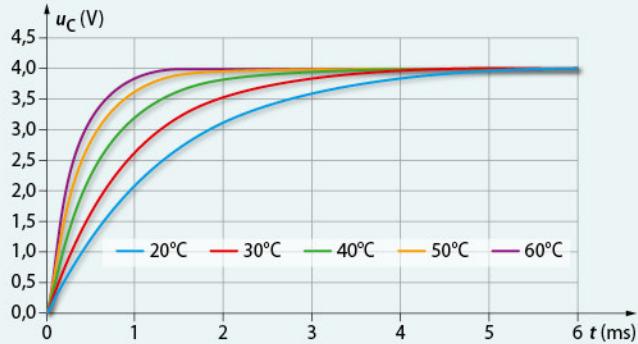
#### DOC 1 Modélisation d'un capteur de température

Un grand nombre de capteurs de mesure de température peuvent être modélisés par un circuit RC série. Dans le dispositif proposé :

- le condensateur a une capacité  $C = 1,0 \mu\text{F}$  ;
- le conducteur ohmique est une thermistance : la valeur  $R$  de sa résistance dépend de la température ;
- la température, notée  $\theta$ , est fixée par une enceinte isolée ;
- un système d'acquisition permet d'enregistrer l'évolution au cours du temps de la tension  $u_C$  aux bornes du condensateur en fonction de  $\theta$ .



#### DOC 2 Enregistrement de la tension $u_C$ en fonction du temps pour différentes valeurs de la température $\theta$



#### QUESTIONS PRÉLIMINAIRES

- Rappeler l'expression du temps caractéristique  $\tau$  du circuit étudié en fonction de  $R$  et  $C$ .
- Démontrer que  $u_C(\tau) = 0,63 \times E$ .
- À l'aide du document 2, déterminer le temps caractéristique  $\tau_{20}$  pour une température de 20 °C et en déduire que la résistance  $R_{20}$  correspondante vaut 1,3 kΩ.

#### LE PROBLÈME À RÉSOUVRIR

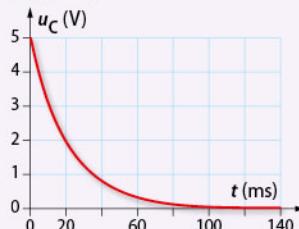
Pour ce type de capteur, la courbe d'étalonnage s'écrit :  $R = f(\theta)$ .

**Déterminer la température si la valeur de la résistance de la thermistance vaut 500 Ω.**

*Il est attendu une prise d'initiative et une présentation de la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.*

## VERS LE SUP'

#### 41 Supercondensateur



On étudie la décharge d'un condensateur dans un circuit RC série relié à un générateur de tension  $E = 5,0 \text{ V}$ . Une interface, reliée à un ordinateur, permet d'enregistrer les valeurs de la tension aux bornes du condensateur  $u_C$  en fonction du temps. On obtient le graphique ci-contre.

- Démontrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension  $u_C$  est de la forme :

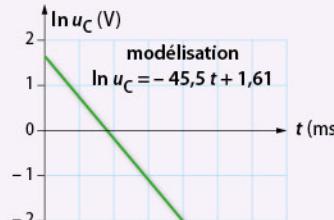
$$u_C + \frac{1}{\alpha} \frac{du_C}{dt} = 0$$

- Identifier le rapport  $1/\alpha$  et préciser son unité.

- La solution de l'équation différentielle précédemment établie est de la forme :  $u_C = E \exp(-\alpha \cdot t)$ .

Établir l'expression du logarithme népérien de sa valeur, notée  $\ln(u_C)$ .

- On a tracé, à l'aide d'un logiciel, la courbe représentant  $\ln(u_C)$  en fonction du temps.



- Montrer que l'allure de cette courbe est en accord avec l'expression obtenue.
- Avec laquelle des trois valeurs proposées pour le temps caractéristique  $\tau$  les résultats de la modélisation vous semblent-ils en accord : 0,46 ms ; 2,2 ms ; 22 ms ?
- Pendant combien de  $\tau$  faut-il maintenir le commutateur dans la position convenable pour que la décharge du condensateur puisse être considérée comme totale ?

## Charge et décharge d'un condensateur

### Contexte

L'objectif est de déterminer la capacité d'un condensateur par la mesure d'un temps caractéristique en visualisant, à l'aide d'un oscilloscope, la tension aux bornes d'un condensateur lors de sa charge et de sa décharge.

### Documents mis à disposition

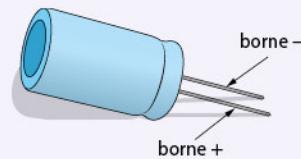
Les condensateurs sont des dipôles qui peuvent stocker de l'énergie sous forme de charges électriques. Ils ont de nombreuses utilisations, tels que les filtres dans les alimentations et les circuits électroniques, ou pour constituer des réservoirs d'énergie. Un condensateur est caractérisé par la valeur de sa capacité  $C$  exprimée en farad (F).

Un circuit RC série est le moyen le plus simple de mettre en évidence la charge et la décharge du condensateur. Ces régimes transitoires sont quantifiés à l'aide d'une grandeur appelée temps caractéristique qui est égale à la durée requise pour que la tension aux bornes du condensateur atteigne 63 % de la valeur de la tension délivrée par le générateur lors de la charge. La valeur du temps caractéristique est aussi égale au produit  $R \cdot C$ .

Notice d'utilisation des appareils électriques : GBF, oscilloscope, multimètre.

### Matériel mis à disposition

- un générateur basse fréquence (GBF) réglé pour délivrer un signal carré de fréquence 20 Hz
- un oscilloscope
- un multimètre
- un conducteur ohmique de résistance  $R = 10 \text{ k}\Omega$
- un condensateur à étudier
- des fils de connexion



### Travail à effectuer

#### 1. (APP) Réglages du GBF et de l'oscilloscope (15 min conseillées)

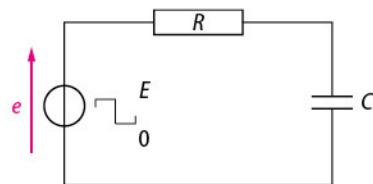
- Relier le GBF à l'oscilloscope et réaliser les réglages nécessaires afin :
  - que le signal carré délivré par le GBF ait une amplitude de 5,0 V ;
  - qu'au moins deux périodes du signal soient visualisables sur l'écran de l'oscilloscope.



**Être en mesure de présenter les réglages effectués**

#### 2. (AN/RAI) (RÉA) Charge et décharge du circuit RC (20 min conseillées)

1. Réaliser le circuit schématisé ci-contre en respectant la polarité du condensateur.
2. Indiquer sur le schéma les branchements qui permettront de visualiser à l'oscilloscope les tensions aux bornes du générateur (voie A) et du condensateur (voie B).
3. Réaliser les branchements après validation par le professeur.



**Être en mesure de présenter le montage expérimental**

#### 3. (RÉA) (VAL) Mesure du temps caractéristique (30 min conseillées)

1. Mesurer la valeur du temps caractéristique du circuit RC en optimisant les réglages de l'oscilloscope.
2. En déduire la valeur expérimentale de la capacité du condensateur étudié.  
Cette valeur est-elle en accord avec l'indication fournie par le constructeur ?
3. Défaire le montage et ranger la paillasse

## UNE QUESTION

**Les condensateurs peuvent-ils remplacer les batteries ?****Enjeu de la question**

*Les appareils électriques nomades nécessitent de disposer d'une source d'énergie assurant le fonctionnement attendu par l'utilisateur. À ce titre, les condensateurs sont souvent présentés comme les batteries du futur.*

**Proposition de plan de présentation**

1. Rappeler le principe de fonctionnement d'une batterie électrochimique.
2. Rappeler le principe de fonctionnement d'un condensateur.
3. Comparer les avantages et inconvénients des caractéristiques principales des deux dispositifs.
4. Conclusion : intérêt des condensateurs et perspectives.

**Les mots-clés**

rapidité de charge/décharge ▶ capacité de stockage  
▶ énergie ▶ durée de vie ▶ rendement

**Exemple de support de présentation**

	batterie		condensateur
VITESSE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Charge lente</li> <li>• Décharge limitée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Charge/Décharge rapide</li> </ul>	
CAPACITÉ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forte capacité de stockage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacité de stockage limitée</li> </ul>	
DURÉE DE VIE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre de cycles de charge limité</li> <li>• Usure des constituants</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre de cycles presque illimité</li> <li>• Pas d'usure du composant</li> </ul>	
RENDEMENT	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rendement limité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rendement très élevé</li> </ul>	

**Batterie vs Condensateur****QUESTIONS D'APPROFONDISSEMENT POSSIBLES**

Un supercondensateur de capacité  $C = 0,5 \text{ F}$  préalablement chargé se vide dans un conducteur ohmique de résistance  $1 \text{ k}\Omega$ .

Peut-on évaluer la durée de sa décharge ?

Qu'appelle-t-on débit de charges électriques ?

Comment reconnaître un comportement capacitif ?

Comment décrire le phénomène de condensation électrique ?

À propos des condensateurs

De quelle façon définir la capacité  $C$  d'un condensateur ?

Quels sont les paramètres dont dépend la durée de la charge d'un condensateur ?

Qu'appelle-t-on temps caractéristique d'un condensateur ?

**UN EXEMPLE DE PROJET PROFESSIONNEL**

Les métiers associés au stockage de l'énergie et plus généralement aux économies d'énergie connaissent un développement important. La recherche de solutions technologiques permettant une optimisation du stockage et des rendements nécessite des développements nombreux qui s'appuient sur l'innovation et l'expérience.

**Après le bac :** Bac + 2 DUT ou BTS puis licence professionnelle dans le génie électrique

**Autres métiers :** Technicien de maintenance industrielle, ingénieur en génie électrique, électronicien

Un **électrotechnicien** est une personne qui conçoit et développe de nouveaux systèmes électriques et teste des équipements technologiques et industriels. Il étudie et applique la physique et les mathématiques de l'électricité, de l'électromagnétisme et de l'électronique à des systèmes à grande et à petite échelle pour, par exemple, traiter l'information ou stocker de l'énergie.

