Terminale Spécialité Physique-Chimie	Thème : Ondes et signaux	M.KUNST-MEDICA	
Chapitre 18 : Dynamique d'un circuit électrique		Cours livre p 428 à 432	

Nom : …………………… Prénom : …………………. Classe : ……………………

Mon livret « Parcours d'exercices ».

A remettre au professeur le jour du DS avec les feuilles d'exercices

Site internet : http://www.lasallesciences.com

Les « attendus » du chapitre

Bilan	Mon opinion après avoir réalisé les exercices	Avis du professeur après le DS
AD 18.1 : Résistor, condensateur et capacité d'un condensateur		
Relier l'intensité d'un courant électrique au débit de charges.	- +	- +
Identifier des situations variées 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.	- +	- +
Illustrer qualitativement l'effet de la géométrie d'un conducteur sur la valeur de sa capacité.	- +	- +
Expliquer le principe de fonctionnement de quelques capteurs capacitifs.	- +	- +
Identifier et tester le comportement capacitif d'un dipôle.	- +	- +
AE 18.2 : Réparation d'un ventilateur et AE 18.3 : Charge et décharge		
Établir et résoudre l'équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes d'un condensateur dans le cas de sa charge par une source idéale de tension et dans le cas de sa décharge.	- +	- +
Illustrer qualitativement, par exemple à l'aide d'un microcontrôleur, l'effet de la géométrie d'un conducteur sur la valeur de sa capacité.	- +	- +
Déterminer le temps caractéristique d'un dipôle RC à l'aide d'un microcontrôleur.	- +	- +

La vidéo du chapitre

https://www.youtube.com/watch?v=UaS66RBS2oY
Les condensateurs

Les bons réflexes

Si l'énoncé demande de...	Il est nécessaire de...
Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension u_C aux bornes du condensateur dans le cas de sa charge par une source idéale de tension, ou de sa décharge.	**Réflexe 1** Ex. 12 p. 437 • Appliquer **la loi des mailles pour établir la relation entre les tensions dans le circuit.** • Utiliser **la loi d'Ohm pour exprimer la tension aux bornes du conducteur ohmique.** • Exprimer i **en utilisant la relation** $i = C \times \frac{du_C}{dt}$. • Identifier, **si nécessaire, le produit** $R \times C$ **au temps caractéristique, noté** τ, **du dipôle** RC.
Résoudre l'équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes du condensateur.	**Réflexe 2** Ex. 15 p. 438 • Écrire **l'équation différentielle sous la forme** $\frac{du_C}{dt} = a \times u_C + b$ **(où** $a \neq 0$**).** • Rappeler **la forme générale des solutions de l'équation différentielle.** • Utiliser **les conditions initiales pour déterminer la constante d'intégration de la solution.**
Déterminer le temps caractéristique τ du dipôle RC.	**Réflexe 3** Ex. 17 p. 438 • Calculer **le produit** $R \times C$ **en veillant à respecter les unités.** ou • Exploiter **le graphique donnant l'évolution de** u_C **en fonction du temps.**

Côté maths

Côtémaths

Résoudre sur $\mathbb{R}$ l'équation différentielle $y' = 2y + 5$ pour laquelle $y(0) = 1$.

Méthode

Pour une équation différentielle $y' = ay + b$ (avec $a \neq 0$), il existe un ensemble de solutions de la forme :

$$y = K \times e^{ax} - \frac{b}{a}, \text{ avec } K \in \mathbb{R}$$

Les solutions de cette équation sont donc :

$$y = K \times e^{2x} - \frac{5}{2} \text{ avec } K \in \mathbb{R}$$

Or, $y(0) = 1$, donc $1 = K - \frac{5}{2}$, soit $K = \frac{7}{2}$.

L'unique solution de cette équation différentielle vérifiant $y(0) = 1$ est donc : $y = \frac{7}{2}e^{2x} - \frac{5}{2}$.

Côtéphysique&chimie

Déterminer la solution de l'équation différentielle :

$$u_C + R \times C \times \frac{du_C}{dt} = 0 \text{ avec } u_C(0) = E$$

Méthode

L'équation différentielle peut s'écrire sous la forme :

$$\frac{du_C}{dt} = -\frac{u_C}{R \times C}$$

Or les solutions d'une équation différentielle de la forme $y' = ay + b$ s'écrivent $y = K \times e^{ax} - \frac{b}{a}$, avec $K \in \mathbb{R}$ et $a \neq 0$.

Par analogie, on trouve comme solutions pour l'équation différentielle proposée : $u_C = K \times e^{-\frac{t}{R \times C}}$.

Sachant que $u_C(0) = E$, on trouve $K = E$.

L'unique solution de cette équation différentielle vérifiant $u_C(0) = E$ est donc : $u_C = E \times e^{-\frac{t}{R \times C}}$.

À retenir !

Théorème : **Les solutions d'une équation différentielle de la forme $y' = ay + b$ sont $y = K \times e^{ax} - \frac{b}{a}$ avec $K \in \mathbb{R}$ et $a \neq 0$.**

Les exercices du plan de travail

A faire après l'AD 14.1 : Résistor, condensateur et capacité d'un condensateur

***Lire** la correction de l'AD 14.1.*

***Étudier** le « I » et « II » du cours.*

Exercices d'application : 2-3-4-5-6-7-8-9 p 436-437

2 Définir une intensité

| Mobiliser et organiser ses connaissances.

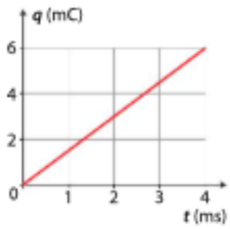
1. Quelle relation permet de définir l'intensité du courant électrique pendant une durée Δt ? L'illustrer d'un schéma.

2. Comment l'intensité du courant électrique est-elle définie dans une portion de conducteur ?

3 Comprendre l'intensité du courant

| Effectuer des calculs.

La charge électrique q traversant une section de conducteur est étudiée ci-contre.



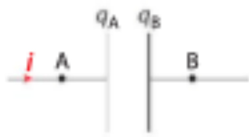
1. Comment la charge évolue-t-elle au cours du temps ?

2. Déterminer l'intensité du courant correspondante.

4 Comprendre le fonctionnement d'un condensateur

| Exploiter un schéma.

1. Identifier les parties conductrices et isolantes du condensateur schématisé ci-dessous.



2. Comment la charge électrique évolue-t-elle si l'intensité du courant i est positive ?

5 Exprimer une intensité

| Effectuer des calculs.

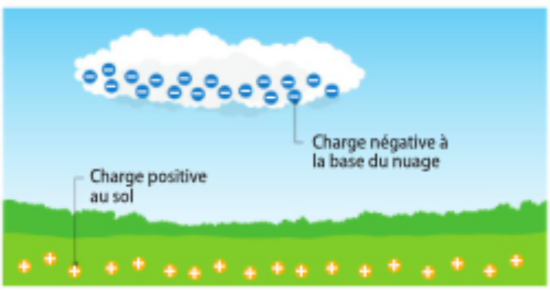
Un circuit comportant un condensateur est parcouru par un courant électrique d'intensité variable.

1. Quelle relation lie la tension aux bornes du condensateur à sa capacité ? Préciser les notations sur un schéma.

2. En déduire une relation entre l'intensité du courant et la tension aux bornes du condensateur.

6 Identifier un condensateur (1)

| Mobiliser et organiser ses connaissances.



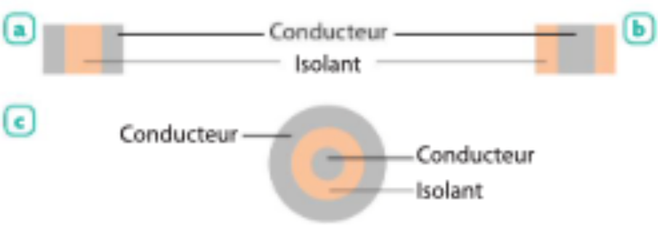
1. Expliquer pourquoi la situation illustrée s'apparente à celle observée lorsqu'un condensateur est chargé.

2. Représenter (direction, sens) le champ électrique qui règne dans l'espace séparant le nuage du sol.

7 Identifier un condensateur (2)

| Exploiter un schéma.

• Parmi les schémas ci-dessous, le(s)quel(s) représente(nt) un condensateur ?



A faire après l'AE 14.2 : Réparation d'un ventilateur et l'AE 14.3 : Charge et décharge

<u>Lire</u> les corrections de l'AE 14.2 et de l'AE 14.3

<u>Étudier</u> et <u>compléter</u> à l'aide du livre p 428 à 432 le « III » du cours.

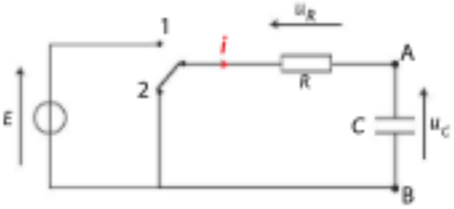
Exercices d'application : 10-11-12-13-14-15-16-17-18 p 437-438

10 Différencier charge et décharge d'un condensateur

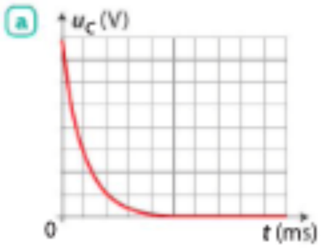
CORRIGÉ

| Mobiliser et organiser ses connaissances.

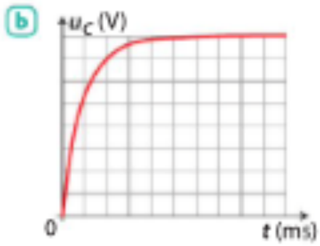
- Associer, à chaque position 1 ou 2 de l'interrupteur du schéma ci-dessous, le graphique représentant la tension u_C aux bornes du condensateur en fonction du temps.



a



b



11 Évaluer l'évolution d'une tension

| Tracer un graphique.

L'interrupteur du circuit de l'exercice 10 est placé en position 2 alors qu'il était en position 1 depuis longtemps.

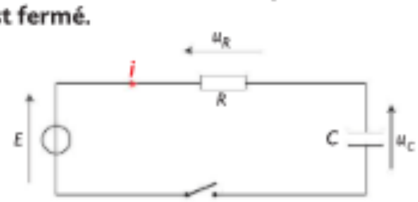
1. Le condensateur se charge-t-il ou se décharge-t-il ?
2. Représenter, sans souci d'échelle, l'évolution de la tension u_C aux bornes du condensateur en fonction du temps.

12 Établir une équation différentielle (1)

CORRIGÉ

| Effectuer un calcul.

Un condensateur préalablement déchargé est placé en série avec un conducteur ohmique. À $t = 0$ s, l'interrupteur est fermé.



1. Utiliser la loi des mailles pour établir une relation entre les tensions u_C, u_R et E.
2. Remplacer la tension u_R en utilisant la loi d'Ohm.
3. Sachant que $i = C \times \dfrac{du_C}{dt}$, trouver l'équation différentielle vérifiée par la tension u_C aux bornes du condensateur.

Utiliser le réflexe 1

13 Établir une équation différentielle (2)

| Faire un schéma adapté.

Un circuit est constitué d'un condensateur chargé de capacité C et d'un conducteur ohmique de résistance R.

1. Représenter le circuit correspondant et flécher les tensions.

2. Établir une relation entre la tension u_C aux bornes du condensateur et la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique.

3. En déduire l'équation différentielle vérifiée par la tension u_C.

Côté maths Côté maths 9 p. 435

14 Résoudre une équation différentielle

- Relier chaque équation différentielle à sa solution.

$y' = 2y + 3$ avec $y(0) = -1$	•	•	$y = \frac{9}{2} \times e^{2x} - \frac{3}{2}$
$y' = 2y$ avec $y(0) = 5$	•	•	$y = \frac{1}{2} \times e^{2x} - \frac{3}{2}$
$y' = 2y + 3$ avec $y(0) = 3$	•	•	$y = 5 \times e^{2x}$

15 Résoudre une équation différentielle

| Mobiliser et organiser ses connaissances.

L'équation différentielle vérifiée par la tension u_C aux bornes d'un condensateur chargé à l'aide d'une source idéale de tension E est : $\frac{du_C}{dt} = -\frac{u_C}{R \times C} + \frac{E}{R \times C}$.

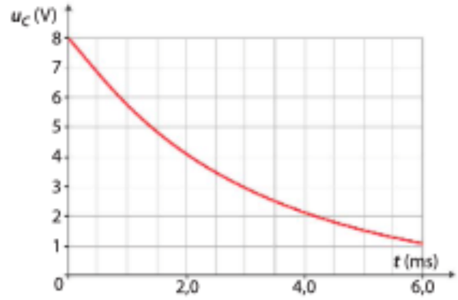
1. Rappeler la forme des solutions d'une équation différentielle $y' = ay + b$ avec $a \neq 0$.

2. Par identification, donner la forme des solutions de l'équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes du condensateur. Utiliser le réflexe 2

16 Trouver la solution d'une équation différentielle

| Exploiter un graphique.

La tension u_C aux bornes d'un condensateur est représentée ci-dessous en fonction du temps t.



Lors de la décharge d'un condensateur, cette tension a pour expression $u_C = K \times e^{-\frac{t}{R \times C}}$ où K est une constante d'intégration réelle.

- Exploiter cette représentation pour déterminer K.

17 Calculer un temps caractéristique

| Effectuer des calculs.

Un dipôle RC est constitué par l'association d'un condensateur de capacité $C = 47\ \mu F$ et d'un conducteur ohmique de résistance $R = 1{,}0\ k\Omega$.

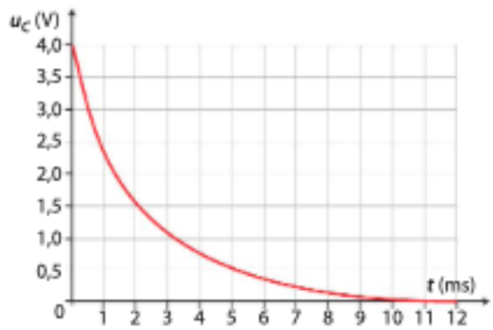
1. Calculer le temps caractéristique de ce dipôle. Utiliser le réflexe 3

2. À partir de la loi d'Ohm et de la relation $i = C \times \frac{du_C}{dt}$, vérifier par une analyse dimensionnelle que l'expression du temps caractéristique est homogène.

18 Déterminer une capacité par évaluation d'un temps caractéristique

| Exploiter un graphique.

Un condensateur de capacité C inconnue est associé à un conducteur ohmique de résistance $R = 1{,}0\ k\Omega$. La courbe ci-dessous représente la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps lors de sa décharge.



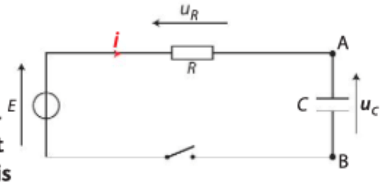
1. Déterminer graphiquement le temps caractéristique de la décharge de ce dipôle.

2. En déduire la capacité C du condensateur.

Exercices résolus bilan de fin de chapitre

Trois, deux, un, zéro, chargez !

Effectuer des calculs ; exploiter un graphique ;
écrire un résultat de manière adaptée.

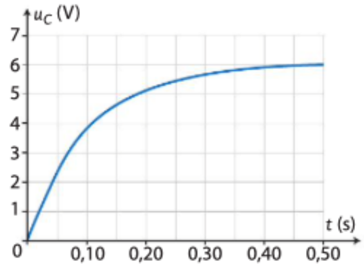


On associe un condensateur de capacité $C = 100\ \mu\text{F}$ en série avec un conducteur ohmique de résistance $R = 1{,}0\ \text{k}\Omega$. À l'instant $t = 0$ s, on ferme le circuit schématisé ci-contre. Préalablement déchargé, le condensateur est alors mis en charge. La source idéale de tension permettant cette charge est telle que $E = 6{,}0$ V.

1. **Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes du condensateur lors de sa charge.**

2. **Résoudre cette équation différentielle et montrer que, lors de la charge, la tension u_C peut s'écrire, avec u_C exprimée en volt et t exprimée en seconde :**

$$u_C = 6{,}0 \times \left(1 - e^{-\frac{t}{0{,}10}}\right)$$



3. **Retrouver graphiquement le temps caractéristique du dipôle RC.**

Solution rédigée

- On utilise le Réflexe 1.

Application de la loi des mailles

Utilisation de la loi d'Ohm pour exprimer u_R

Expression de i

Identification du produit $R \times C$ au temps caractéristique τ

1. D'après la loi des mailles dans le circuit, $E = u_R + u_C$ (1).

D'après la loi d'Ohm, $u_R = R \times i$.

De plus, $i = \frac{dq_A}{dt}$ et $q_A = C \times u_C$.

D'où $i = \frac{d(C \times u_C)}{dt} = C \times \frac{du_C}{dt}$.

Ainsi, $u_R = R \times C \times \frac{du_C}{dt}$ (2).

En remplaçant (2) dans (1), on obtient :

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

Le produit $R \times C$ est le temps caractéristique du dipôle RC que l'on note τ.

Ainsi, l'équation différentielle peut s'écrire :

$$E = \tau \times \frac{du_C}{dt} + u_C$$

- On utilise le Réflexe 2.

Écriture de l'équation différentielle sous la forme recherchée

Rappel de la forme générale des solutions de l'équation différentielle

Utilisation des conditions initiales pour déterminer la constante d'intégration de la solution

2. L'équation différentielle peut se réécrire sous la forme :

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

Les solutions de l'équation différentielle $y' = a \times y + b$ sont de la forme :

$y = K \times e^{ax} - \frac{b}{a}$ avec K un réel et $a \neq 0$.

Ici, les solutions sont de la forme $u_C = K \times e^{-\frac{t}{\tau}} + E$.

Initialement, le condensateur est déchargé, d'où $u_C(0) = 0$ V.

Or d'après la solution, $u_C(0) = K + E$. On en déduit : $K = -E$.

La solution de l'équation est donc : $u_C = E \times \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$.

$E = 6{,}0$ V et $\tau = R \times C$ soit $\tau = 1{,}0 \times 10^3\ \Omega \times 100 \times 10^{-6}\ \text{F} = 0{,}10$ s. On retrouve l'expression de u_C : $u_C = 6{,}0 \times \left(1 - e^{-\frac{t}{0{,}10}}\right)$ avec u_C en volt et t en seconde.

- On utilise le Réflexe 3.

Exploitation du graphique donnant l'évolution de u_C en fonction du temps

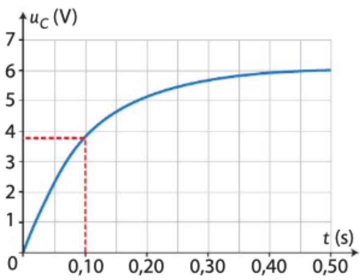
3. Le temps caractéristique peut être déterminé, par exemple, par la métho
suivante.

D'après l'expression obtenue à la question **2**, pour $t = \tau$, le condensateur atteint 63 % de sa charge. On détermine dans un premier temps la tension u_C correspondante :

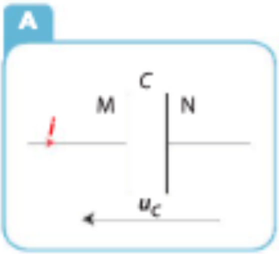
$u_C(\tau) = 0{,}63 \times 6{,}0\ \text{V} = 3{,}8$ V.

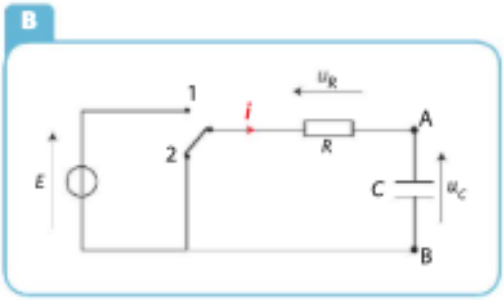
On lit graphiquement l'abscisse correspondante.

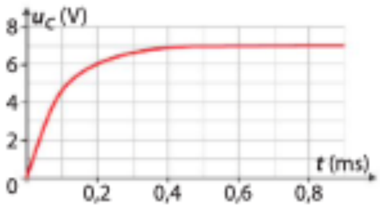
On retrouve le résultat de la question précédente : $\tau = 0{,}10$ s.



Le QCM de fin de chapitre

A


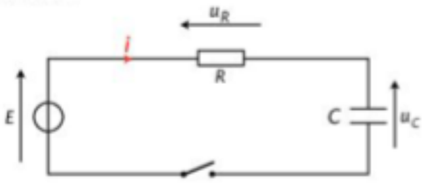
B


Pour chaque question, indiquer la (ou les) bonne(s) réponse(s), puis vérifier la correction p. 462.	A	B	C
1 L'intensité du courant électrique — Exercice interactif — Si erreur, revoir § 1 p. 428			
1. Pour le condensateur du schéma A, l'intensité i est donnée par :	$i = \frac{q_M}{u_C}$	$i = -\frac{dq_M}{dt}$	$i = \frac{dq_M}{dt}$
2. L'intensité du courant électrique peut s'exprimer en :	A	$s \cdot C^{-1}$	$C \cdot s^{-1}$
2 Le condensateur — Exercice interactif — Si erreur, revoir § 2 p. 428			
3. Dans un circuit électrique, les deux armatures d'un condensateur :	portent des charges de même signe.	portent des charges de signes opposés.	ne portent jamais de charges.
4. La capacité **C** d'un condensateur :	n'a pas d'unité.	s'exprime en coulomb.	s'exprime en farad.
5. Pour le condensateur du schéma A, la charge de l'armature M est :	$q_M = C \times u_C$	$q_M = \frac{C}{u_C}$	$q_M = \frac{u_C}{C}$
6. Les capacités des condensateurs qui se trouvent dans les ordinateurs peuvent être de l'ordre du : 	microfarad.	nanofarad.	mégafarad.
3 Le modèle du circuit *RC* série — Exercice interactif — Si erreur, revoir § 3 p. 429			
7. On considère le circuit représenté sur le schéma B. L'interrupteur est en position 2 depuis longtemps.	Le condensateur est chargé.	Le condensateur est déchargé.	La tension u_C ne varie pas.
8. L'interrupteur du circuit du schéma B est basculé en position 1. Juste après basculement :	le condensateur se charge.	l'intensité du courant est positive.	la tension u_C augmente.
9. Le temps caractéristique d'un dipôle *RC* :	est donné par le produit $R \times C$.	s'exprime en s.	permet d'estimer la durée de la charge ou de la décharge du condensateur.
10. 	Le temps caractéristique est environ 0,1 ms.	Cette courbe correspond à la décharge d'un condensateur.	Le condensateur est chargé après environ 0,5 ms.

Les exercices de fin de chapitre

EXERCICE 1

Un condensateur préalablement déchargé est placé en série avec un conducteur ohmique. À t = 0 s, l'interrupteur est fermé.



1. Utiliser la loi des mailles pour établir une relation entre les tensions u_C, u_R et E.
2. Remplacer la tension u_R en utilisant la loi d'Ohm.
3. Sachant que $i = C \times \frac{du_C}{dt}$, trouver l'équation différentielle vérifiée par la tension u_C aux bornes du condensateur.

EXERCICE 2

Un circuit est constitué d'un condensateur chargé de capacité C et d'un conducteur ohmique de résistance R.

1. Représenter le circuit correspondant et flécher les tensions.
2. Établir une relation entre la tension u_C aux bornes du condensateur et la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique.
3. En déduire l'équation différentielle vérifiée par la tension u_C.

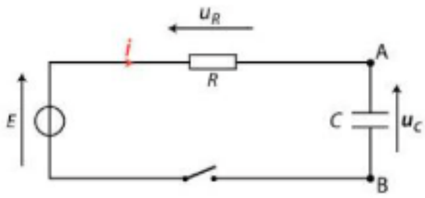
EXERCICE 3

L'équation différentielle vérifiée par la tension u_C aux bornes d'un condensateur chargé à l'aide d'une source idéale de tension E est : $\frac{du_C}{dt} = -\frac{u_C}{R \times C} + \frac{E}{R \times C}$

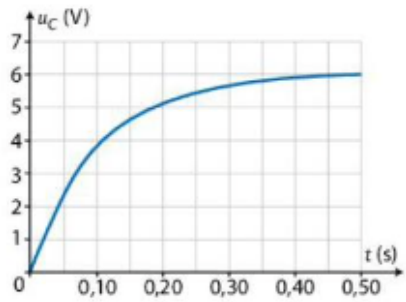
1. Rappeler la forme des solutions d'une équation différentielle y' = a.y + b avec a ≠ 0.
2. Par identification, donner la forme des solutions de l'équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes du condensateur.

EXERCICE 4

On associe un condensateur de capacité C = 100 µF en série avec un condensateur ohmique de résistance R = 1,0 kΩ. À l'instant t = 0 s, on ferme le circuit schématisé ci-contre. Préalablement déchargé, le condensateur est alors mis en charge. La source idéale de tension permettant cette charge est telle que E = 6,0 V.



1. Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes du condensateur lors de sa charge.
2. Résoudre cette équation différentielle et montrer que, lors de la charge, la tension u_C peut s'écrire, avec u_C exprimée en volt et t exprimée en seconde : $u_C = 6{,}0 \times (1 - e^{-\frac{t}{0{,}10}})$
3. Retrouver graphiquement le temps caractéristique du dipôle RC.



<u>Type Bac :</u> Lumière fluorescente (~ 1h30)

Les tubes fluorescents sont un type particulier de lampes électriques qui produisent de la lumière grâce à une décharge électrique. Leur lumière peut être blanche (pour l'éclairage) ou colorée (par exemple, pour la fabrication d'enseignes lumineuses). Les différentes couleurs obtenues dépendent de la nature du gaz utilisé dans les tubes ; ainsi, les lumières bleue, jaune ou rouge sont dues respectivement à la présence de mercure, de sodium ou de néon... Ces lampes sont d'ailleurs appelées par abus de langage « néons ». La tension électrique, appelée tension d'allumage, nécessaire pour produire la décharge électrique lors de l'allumage de ces lampes peut être produite dans un circuit électrique assimilé à un condensateur et un conducteur ohmique placés en série.

Cet exercice a pour objectif d'une part de comprendre comment le circuit électrique proposé dans le texte précédent permet d'allumer et d'éteindre un tube fluorescent et d'autre part d'étudier l'aspect visuel du phénomène.

Le circuit électrique, dans lequel est inséré le tube fluorescent, est schématisé sur la figure 3 ci-dessous.

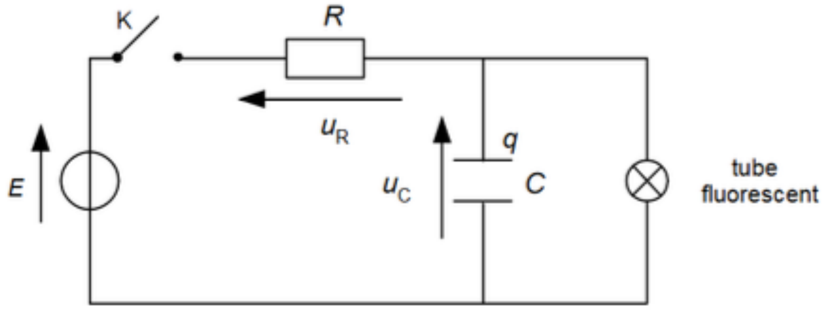


Figure 3. Schéma du circuit

Le tube fluorescent s'allume quand la tension à ses bornes dépasse 80 V, cette tension appelée tension d'allumage est notée U_a. Il s'éteint quand la tension u_c redescend sous la valeur de 30 V appelée tension d'extinction, notée U_e.

Quand le tube fluorescent est éteint, il se comporte comme un interrupteur ouvert. Par contre, lorsqu'il est allumé, il se comporte comme un conducteur ohmique de faible résistance.

Un système informatisé d'acquisition de données permet de visualiser la tension uC(t) en fonction du temps. À un instant t = 0 pris comme origine des dates, le tube fluorescent étant éteint, le condensateur n'étant pas chargé, on ferme l'interrupteur. On obtient le graphe de la figure 4 page 6.

Données :

- tension aux bornes du générateur: E = 100 V ;
- capacité du condensateur : C = 0,60 µF ;
- résistance du conducteur ohmique : R = 60 kΩ.

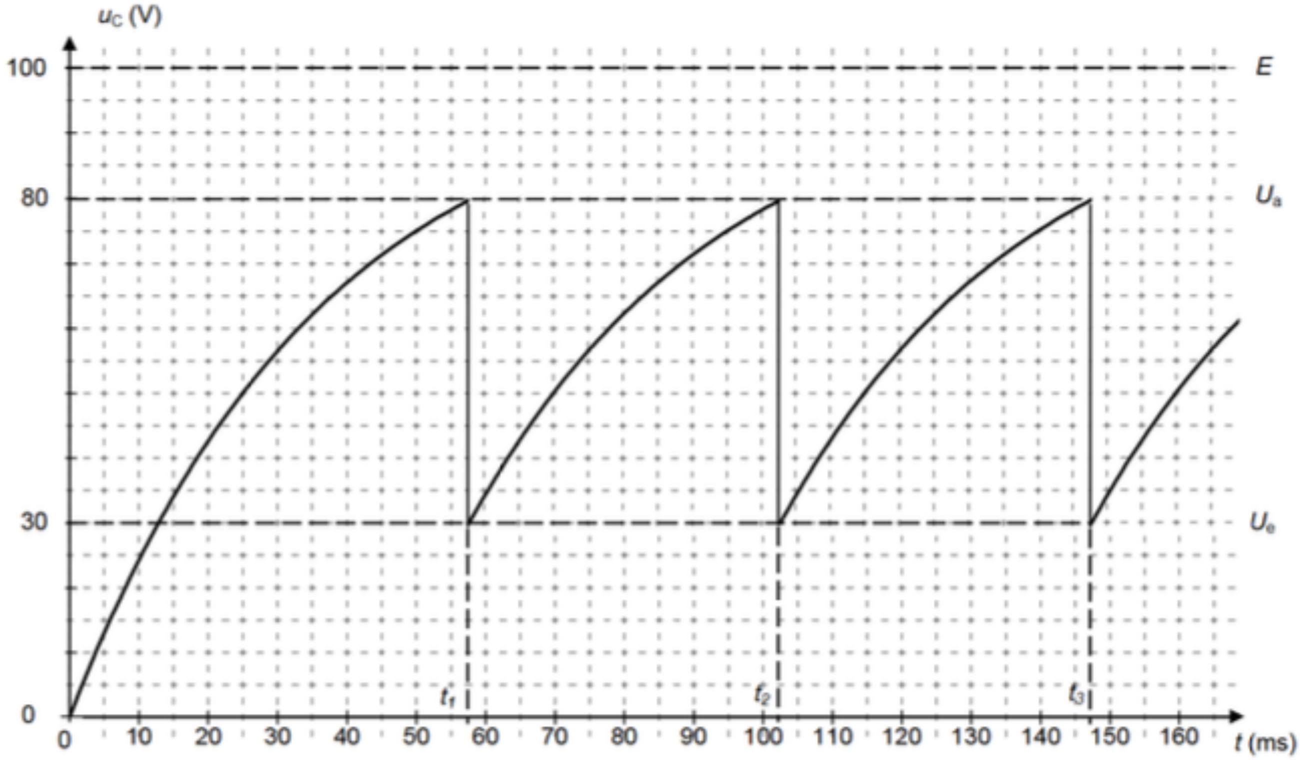


Figure 4. Évolution de la tension aux bornes du condensateur

1. Étude de l'évolution de la tension uC(t) dans la partie initiale comprise entre 0 et t_1

À un instant t = 0 pris comme origine des dates (tube fluorescent éteint, condensateur déchargé), l'interrupteur K est fermé. Le circuit précédent peut être simplifié selon le schéma de la figure 5 ci-dessous car le tube fluorescent se comporte comme un interrupteur ouvert.

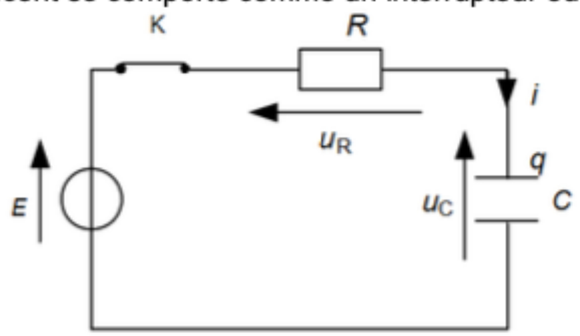


Figure 5. Schéma du circuit simplifié

1.a) Quel phénomène électrique se produit au niveau du condensateur quand on ferme l'interrupteur K ?

1.b) Établissement de l'équation différentielle régissant le fonctionnement de ce circuit.

i- Exprimer la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur en fonction de la charge q(t) et de la capacité C du condensateur.

ii- Écrire la relation entre la tension uR(t), l'intensité du courant i(t) et la résistance R.

iii- Donner la relation liant i(t) et q(t). En déduire la relation liant i(t) et $u_C(t)$.

iv- Établir l'équation différentielle régissant l'évolution de la tension uC(t) au cours du temps.

v- Vérifier que l'expression $U_C(t) = E\,(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$ est bien solution de cette équation différentielle.

1.c) À l'instant t_1, le tube s'allume. La tension aux bornes du condensateur vaut alors Ua appelée tension d'allumage.

i- D'après l'expression de $u_C(t)$ donnée à la question 1.2.5, quelle est la valeur maximale théorique que pourrait atteindre la tension u_C aux bornes du condensateur ?

ii- Donner l'expression de la constante de temps τ pour le circuit de la figure 5. Calculer sa valeur.

2. Étude des oscillations

L'interrupteur K de la figure 3 étant toujours fermé, à partir de la date t_1, le tube fluorescent est allumé. Il se comporte alors comme un conducteur ohmique de faible résistance r = 10 Ω. La résistance R étant très supérieure à la résistance r, le schéma de la figure 3 se simplifie comme représenté sur la figure 6.

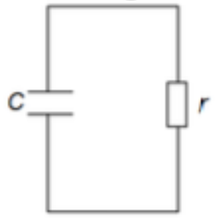


Figure 6. Schéma équivalent du montage simplifié quand le tube est allumé

2.a) Quel phénomène électrique se produit au niveau du condensateur juste après l'allumage ?

2.b) Calculer le rapport $\frac{\tau}{\tau'}$ où τ' est la constante de temps du dipôle (r, C) ainsi constitué.
Que faudrait-il faire au niveau de l'acquisition, si on voulait déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps τ' du dipôle (r, C) ?

2.c) Quand la tension u_C atteint la valeur de la tension d'extinction U_e = 30 V, le tube fluorescent s'éteint. Que se produit-il à nouveau au niveau du condensateur ?

2.d) Le tube est allumé pendant la décroissance de la tension de 80 V à 30 V et éteint dans la partie croissante de 30 V à 80 V. Que peut-on dire des durées pendant lesquelles le tube est allumé par rapport à celles où il est éteint ?

2.e) Choisir, en les justifiant, le ou les adjectif(s) permettant de qualifier le régime observé. À partir de l'instant t_1 on obtient un régime : apériodique - sinusoïdal - amorti - périodique - alternatif.

2.f) Que se passerait-il si la tension aux bornes du générateur avait été réglée à la valeur E = 60 V ? Justifier votre réponse.

3. Perception visuelle

Les successions d'allumages et d'extinctions du tube fluorescent peuvent ne pas se voir du fait de la persistance rétinienne des images. En effet, pour une intensité lumineuse telle que celle émise par ce tube, notre cerveau met environ 50 ms à « éliminer » une image de la rétine de l'œil.

3.a) Mesurer sur le graphe de la figure 4 la durée Δt d'un cycle allumage-extinction.

3.b) Que voit une personne qui regarde le tube fluorescent dans le cas de l'expérience précédemment étudiée ? Justifier votre réponse.

3.c) On multiplie par cinq la valeur de la capacité C du condensateur dans le circuit de la figure 3, les autres paramètres de l'expérience initiale n'étant pas modifiés. Que voit désormais une personne qui regarde le tube fluorescent (aucun calcul n'est demandé) ?

TYPE BAC 20 : LA VOITURE ELECTRIQUE

Voici la Bluecar ou B^0 : c'est une petite voiture citadine entièrement électrique, elle n'émet aucun gaz, aucune particule fine.
Alimentées par des batteries (Lithium Métal Polymère) des supercapacités et des panneaux solaires, ces voitures possèdent une autonomie de plus de 250 km soit bien plus que les 40 km qui sont la moyenne des déplacements.
Les supercapacités ont pour rôle de récupérer et stocker l'énergie de freinage, pus de la restituer au redémarrage. Il en résulte des accélérations plus puissantes, une augmentation de l'autonomie et une durée de vie accrue pour la batterie.
Ce sont des voitures rapides, leur vitesse maximale est de 130 km/h, agréables à conduire, sûres et endurantes.

D'après le site Internet Bluecar.

Le supercondensateur
Les supercondensateurs ont une capacité de plusieurs milliers de farads et une tension d'utilisation de 2,7 V. Un supercondensateur est équivalent à un dipôle MP associant en série un condensateur de grande capacité *C* et un conducteur ohmique de faible résistance *R* (voir la **figure 1** ci-dessous).

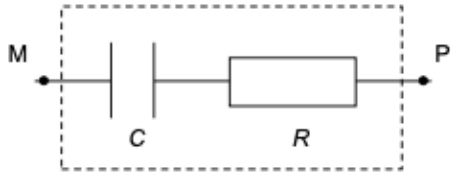


Figure 1. Modèle du supercondensateur

Les caractéristiques techniques d'un supercondensateur qu'on peut trouver à partir du site internet du constructeur sont les suivantes :

Capacité (25°C, 100 A)	$2{,}6 \times 10^3$ F	Masse	0,500 kg
Tension d'utilisation	2,7 V	* Énergie spécifique (2,7 V, 25°C)	$1{,}9 \times 10^4$ J.kg^{-1}
Résistance série (25°C,100 A)	0,35 mΩ	Constante de temps (25°C,100 A)	0,90 s

***L'énergie spécifique est l'énergie que le supercondensateur peut restituer par unité de masse.**

1. Étude théorique préalable de la décharge du supercondensateur

On étudie la décharge du supercondensateur, celui-ci ayant été au préalable chargé sous la tension d'utilisation E = 2.7 V.
Le schéma du circuit électrique de décharge est donné **figure 2**.
Avec l'orientation choisie, l'intensité i du courant s'exprime par la relation $i = \frac{dt}{dt}$

où q est la charge positive portée par l'armature N du condensateur. La tension aux bornes du dipôle NM s'exprime par la relation $u_C = \frac{q}{C}$.

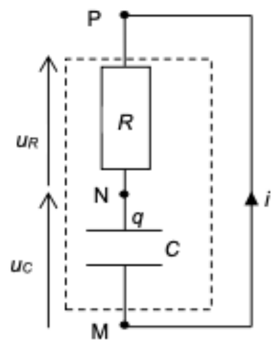


Figure 2.
Circuit de décharge

1.a) Exprimer la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique en fonction de sa résistance R et de i, puis en fonction de R, C et $\frac{du_C}{dt}$.

1.b) Établir la relation entre u_R et u_C et en déduire l'équation différentielle vérifiée par u_C.

1.c) En vérifiant que l'expression $u_C(t) = E.e^{-\frac{t}{\tau}}$ est solution de l'équation différentielle, montrer que l'expression de la constante de temps τ est égale à RC.

1.d) L'expression de l'intensité i peut se mettre sous la forme $i(t) = I_0.e^{-\frac{t}{\tau}}$. Monter que l'intensité I_0 à t = 0 est égale à $-\frac{E}{R}$.

2. Étude de la variation de l'intensité du courant lors de la décharge du supercondensateur

On mesure, avec un capteur de courant spécifique, l'intensité i du courant lors de la décharge du supercondensateur. La courbe donnant l'intensité i en fonction du temps t est donnée **SUR LA FIGURE A1**. Le logiciel de traitement à permis de tracer la tangente à l'origine.

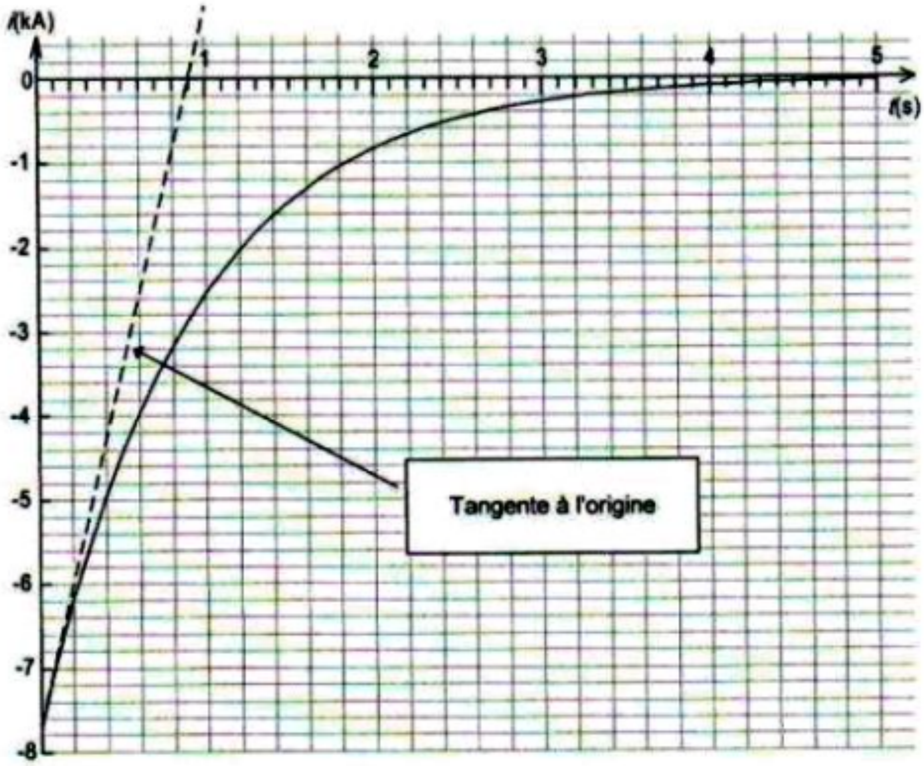


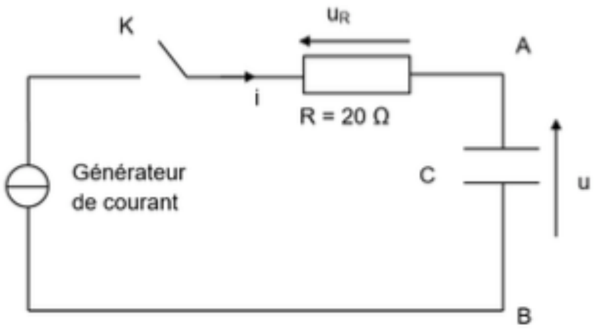
Figure A1. Intensité *i* débitée par le supercondensateur en fonction du temps

2.a) Déterminer graphiquement la valeur de I_0. En déduire la valeur de la résistance R. Vérifier qu'elle est en accord avec celle du tableau.
2.b) Déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps τ.
2.c) En déduire la valeur de la capacité C. Est-elle en accord avec la valeur indiquée dans les caractéristiques techniques ?

3. Étude énergétique
3.a) Calculer la valeur de l'énergie électrique maximale E_C emmagasinée et restituée par le condensateur lors de sa décharge en prenant la valeur de la capacité fournie dans le tableau.
3.b) Comparer cette valeur de l'énergie avec celle obtenue en utilisant les valeurs de la masse et de l'énergie spécifique de ce supercondensateur.

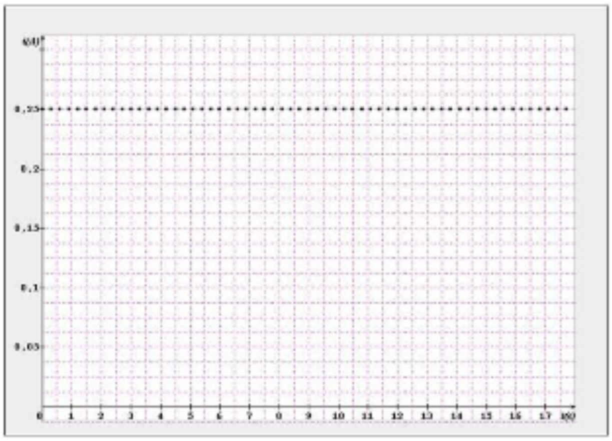
TYPE BAC 21 : LE CONDENSATEUR

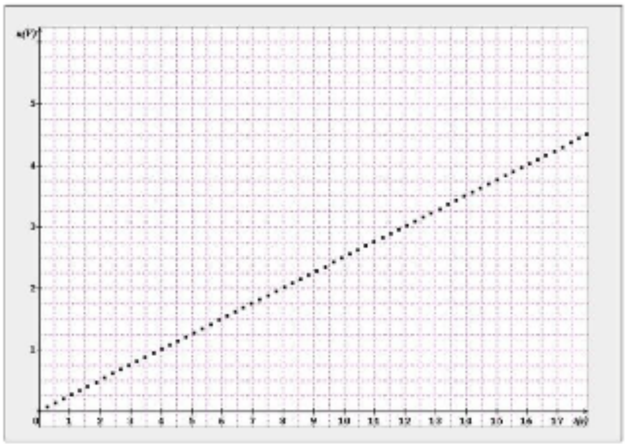
1. <u>Charge d'un condensateur à courant constant</u>



Une première méthode consiste à charger le condensateur à l'aide d'un générateur délivrant un courant d'intensité I constant, selon le montage suivant.

À la date t = 0 s, on ferme l'interrupteur K et on enregistre les variations au cours du temps de la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique de résistance R = 20 Ω et de la tension u aux bornes du condensateur. Après traitement, on obtient les courbes ci-après :





1.a) Montrer que le graphe i(t) est obtenu à partir de l'enregistrement de $u_R(t)$.

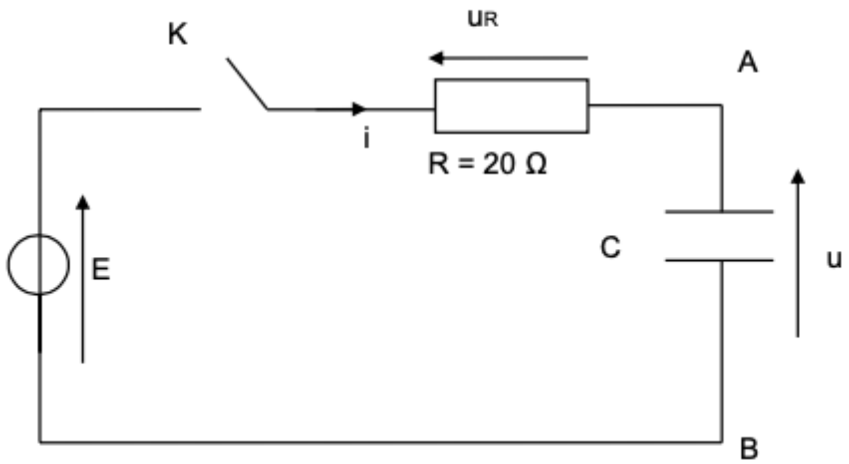
1.b) Utiliser l'un des graphes pour déterminer la relation numérique entre la tension u aux bornes du condensateur et le temps. Justifier le calcul.

1.c) En considérant qu'à t = 0 s le condensateur est déchargé, donner l'expression littérale de la charge q_A portée par l'armature A du condensateur en fonction du temps.

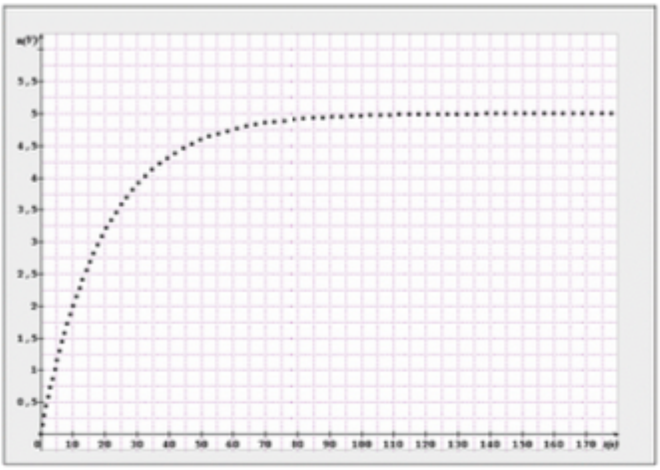
1.d) Calculer le quotient $\frac{q_A}{u}$. Que représente-t-il ?

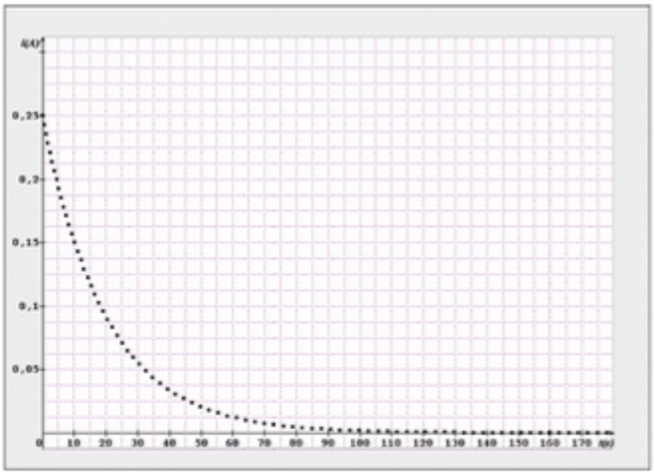
2. <u>Charge d'un condensateur à tension constante.</u>

Une autre manière de déterminer la valeur de la capacité d'un condensateur, consiste à charger ce dernier avec un générateur de tension constante E = 5,0 V associé à une résistance R = 20 Ω, en série avec le condensateur selon le schéma suivant :



On ferme l'interrupteur K à t = 0 s, un dispositif informatique (acquisition et traitement) permet d'obtenir les variations de l'intensité dans le circuit et de la tension aux bornes du condensateur au cours du temps. On obtient les deux courbes ci-dessous :





2.a) D'après les graphes, quelles sont les valeurs de u et i lorsque le condensateur est chargé ?

2.b) Rappeler l'expression de la constante de temps τ du circuit. La déterminer graphiquement en précisant la méthode.

2.c) En déduire la valeur de la capacité du condensateur. Comparer avec la valeur obtenue dans la partie 1, question 1.4.

2.d) En respectant les notations du montage, montrer que la tension u vérifie l'équation différentielle : $\mathrm{E} = \mathrm{RC}\,.\frac{\mathrm{du}}{\mathrm{dt}} + \mathrm{u}$

2.e) La solution de cette équation différentielle est de la forme $u(t) = E\,(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$où τ est la constante de temps du circuit. Montrer que pour t = 5τ , le condensateur est quasiment chargé. Le vérifier graphiquement.

TYPE BAC 22 : UNE LAMPE

De nouvelles lampes dites écologiques ont fait leur apparition sur le marché. On se propose, dans cet exercice, d'étudier leur dispositif de stockage de l'énergie électrique.

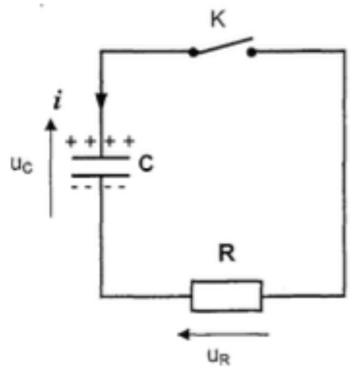
> Nous avons cherché longtemps une solution à l'éternel problème de la lampe de secours (voiture, bateau, maison, camping, avion…) qui, bien sûr, ne marche jamais quand on en a besoin. Au mieux les piles sont « mortes », au pire elles ont coulé ou l'ampoule est grillée quand ce ne sont pas les contacts qui sont corrodés.
> […]
> Aux USA, un petit fabriquant a mis à profit l'arrivée des DEL pour réaliser l'un de ses rêves, la « lampe sans pile ».
> **Fonctionnement :** En secouant (un peu comme une bombe de peinture mais plus doucement) la lampe 30 secondes, de l'énergie électrique est produite et stockée dans un condensateur. Vous obtenez alors environ 20 min d'une lumière produite par une DEL.
> Si vous n'utilisez pas toute l'énergie produite elle restera stockée dans le condensateur pendant plusieurs semaines pour être immédiatement disponible sur simple pression du bouton.
> **Information sur les composants :**
> Le condensateur a une capacité d'un farad et peut stocker au maximum une énergie égale à 12 J. Il perd 8 mJ par heure.
>
> D'après : http://www.lampesdepoche.com

On considère qu'en secouant la lampe durant trente secondes le condensateur est chargé et la tension entre ses bornes est U_0 = 3,6 V.

1. Le dipôle RC

On étudie la décharge du condensateur de capacité C =1,0 F à travers un conducteur ohmique de résistance R.

À t_0 = 0 s, on ferme l'interrupteur K et la décharge débute.



Établir l'équation différentielle vérifiée par $u_C(t)$ pendant la décharge et montrer qu'elle peut s'écrire sous la forme $\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + \frac{1}{\tau}u_C = 0$ où $\tau = R.C$ est la constante de temps du circuit.

1.a) Vérifier par une analyse dimensionnelle que la constante de temps τ est homogène à un temps.

1.b) Montrer que $u_C(t) = U_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$ est solution de l'équation différentielle précédente.

1.c) En déduire qu'une durée environ égale à 5τ permet une décharge quasi-complète du condensateur.

1.d) Si l'on considère que cette durée est égale à vingt minutes, déterminer la valeur de la résistance R du conducteur ohmique qu'il faut alors associer au condensateur de capacité C = 1,0 F.

2. Énergie emmagasinée dans le dipôle RC

2.a) Lors du « secouement » de la lampe, il y a conversion d'énergie. Choisir parmi les propositions suivantes celle qui décrit le mieux la situation :

i) Conversion d'énergie électrique en énergie mécanique ;
ii) Conversion d'énergie chimique en énergie électrique ;
iii) Conversion d'énergie mécanique en énergie électrique ;
iv) Conversion d'énergie mécanique en énergie chimique.

2.b) Rappeler l'expression de l'énergie $E(t)$ emmagasinée dans le condensateur au cours du temps en fonction de $u_C(t)$ et C.

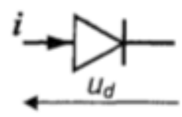
2.c) Calculer l'énergie E_{max} emmagasinée dans le condensateur à l'issue de sa charge lorsque la tension à entre ses bornes est U_0 = 3,6 V. Vérifier qu'elle ne dépasse pas les performances annoncées par le constructeur.

2.d) Vérifier par un calcul que la lampe ne pourra pas fonctionner sans être « secouée » après plusieurs semaines sans utilisation.

3. Simulation de l'éclairage

On peut simuler le fonctionnement de la lampe en ajoutant en série, dans le circuit de décharge du condensateur, une diode électroluminescente (DEL) composant polarisé.

Une diode 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 entre ses bornes soit supérieure ou égale à une tension appelée tension de seuil soit ici U_{seuil} = *3,0 V*. De plus, on considère que la diode possède une résistance r supposée constante.



3.a) Recopier le schéma du circuit représenté figure 1, et ajouter, en série avec la résistance R, une diode électroluminescente qui laisse passer le courant lors de la décharge du condensateur.

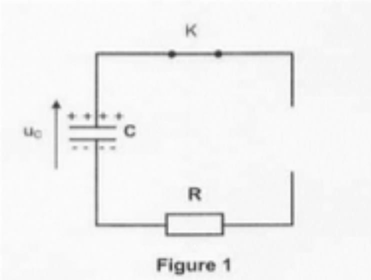


Figure 1

3.b) Pourquoi le condensateur ne peut-il pas se décharger complètement ?

3.c) La durée d'évolution de la tension aux bornes du condensateur de 3,6 V à 3,0 V est-elle modifiée par la présence de la DEL dans le montage ? Justifier.

3.d) Pour décharger complètement le condensateur dans le montage précédent, on propose plusieurs solutions :

- Inverser le sens de la diode ;
- Augmenter la valeur de la résistance R ;
- Court-circuiter le condensateur ;
- Court-circuiter la diode ;

Choisir la ou les solution(s) permettant la décharge complète en donnant un argument justifiant ce choix.

Préparation à l'ECE

Préparationàl'ECE

Une station météo comporte de nombreux capteurs permettant de mesurer, par exemple, la température, la pression, le taux d'humidité, la valeur de la vitesse du vent, etc.

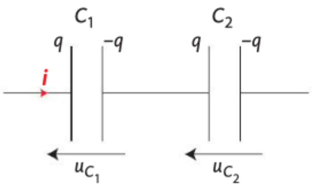
A Capteur d'humidité

L'évolution de la capacité *C* du capteur d'humidité d'une station météo est donnée dans le tableau ci-dessous en fonction du taux d'humidité RH.

RH (%)	0	20	40	60	80	100
C (pF)	161,6	169,0	175,5	181,4	187,2	193,1

B Association de condensateurs

Lorsque deux condensateurs sont associés en série, leurs armatures portent la même charge électrique :



Pour étudier le capteur du document A, on l'associe en série avec un condensateur de capacité $C_2 = 220$ pF. L'ensemble est relié à une source de tension de force électromotrice $E = 3{,}30$ V.

1. RÉA **Tracer le graphique représentant la capacité *C* du capteur en fonction du taux d'humidité RH.**

2. RÉA **Montrer que la capacité du capteur, en picofarad, est donnée en fonction du taux d'humidité, en %, par :**

$$C_1 = 0{,}31 \times \text{RH} + 1{,}6 \times 10^2$$

3. RÉA **Quel est le taux d'humidité indiqué par la station météo quand la tension mesurée aux bornes du capteur est $u_{C_1} = 1{,}83$ V ?**

Après mes révisions, je me sens dans l'état d'esprit suivant pour aborder le devoir surveillé :