

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
Intensité d'un courant électrique en régime variable.	Relier l'intensité d'un courant électrique au débit de charges.
Comportement capacitif.	Identifier des situations variées où il y a accumulation de charges de signes opposés sur des surfaces en regard.
Modèle du condensateur. Relation entre charge et tension ; capacité d'un condensateur.	Citer des ordres de grandeur de valeurs de capacités usuelles. <i>Identifier et tester le comportement capacitif d'un dipôle.</i> <i>Illustrer qualitativement, par exemple à l'aide d'un microcontrôleur, d'un multimètre ou d'une carte d'acquisition, l'effet de la géométrie d'un condensateur sur la valeur de sa capacité.</i>
Modèle du circuit RC série : charge d'un condensateur par une source idéale de tension, décharge d'un condensateur, temps caractéristique.	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.
Capteurs capacitifs.	Expliquer le principe de fonctionnement de quelques capteurs capacitifs. <i>Étudier la réponse d'un dispositif modélisé par un dipôle RC.</i> <i>Déterminer le temps caractéristique d'un dipôle RC à l'aide d'un microcontrôleur, d'une carte d'acquisition ou d'un oscilloscope.</i> Capacité mathématique : Résoudre une équation différentielle linéaire du premier ordre à coefficients constants avec un second membre constant.

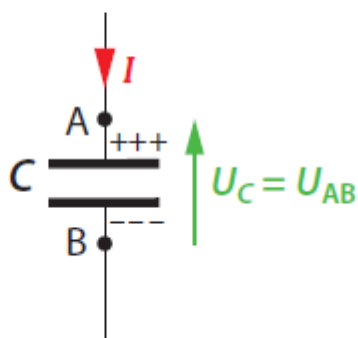
Exercices : p.466 n° 15, 18, 20, 23, 25, p.467 n° 28, 29, p.468 n° 32, p. 472 n° 40.

15 Connaître et maîtriser les conventions de signe

Un condensateur de capacité C et de bornes A et B est supposé chargé.

► Faire un schéma du dipôle en y indiquant le sens de i , le signe des plaques et la tensions à ses bornes lors de la décharge.

15 Connaître et maîtriser les conventions de signe



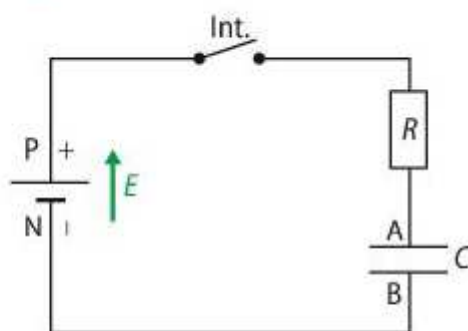
18 Accumulation de charges

On branche une pile aux bornes d'un condensateur déchargé. À $t = 0$, on ferme l'interrupteur.

1. Indiquer le sens du courant dans le circuit.

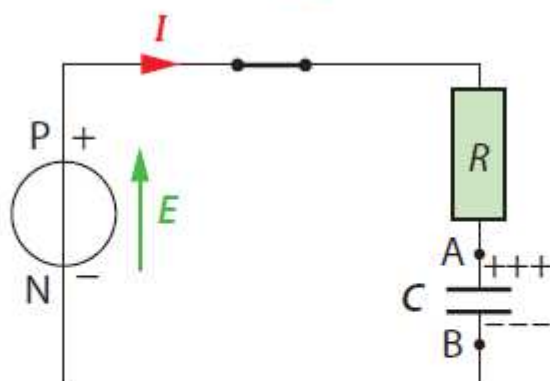
2. Expliquer pourquoi du courant circule alors que le condensateur est constitué d'un isolant.

3. Indiquer le signe des charges électriques portées par les armatures A et B.



18 Accumulation de charges

1.



2. Il y a un courant qui circule car les charges viennent s'accumuler aux armatures du condensateur, il y a un mouvement d'électrons.

3. L'armature A possède une charge $q_A > 0$, l'armature B possède une charge $q_B < 0$.

20 Capacité d'un condensateur plan

Les armatures d'un condensateur plan ont pour surface $S = 40 \text{ cm}^2$ et sont distantes de $d = 3 \text{ mm}$. L'espace entre les armatures est constitué par de l'air. $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$

► Calculer sa capacité C.

20 Capacité d'un condensateur plan

$$C = \epsilon_{\text{air}} \times \frac{S}{d} = 8,85 \times 10^{-12} \times \frac{40 \times 10^{-4}}{3 \times 10^{-3}} = 1 \times 10^{-11} \text{ F}$$

23 Calcul de la constante de temps

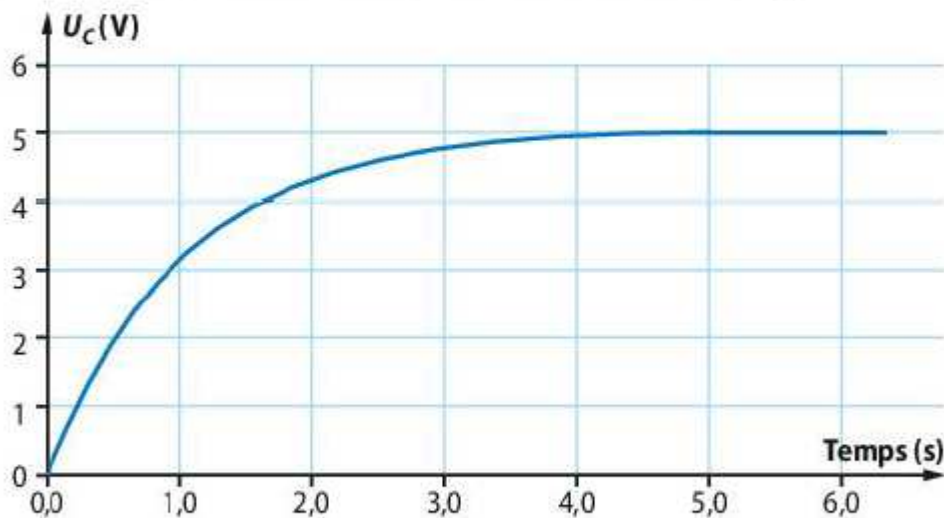
Calculer la valeur numérique de la constante de temps $\tau = R \times C$ d'un dipôle RC. On donne $R = 3,5 \text{ M}\Omega$ et $C = 1,2 \text{ pF}$.

23 Calcul de la constante de temps

$$\tau = RC = 3,5 \times 10^6 \times 1,2 \times 10^{-12} = 4,2 \times 10^{-6} \text{ s}$$

25 Détermination de τ par la méthode de la tangente à $t = 0$

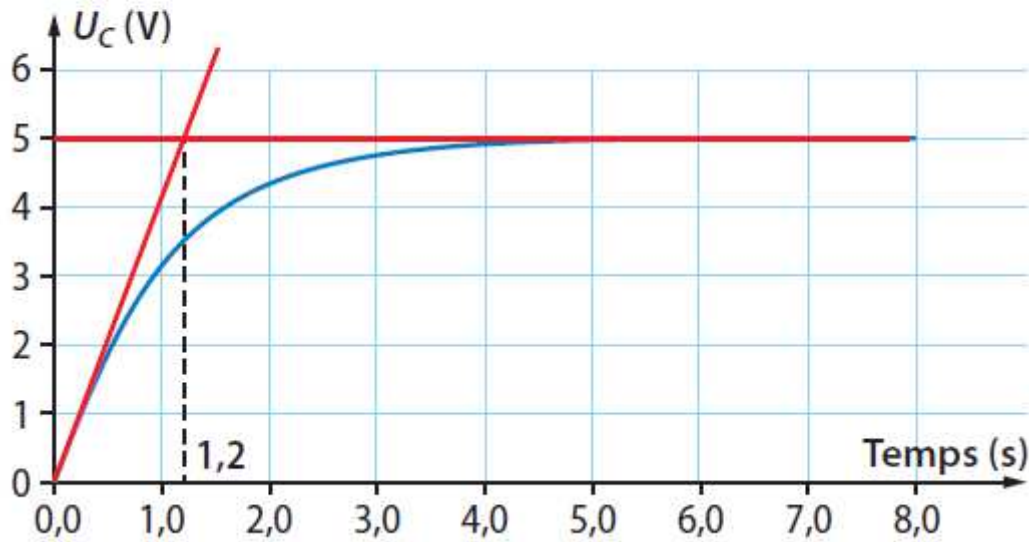
La courbe suivante a été obtenue par mesure de la tension aux bornes d'un condensateur au cours de sa charge.



► Déterminer la constante de temps du circuit à l'aide de la méthode des tangentes.

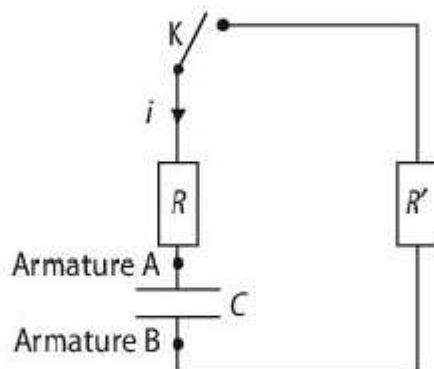
25 Détermination de C par la méthode de la tangente à $t = 0$

Graphiquement on trouve : $\tau = 1,2 \text{ s}$



28 Décharge du condensateur

On étudie la décharge d'un condensateur de capacité $C = 10 \mu\text{F}$ initialement chargé tel que $u_{AB} = 6 \text{ V}$. À $t = 0$, l'interrupteur K est fermé. $R = 100 \Omega$ et $R' = 250 \Omega$.



A savoir : Dans ce circuit, il faut considérer une résistance de valeur $R + R'$

1. Exprimer la constante de temps τ de la décharge du condensateur dans le circuit.
2. Calculer τ .

28 Décharge du condensateur

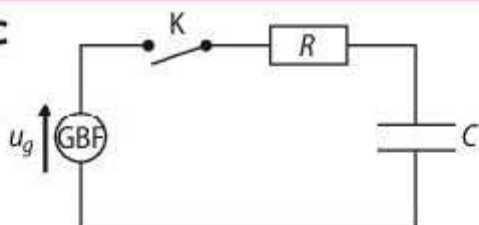
1. $\tau = R_{\text{eq}} \times C$ avec $R_{\text{eq}} = R + R'$
2. $\tau = 350 \times 10 \times 10^{-6} = 3,5 \times 10^{-3} \text{ s}$

29 Un montage RC

Étude de la charge et décharge d'un condensateur

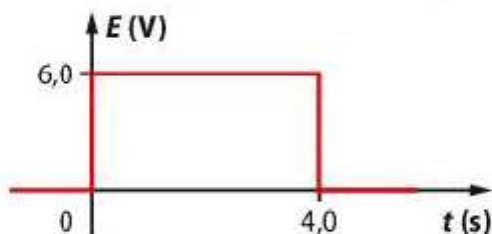
Le montage du **doc. 1** permet d'étudier la tension $u_C(t)$ aux bornes d'un condensateur de capacité C lors de sa charge alimenté par un générateur fournissant une tension E dont le graphe est représenté dans le **doc. 2**. À $t < 0$, le condensateur est totalement déchargé. À $t = 0$, on ferme l'interrupteur.

1 Montage RC



$$R = 1 \text{ M}\Omega \quad C = 0,4 \mu\text{F}$$

2 Mesure de la tension u_C aux bornes du générateur



1. Établir l'équation différentielle vérifiée par $u_C(t)$.
2. Déterminer l'expression $u_C = f(t)$.
3. Calculer si le condensateur est totalement chargé à $t = 4 \text{ s}$.
4. Déterminer la durée au bout de laquelle le condensateur sera totalement déchargé.
5. Tracer le graphe $u_C(t)$ pour t appartient à $[0 ; 10 \text{ s}]$.

29 Un montage RC

Loi des mailles : $\mathcal{E} - u_R - u_C = 0$, or $u_R = R \times i(t)$

$$\text{et } i(t) = \frac{dq(t)}{dt} = C \times \frac{du_C(t)}{dt}$$

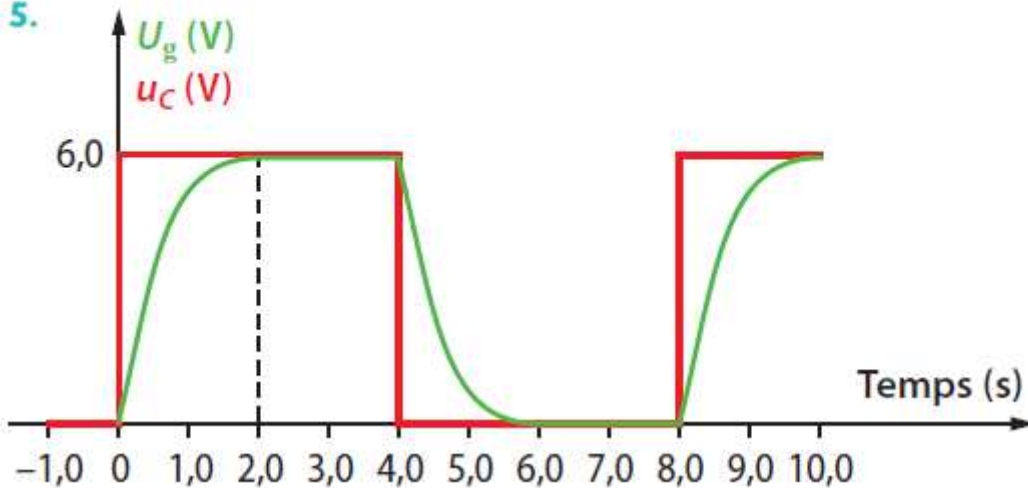
$$\mathcal{E} = RC \times \frac{du_C(t)}{dt} + u_C(t)$$

2. $u_C(t) = \mathcal{E} \times \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) = 6,0 \times \left(1 - e^{-\frac{t}{0,4}}\right)$, d'après les docs 1 et 2.

3. $u_C(t = 4 \text{ s}) = 6,0 \times \left(1 - e^{-\frac{4}{0,4}}\right) = 6,0 \text{ V}$, il est chargé (voir doc. 2).

4. Au bout de $5\tau = 2 \text{ s}$. Soit à $t = 6 \text{ s}$.

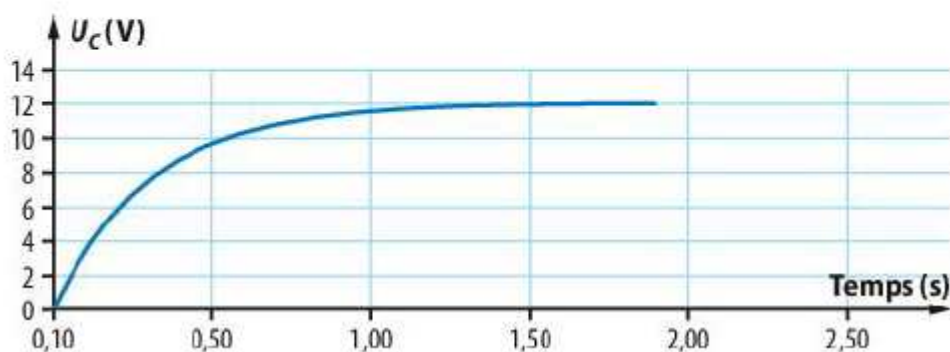
5.



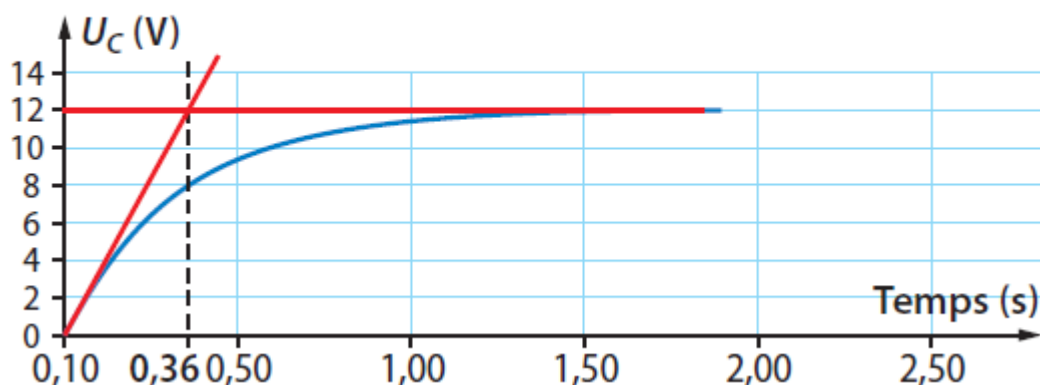
32 Exploiter un oscillogramme

Équation différentielle d'un dipôle RC

Établir l'équation différentielle associée à l'oscillogramme de la tension aux bornes d'un condensateur représenté ci-dessous :



32 Exploiter un oscillogramme



Grâce à une construction graphique, on trouve que :

$$\tau = R \times C = 0,36 \text{ s.}$$

Lors de la charge, l'équation différentielle s'écrit :

$$\mathcal{E} = RC \times \frac{dU_C}{dt} + U_C,$$

en identifiant avec les données du graphique :

$$12 = 0,36 \times \frac{dU_C}{dt} + U_C$$

L'épreuve écrite en autonomie

40 Condensateur d'un flash

⌚ 45 min

On se propose d'étudier le fonctionnement d'un flash d'appareil photographique. Pour obtenir un éclair de puissance lumineuse suffisante, on utilise un tube flash qui nécessite une forte tension (au moins 250 V) pour émettre un éclair très bref. Pour stocker l'énergie nécessaire au

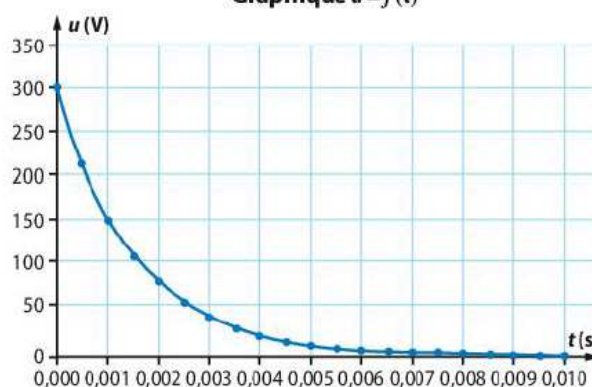
fonctionnement du tube flash, on utilise un condensateur de capacité C . Ce condensateur est chargé à l'aide d'un circuit électronique alimenté par une pile. On schématise le fonctionnement de ce dispositif sur le schéma ci-dessous :



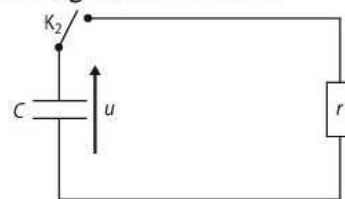
- L'alimentation est assurée par une pile de tension continue $U_1 = 1,50 \text{ V}$.
- Un circuit électronique permettant d'élever la tension U_1 à une tension continue $U_2 = 300 \text{ V}$.
- Un conducteur ohmique de résistance $R = 1,00 \text{ k}\Omega$ permettant la charge du condensateur de capacité $C = 150 \mu\text{F}$ en plaçant l'interrupteur K_2 en position 1 et en fermant l'interrupteur K_1 .
- Le tube flash qui est déclenché (une fois le condensateur chargé) en basculant l'interrupteur K_2 en position 2.

2 Évolution de la tension u au cours de la décharge

Graphique $u = f(t)$



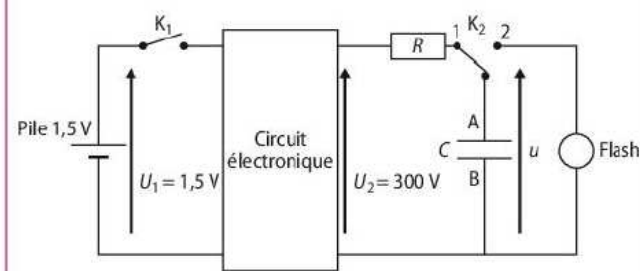
3 Circuit de décharge du condensateur



1. Comparaison entre temps de charge et temps de décharge.
➤ Méthodes 1 et 2 p. 464-465

- a. Déterminer graphiquement la constante de temps τ' correspondant à la décharge en précisant la méthode employée.
- b. Comparer les constantes de charge τ calculée en 1. 2 et de

1 Schéma électrique de l'alimentation du flash



I. Charge du condensateur

On charge le condensateur en fermant l'interrupteur K_1 .

1. On donne l'expression de la constante de temps $\tau = RC$. Vérifier que t s'exprime en seconde. > Méthode 3 p. 465

2. Calculer numériquement τ .

3. Calculer la charge électrique q_A créée sur l'armature A du condensateur en fin de charge.

II. Décharge

En plaçant l'interrupteur inverseur K_2 sur la position 2 on provoque le flash grâce à l'énergie stockée dans le condensateur.

On enregistre la tension u aux bornes du condensateur (doc. 2).

décharge τ' . Justifier sans calcul que le tube flash va recevoir plus de puissance lors de la décharge du condensateur.

2. On assimile, après son amorçage, le tube flash à un conducteur ohmique de résistance r . À partir du schéma électrique (doc. 3) montrer que l'équation différentielle de la décharge du condensateur à travers un conducteur ohmique de résistance r est de la forme :

$$\frac{du(t)}{dt} + \frac{1}{r \times C} u(t) = 0. \text{ > Focus Maths X p. 463}$$

3. Vérifier que la solution est de la forme $u(t) = U_0 e^{-\frac{t}{\tau'}}$.

> Focus Maths X p. 463

4. Expliquer ce que représente la tension U_0 pour le fonctionnement du tube flash.

5. Déterminer U_0 . Cette valeur est-elle en accord avec la production de l'éclair ? Expliquer.

Conseils

1. Extraire les informations de l'énoncé.
2. Exprimer les unités adaptées.
3. Penser que la tension du condensateur en fin de charge est égale à la tension du générateur.
4. Raisonner sur la durée du flash.
5. Utiliser la loi d'additivité des tensions.

Voir Méthodes

40 Condensateur d'un flash

Partie I – Charge du condensateur

1. Voir démonstration du focus Méthode 3.

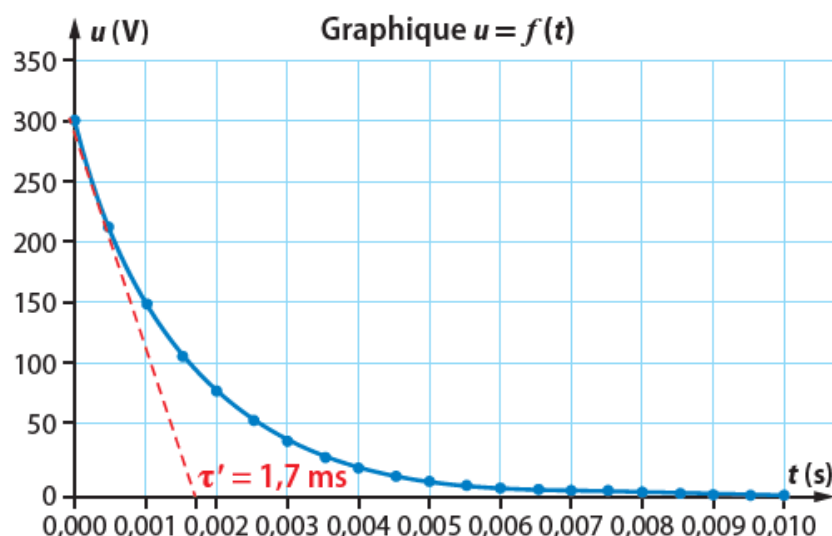
2. $\tau = RC = 1,00 \times 10^3 \times 150 \times 10^{-6} = 0,150 \text{ s}$

3. En fin de charge $u = U_2 = 300 \text{ V}$. Or :

$$q_A = C \times U_2 = 150 \times 10^{-6} \times 300 = 4,50 \times 10^{-2} \text{ C}$$

Partie II - Décharge

1. a. On trace la tangente à $t = 0$ et on lit la valeur du temps à l'intersection avec l'axe des abscisses :



On trouve $\tau' = 1,7 \text{ ms}$.

b. $\tau' < \tau$. Si on attend la décharge totale, ce qui est le cas au bout de $5\tau' = 8,5 \text{ ms}$, on voit que cette valeur reste très faible, ce qui est en accord avec l'émission d'un éclair bref.

2. D'après la loi des mailles : $u + u_r = 0$, or $u_r = r \times i$,

$$\text{et } i = \frac{dq}{dt} = C \times \frac{du}{dt}, \text{ d'où : } u + r \times C \times \frac{du}{dt} = 0$$

On divise par $r \times C$, et on retrouve bien $\frac{u}{r \times C} \times \frac{du}{dt} = 0$.

3. On dérive la solution proposée :

$$\frac{du}{dt} = \frac{d\left(U_0 \times e^{-\frac{t}{\tau'}}\right)}{dt} = -\frac{U_0}{\tau'} \times e^{-\frac{t}{\tau'}}, \text{ avec } \tau' = r \times C$$

On injecte la solution et sa dérivée dans l'équation différentielle et on vérifie qu'on trouve bien zéro :

$$\begin{aligned} \frac{du}{dt} + \frac{u}{r \times C} &= -\frac{U_0}{\tau'} \times e^{-\frac{t}{\tau'}} + \frac{U_0 \times e^{-\frac{t}{\tau'}}}{r \times C} \\ &= \frac{U_0}{r \times C} \times e^{-\frac{t}{\tau'}} + \frac{U_0 \times e^{-\frac{t}{\tau'}}}{r \times C} = 0 \end{aligned}$$

4. U_0 est la tension initiale aux bornes du condensateur avant la décharge (c'est donc la tension de charge du condensateur).

5. $U_0 = U_2 = 300 \text{ V} > 250 \text{ V}$, cette valeur est en accord avec la production de l'éclair.