Introduction : **Un appareil photographique avec flash comporte un condensateur de forme généralement cylindrique.**

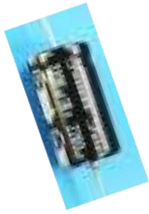
- Qu'est-ce qu'un condensateur ?

- Comment se comporte un circuit comprenant un condensateur et un conducteur ohmique ?

I. Le condensateur :

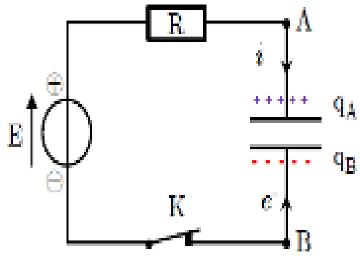
1. Définition :

Le condensateur est un dipôle constitué de deux plaques conductrices, appelés armatures, séparés par un isolant diélectrique. Le symbole du condensateur est :



2. Charge d'un condensateur :

On réalise le circuit de **la figure 1** ci-contre, on branche le condensateur dans le circuit, puis on ferme l'interrupteur. Le condensateur se charge, les électrons quittent l'armature **A** qui se charge positivement (**$q_A > 0$**) s'accumulent sur l'armature **B** qui se charge négativement (**$q_B = -q_A < 0$**).



La charge du condensateur ou la quantité d'électricité emmagasiner dans le condensateur est la charge de l'armature positive de condensateur, son symbole est Q et son unité et le coulomb (C) : **$Q = q_A = - q_B$**

3. Relation entre la charge et intensité du courant :

L'intensité du courant électrique est le débit de porteurs de charges qui traverse la section du conducteur par unité de temps.

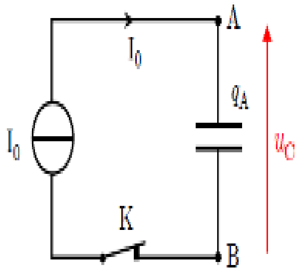
- Cas du courant variable : ……………… - Cas du courant continu : ……………..

$i(t)$: intensité du courant en (A) ; q charge de condensateur en Coulomb (C) t. en seconde (s)

4. Relation entre la charge et la tension aux bornes d'un condensateur :

Activité 1 : On charge un condensateur avec un générateur de courant qui débite un courant constant $I_0 = 1mA$; on ferme l'interrupteur K on visualise la tension U_c aux bornes du condensateur, la courbe ci-dessous représente $u_c = f(t)$. le condensateur etudié porte les informations suivantes : [1000µF - 100V]

Montrer qu'à chaque instant t que $q = C.u_c$



…………………………………………………………………………………………

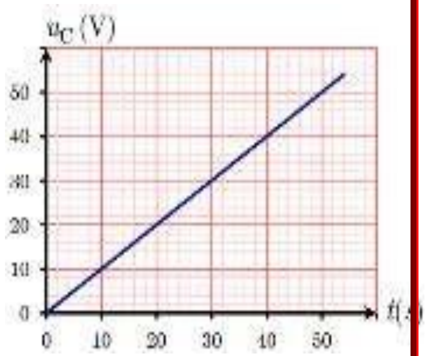
…………..………………………………………………………………………………

…………………………………………………………………………………………

……..……………………………………………………………………………………

……..…………………………………………………………………………………..…

……………………………………………………………………………………..…..



Conclusion : La charge **q** d'un condensateur est proportionnelle à la tension u_c aux bornes de ses armatures.

…………………

q : …………………..……………………

u_c : ……………….……………………………

C : ……………………..……………………

Millifarad	$1\ mF = 10^{-3}\ F$
Microfarad	$1\ \mu F = 10^{-6}\ F$
Nanofarad	$1\ nF = 10^{-9}\ F$
Picofarad	$1\ pF = 10^{-12}\ F$

II. Association des Condensateur :

1. Association en série :

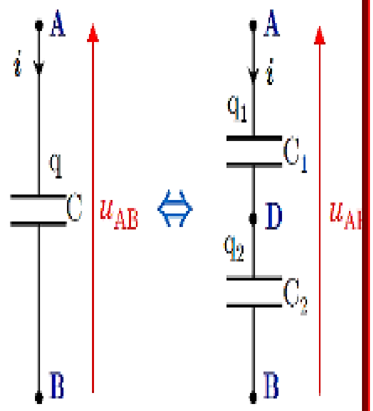
on considère un ensemble de deux condensateurs de capacités C_1 et C_2 branchés en série et cherchons la capacité d'un condensateur unique équivalent à cet ensemble. (La branche AB sera traversée par le même courant électrique donc $q = q_1 = q_2$).

D'après la loi d'additivité des tensions entre A et B, on a : u_{AB} = ……………..

Avec :……………………………………………………………………………..

On écrit : ………………………………………………………………………

D'où : ……………………………………………………………………….……



En général, la capacité du condensateur équivalente à un ensemble de condensateurs de capacités C_1 et C_2 et ... et C_n branchés en série est :

…........……….………………………......……

Remarque : **L'association en série** des condensateurs permet d'obtenir un condensateur de capacité plus petite pouvant supporte une tension plus grande qui ne peut pas être supporté par chaque condensateur s'il est utilisé séparément.

2. Association en parallèle :

Considérons un ensemble de deux condensateurs de capacités C_1 et C_2 branchés en parallèle et cherchons la capacité d'un condensateur unique équivalent à cet ensemble.

D'après loi des nœuds, on a : ……………………………………………………

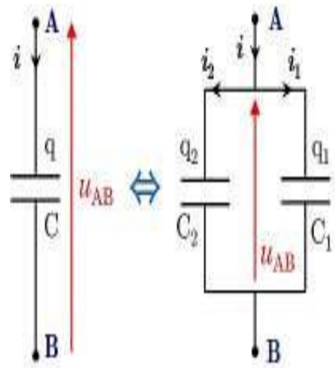
Donc : …………………………………………………………………………

Alors : …………………………………………………………………………

Puisque : ………………………………………………………………………

On écrit : ……………………………………………………………………..

D'où : ……………………………………………………………………..……



En général, la capacité du condensateur équivalente à un ensemble de condensateurs de capacités C_1 et C_2 et ... et C_n branchés en parallèle est :

……..................……………………………..……

Remarque : **L'association en parallèle** des condensateurs permet d'obtenir un condensateur de capacité plus grande pouvant emmagasiner une charge plus grande sous une tension petite. Et, par l'application d'une tension petite, on peut obtenir une charge électrique grande peut ne pas être fournie par chaque condensateur séparément.

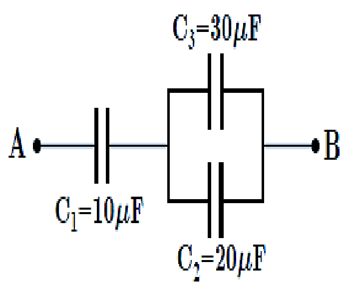
Application 1 : **Vérifier que la capacité équivalente entre A et B est $C_{AB} = 8,3\mu F$**

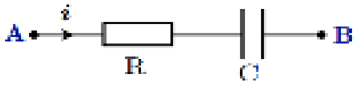
……………………………………………………………………………......…..

……………………………………………………………………….............…

……………………………………………………………………………………

…………………………………………….....……………………..........….................



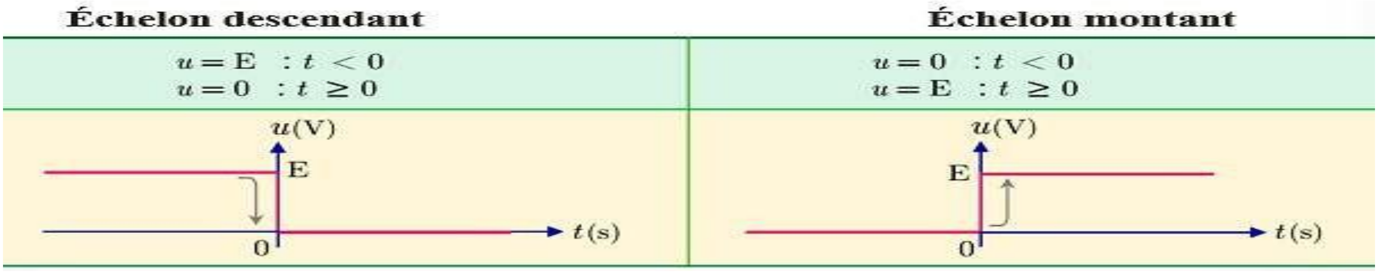


III. Réponse d'un dipôle RC à un échelon de tension :

1. Définition:

Le dipôle RC est l'association en série **d'un conducteur ohmique** de résistance $\boldsymbol{R}$ et d'un **condensateur** de capacité C.

-Échelon de tension est un signal électrique $u(t)$. On distingue deux types :

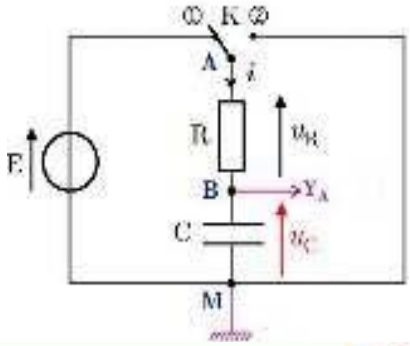


2. Réponse d'un dipôle RC à un échelon de tension - étude expérimentale :

a- Charge et décharge du condensateur : Etude expérimentale (animation).

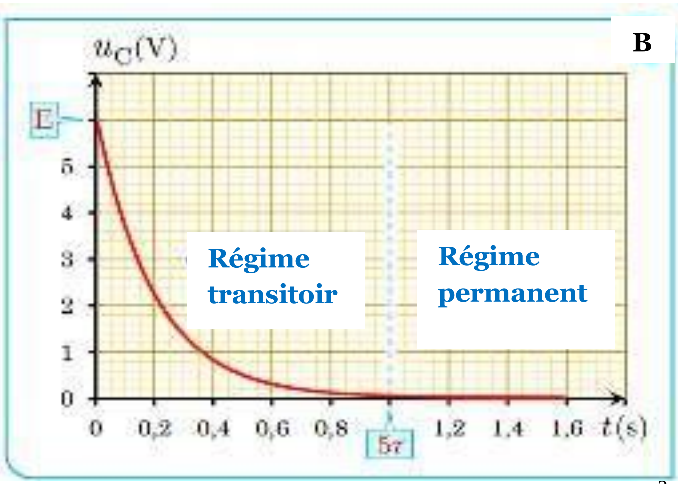
On considère le montage électrique ci-contre :Le condensateur est initialement déchargé

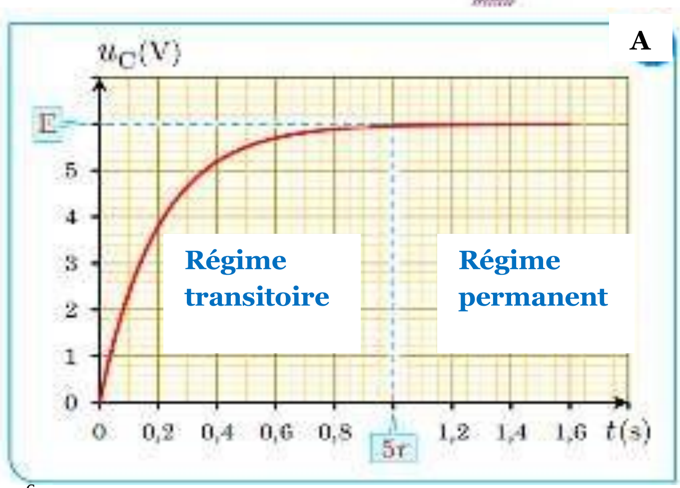
On prend : $E = 6\,V$; $C = 100\,\mu F$; $R = 2\,K\Omega$



- À l'instant $t = 0$ on place K à la position (1) et on visualise la variation de tension u_c en fonction de temps. On obtient : **la courbe A** : (le dipôle RC est soumis échelon de tension montant : **charge du condensateur**)

- Qu'on le condensateur se charge totalement, on bascule K de la position(1) à la position (2). On obtient : **la courbe B** : (le dipôle RC est soumis échelon de tension descendant : **décharge du condensateur**).





On pose que : R.C = τ ; Dans ce cas : $\tau = 2.\,10^{-3}\,.100\,.10^{-6} = 0.2$ (SI)

Observations expérimentales :

- La tension Uc(t) est une fonction continue.
- La durée de charge et de décharge est égale à **5τ** .
- La durée de charge et de décharge augmente quand **C** ou **R** augmente.

On constate 2 régimes :

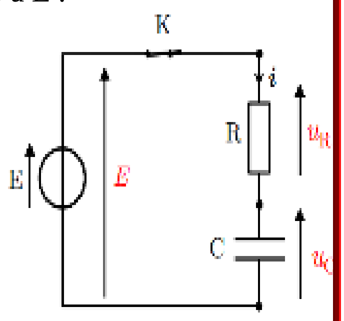
- **Régime permanant quand t ≥ 5τ**, on constate que $\begin{cases} u_c = E & \text{Lors de charge de condensateur} \\ u_c = 0 & \text{Lors de décharge de condensateur} \end{cases}$

- **Régime transitoire quand t ≤ 5τ**, la tension $u_c(t)$ augmente (dans le cas de charge) et diminue (dans le cas de décharge).

3. Réponse RC à un échelon montant de tension (:charge du condensateur)- étude théorique :

a. Équation différentielle vérifié par la tension u_C :.

A l'instant $t_0 = 0$, on ferme l'interrupteur K. La tension aux bornes du dipôle RC passe de 0 à E .



....

....

....

....

……………………..……………………..

Remarque :

……………………………..…………………………………………………………………………….:

……………...……………………………………………………………………………………………..

C'est l'équation différentielle vérifiée par la charge q du condensateur pendant sa charge.

……………………..……………………..

b. Solution de l'équation différentielle :

On admet que la solution de l'équation différentielle.. s'écrit sous la forme :

$\boldsymbol{u_C(t)} = \boldsymbol{A}e^{-\alpha t} + B$ avec $\boldsymbol{A}$ et B et α des constantes.

Déterminons les constantes A et α en utilisant l'équation différentielle

……………………………………………………….……………………………………...……………………

…………………………....…………………………………………………....………………………………………

...…..…………………………………………....……………………………………………………………......

…………………………………..…………………………………………………..………………………..….

Déterminons la constante B en utilisant des conditions initiales

à l'instant t = 0 on a $u_C\ (t = 0)\ = 0$, (car le condensateur était déchargé),

……………………………………………………………......……………:……………………………………..

……………………………………………………………. : ……………………………………………………………

……..

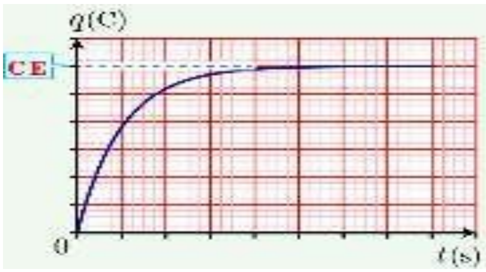
Donc l'expression de la tension aux bornes du condensateur est :

Remarques :

L'expression de la charge q

- on a ……………………………………….............................….

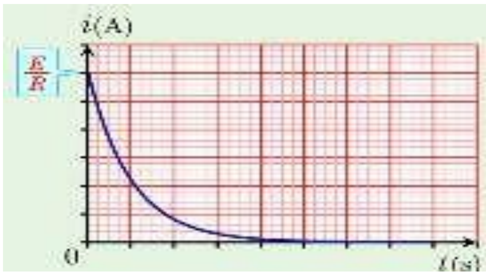
………………………………….



L'expression de l'intensité du courant

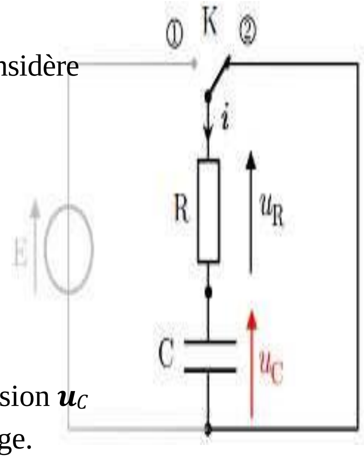
- on a ………………………………………...…………….………

………………………………….



4. Réponse RC à un échelon descendant de tension (décharge de condensateur) - étude théorique :

a. Équation différentielle vérifiée par la tension u_C ::



Après la charge du condensateur, on bascule l'interrupteur à la position ❷ que l'on considère comme origine des dates t=0, le condensateur se décharge dans la résistance.

....

....

....

....

....

C'est l'équation différentielle vérifiée par la tension u_C aux bornes du condensateur pendant sa décharge.

Remarque :

……………………………..………………………………………………………………………….……

……………...……………………………………..………………………………………………………..

C'est L'équation différentielle vérifiée par la charge q du condensateur pendant sa décharge.

....

b. Solution de l'équation différentielle :

On admet que la solution de l'équation différentielle.. s'écrit sous la forme

$u_c(t) = Ae^{-mt}$., avec A et m sont des constantes.

Déterminons la constante m en utilisant **l'équation différentielle**

……………………………………………………..…………………………………………...….……………………

………………………...…………………………………………...…………………………………………....

….………………………………………….....….…………………………………………………………......…

.

Déterminons la constante A en utilisant des conditions initiales

à l'instant t = 0 on a $u_C\ (t = 0)\ =\ E$, (car le condensateur était chargé),

………………………………………………………………...…………….:………………………………………..

……………………………………………………….…………………………………………………………

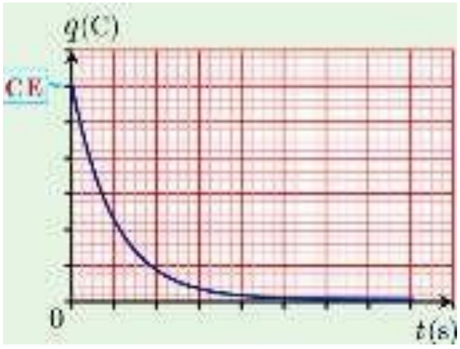
………………………………………………………..…………………………………………………………

Donc l'expression de la tension aux bornes du condensateur est :

……..…………………………….

Remarques :

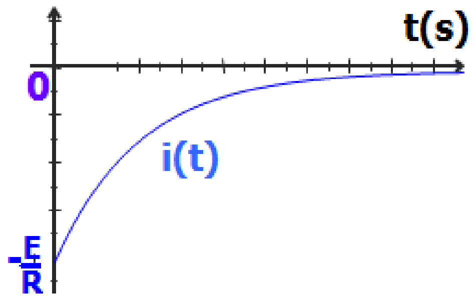
L'expression de la charge q(t)



On a : ……………………………………………………………………..

……………………………

L'expression de l'intensité du courant i(t)



On a : ……………………………………………………………………..

………………………………………………………………………………

………………………………….

5. Constante de temps :

a-Définition : On définit la constante du temps d'un dipôle RC par la relation : ……………….

b-Dimension de la constante de temps τ :

……

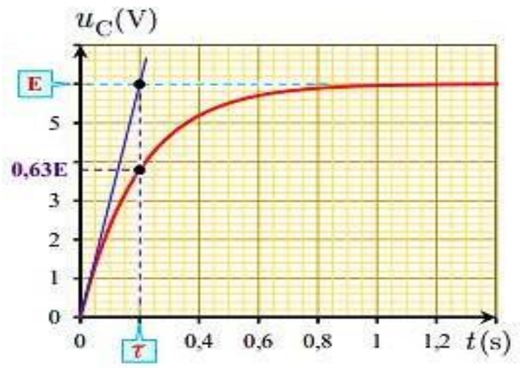
……

……

Donc : La grandeur **τ** a une dimension ……………, son unité dans SI est le …………..

b. Détermination de la constante de temps τ :

- Charge de condensateur :



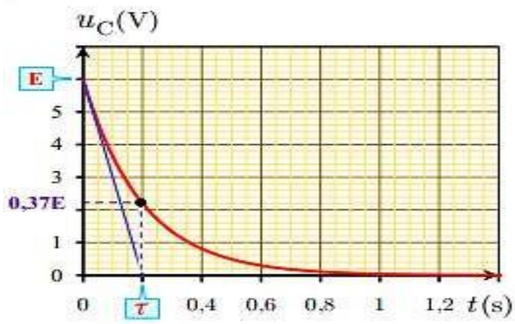
Méthode 1 : pendant la charge on a : $u_c(t) = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

À $t = \tau$ on a : ……………………………………………………………..……

τ est l'abscisse qui correspond à l'ordonnée ……

Méthode 2 : **τ** est l'abscisse de l'intersection entre la tangente de la courbe à $t = 0$ et le asymptote $u_c = E$.

- Décharge de condensateur :



Méthode 1 : pendant la décharge on a : $u_c(t) = Ee^{-\frac{t}{\tau}}$

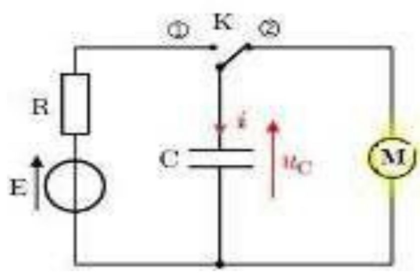
À t = τ on a : …………………………………………………………..……

τ est l'abscisse qui correspond à l'ordonnée ……………..

Méthode 2 : τ est l'abscisse de l'intersection entre la tangente de la courbe à t =0 et l'axe des abscisses.

4. Energie emmagasinée dans un condensateur :

1. Mise en évidence d'énergie emmagasinée dans un condensateur :



On réalise le montage suivant :On charge le condensateur en plaçant le commutateur en position ❶ . Puis on bascule le commutateur en position ❷ , le moteur tourne et le condensateur se décharge .

Que peut-on conclure de cette expérience :

………………..………………………………….……………….…………………………….………

………..……………………………………………………………………………………….…………

2. L'expression de l'énergie électrique emmagasinée dans le condensateur :

La puissance électrique fournie par le générateur au condensateur :

……:

……………………………………………..……………………………………….……………………….:

Donc l'expression de **l'énergie électrique emmagasinée** dans le condensateur est : ……………………….

Remarque : En utilisant la relation : ………………………………… , on trouve : ……….……………

Applications : Les condensateurs sont utilisées dans des générateurs de tension, flash d'appareil photo, ordinateurs…

Série N°P6 : Le dipôle RC

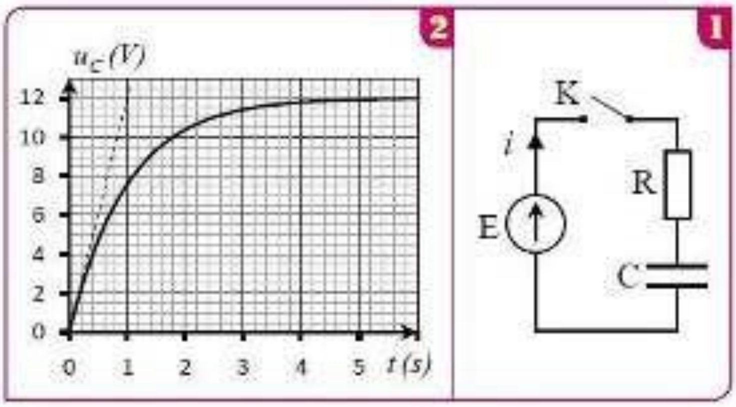
Exercice 1 : Pour déterminer la capacité d'un condensateur on réalise le montage de la figure 1 qui est formé des éléments suivants :

*un générateur idéal de tension de force électromotrice $E = 12\,V$.

*un conducteur ohmique de résistance $R = 1\,K\Omega$.

*un condensateur déchargé de capacité C et un interrupteur K et des fils de connexion .

A l'instant t=0 on ferme l'interrupteur K et on suit par un dispositif convenable les variations de la tension u_C appliquée aux bornes du condensateur en fonction du temps et on obtient la figure 2.



1. Représenter sur la figure 1 dans la convention de récepteur les tensions u_C et u_R.
2. Déterminer l'équation différentielle vérifié par la tension u_C aux bornes du condensateur .
3. Trouver les expressions de A et τ pour que l'expression $u_C = A(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ soit solution de l'équation différentielle.
   3-1 Déterminer l'expression de la charge q de l'intensité du courant i
4. Par l'analyse dimensionnelle montrer que τ a une dimension du temps.
5. Trouver τ graphiquement et montrer que C=1mF.
6. Calculer l'énergie électrique E_e stockée dans le condensateur dans le régime permanent.

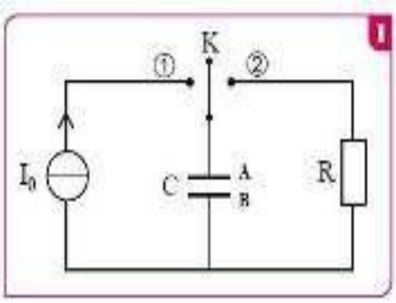
Exercice 2 : On réalise le montage de la figure1 formé de :

*un générateur idéal du courant qui alimente le circuit par un courant d'intensité $I_0 = 1mA$.

*un condensateur de capacité C initialement déchargé.

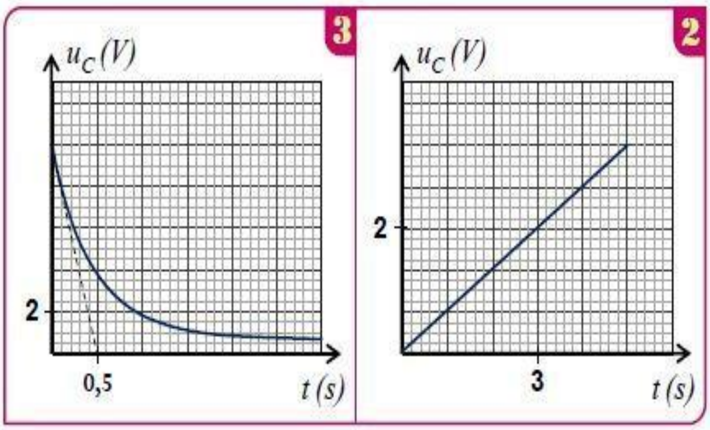
*un conducteur ohmique de résistance R.

*un interrupteur K a deux positions 1 et 2.



I- A t=0 on bascule l'interrupteur à la position 1 et on suit les variations de la tension u_C en fonction du temps et on obtient la courbe de **la figure 2**.

1. Déterminer l'armature négative.
2. Montrer que l'expression de la tension aux bornes du condensateur s'écrit : $u_C = \frac{I0}{C}.t$.
3. Vérifie que $C = 1{,}5.10^{-3}\,F$
4. Calculer l'énergie électrique E_e stockée dans le condensateur à t= 3s.



II- Lorsque la tension aux bornes du condensateur est égale à 10 V on bascule l'interrupteur à la position2 et on obtient la courbe de **la figure 3**.

1. Déterminer l'équation différentielle vérifié par u_C .
2. La solution de l'équation différentielle s'écrit : $u_C = A.e^{-\alpha t}$.déterminer les expressions de A et α en fonctions des paramètres du circuit.