

Les circuits RC et RL

Le comportement des condensateurs et des bobines dans les circuits de courant continu est différent de celui d'une résistance et cela se manifeste d'une façon très prononcée à la mise en fonction et à l'arrêt du circuit quand on observe ce que nous appellerons les états transitoires.



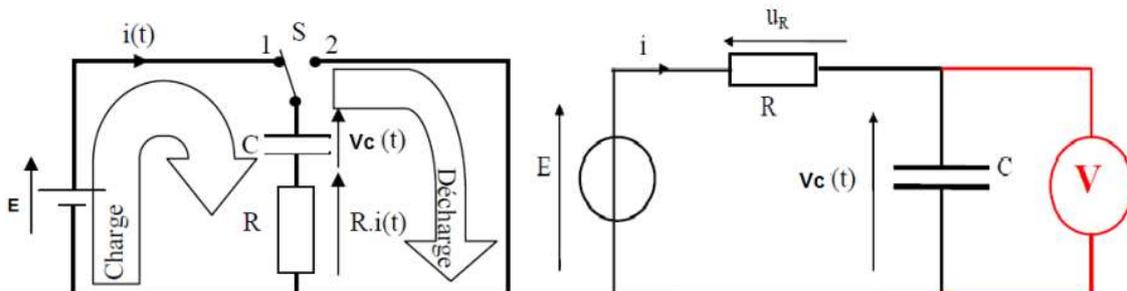
M.Mouchrif

1

Les circuits RC et RL

Circuit RC

Un dipôle RC est un circuit constitué de l'association en série d'un condensateur de capacité C et d'un conducteur ohmique de résistance R



M.Mouchrif

2

Les circuits RC et RL

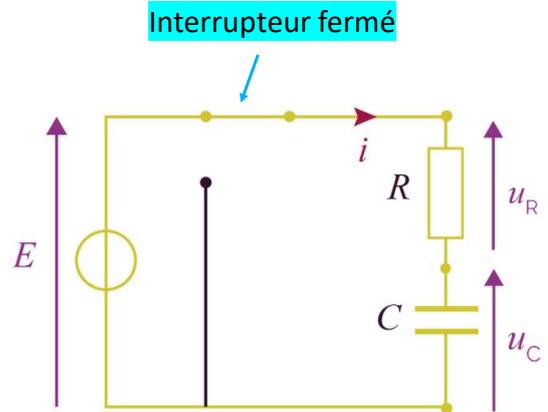
Analyse de la charge d'un condensateur

Au début le condensateur est complètement déchargée

□ Lors de la fermeture de l'interrupteur

Le condensateur va être chargé à travers la résistance R

On dit que la charge du condensateur ne se fait pas instantanément, il y a un délai avant que la tension aux bornes du condensateur atteigne la valeur de la tension de la source



La vitesse de déplacement des électrons diminue à cause de l'opposition générée par la résistance

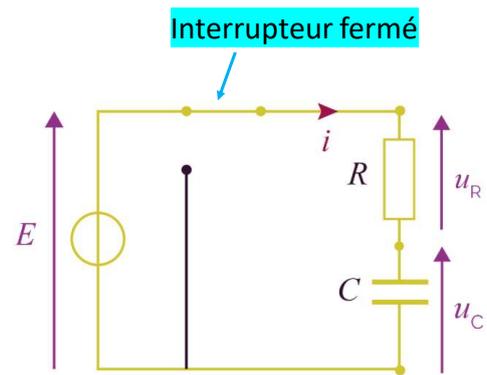
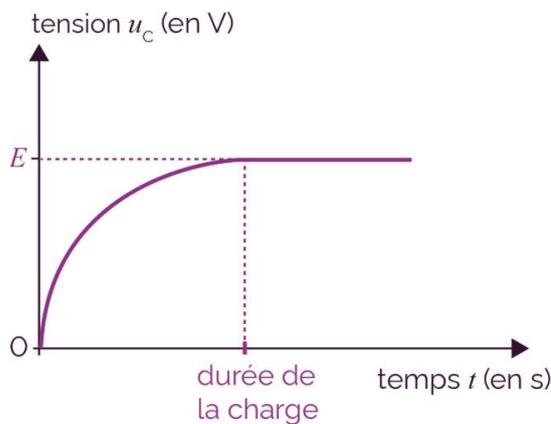
M.Mouchrif

3

Les circuits RC et RL

Analyse de la charge d'un condensateur

➤ Evolution de la tension u_c en fonction du temps lors de la phase de charge



M.Mouchrif

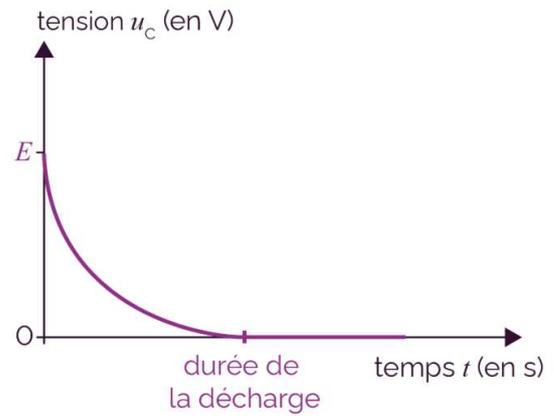
4

Les circuits RC et RL

Analyse de la décharge d'un condensateur

❑ Lors de l'ouverture de l'interrupteur

Le condensateur va être déchargé à travers la résistance R, la tension est, au départ, maximale, et diminue ensuite jusqu'à l'annulation selon une courbe

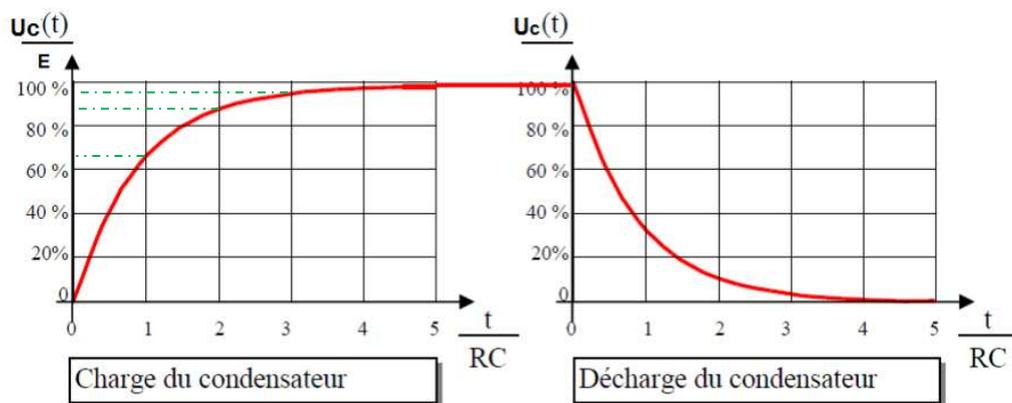


M.Mouchrif

5

Les circuits RC et RL

Allures de la tension aux bornes du condensateur



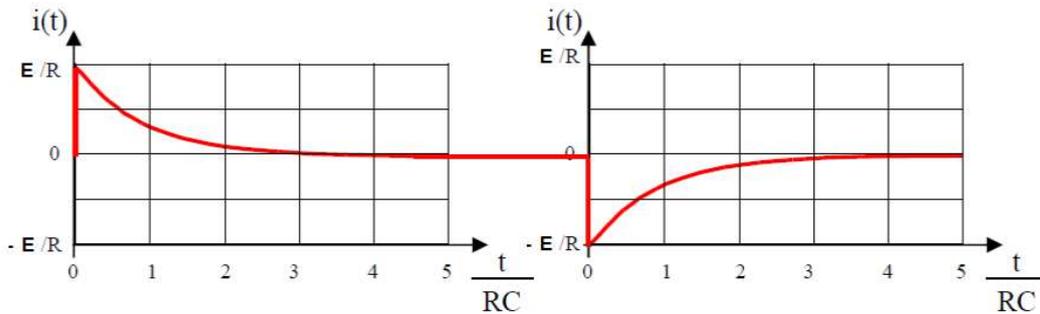
Temps (s)	1τ	2τ	3τ	4τ	5τ
$v_c(t)$	63% de E	86% de E	95% de E	98% de E	99% de E

M.Mouchrif

6

Les circuits RC et RL

Allures du courant dans la résistance



M.Mouchrif

7

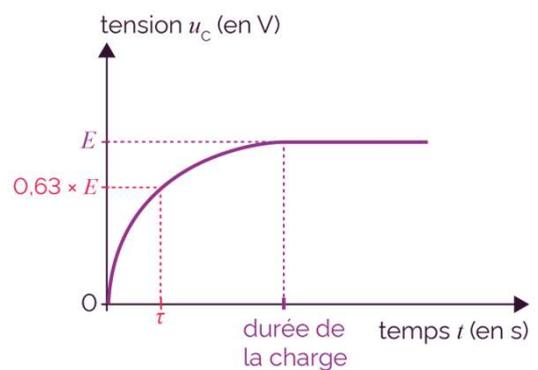
Les circuits RC et RL

Constante de temps (lors de la charge)

La constante de temps représente le temps nécessaire pour que la tension aux bornes du condensateur atteigne 63,2% de la tension de la source

Ces courbes montrent que la charge et la décharge du condensateur sont pratiquement terminées au bout d'un temps $t = 5 \times R.C$

Donc connaissant les valeurs de R et de C on peut facilement déterminer le temps nécessaire pour que la tension aux bornes du condensateur atteigne un certain pourcentage de la tension E du générateur



M.Mouchrif

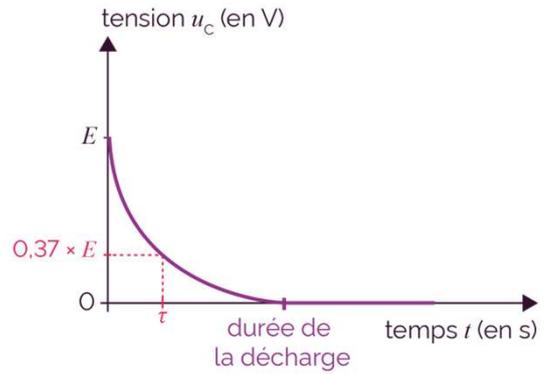
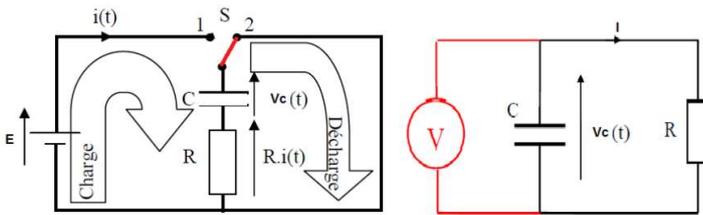
8

Les circuits RC et RL

Constante de temps (lors de la décharge)

À l'instant $t = \tau$, la tension aux bornes du condensateur atteint 37 % de sa valeur initiale.

$$u_C(\tau) = 0,37 \times E$$



Temps (s)	1τ	2τ	3τ	4τ	5τ
$v_C(t)$	37% de E	14% de E	5% de E	2% de E	1% de E

M.Mouchrif

9

Les circuits RC et RL

Constante de temps

La constante de temps (τ) d'un circuit RC est exprimée par le produit entre la résistance et la capacité des deux éléments du circuit :

$$\tau = R \times C$$

- τ : la constante de temps du circuit, en seconde (s)
- R : la résistance du circuit, en ohm (Ω)
- C : la capacité du condensateur, en farad (F)

La constante de temps τ est caractéristique de la rapidité avec laquelle le condensateur se charge ou se décharge

M.Mouchrif

10

Les circuits RC et RL

Constante de temps

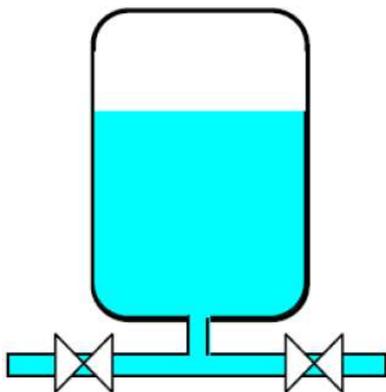
Le condensateur est chargé à la valeur de la tension de la source après une période égale à 5τ

M.Mouchrif

11

Les circuits RC et RL

Analogie avec un réservoir d'eau



Analogique avec l'eau : le condensateur est comparable à un réservoir d'eau

- Lorsqu'il est alimenté, il accumule une quantité d'eau (il se charge).
- Lorsque l'alimentation est coupée, il sert d'alimentation (il se décharge).

Il ne faut dépasser la pression maximale (tension de service), sinon il y a un risque de destruction.

Exemple château d'eau ou un bac de stockage.

M.Mouchrif

12

Les circuits RC et RL

Exercice :

Calculer la constante de temps d'un circuit RC si la résistance est égale à 150 kΩ et la capacité du condensateur est 20 μF. Evaluer ensuite la période de charge du condensateur.

Pour déterminer la constante de temps du circuit il suffit d'utiliser sa formule de définition :

$$T = R \times C$$

$$T = 150\text{k}\Omega \times 20 \mu\text{F}$$

$$T = 3 \text{ s}$$

Quant à la période de charge :

$$T = 5 T$$

$$T = 5 \times 3\text{s}$$

$$T = 15 \text{ s}$$

M.Mouchrif

13

Les circuits RC et RL

Détermination de la constante de temps τ

La constante de temps τ du circuit RC caractérise la vitesse de la charge du condensateur.

Il y a 3 méthodes pour la trouver :

1) On utilise la relation $\tau = R \cdot C$

2) Graphiquement, on trace la tangente à l'origine → τ est l'abscisse de l'intersection de la tangente et de la droite E

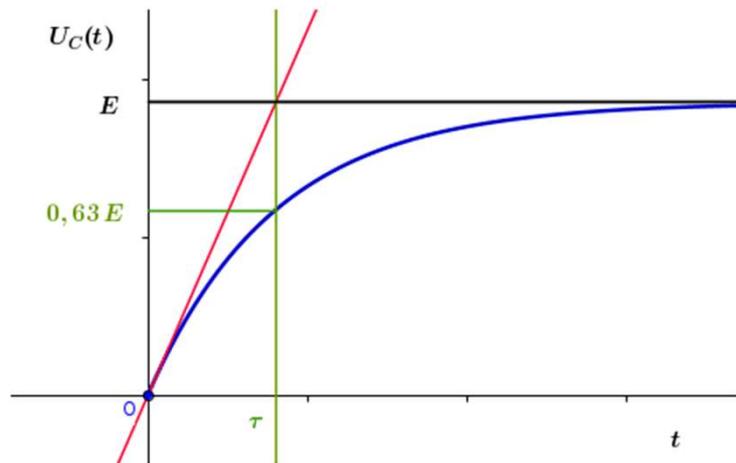
3) Pendant la charge → $U_c(t) = E \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$

M.Mouchrif

14

Les circuits RC et RL

Détermination graphique de la constante du temps τ



M.Mouchrif

15

Les circuits RC et RL

Expression de l'énergie

L'énergie stockée par le condensateur est de l'énergie potentielle électrostatique :

$$W_C = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$$

W_C énergie Joule J
 U tension Volt V
 C capacité du condensateur Farad F

Autre expression de l'énergie

$$\left. \begin{array}{l} Q = C \cdot U \\ W_C = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 \end{array} \right\} \Rightarrow W_C = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot U$$

M.Mouchrif

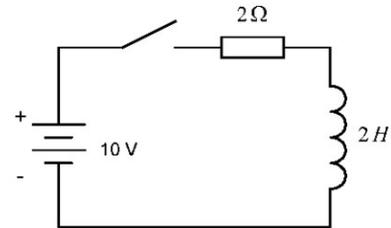
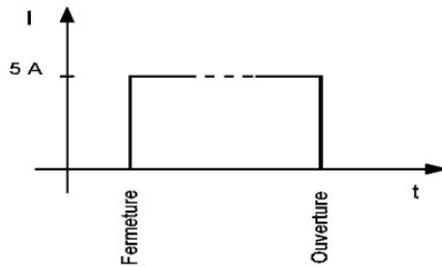
16

Les circuits RC et RL

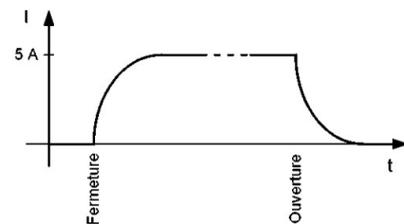
Circuit RL



$$I = \frac{E}{R} = \frac{10V}{2\Omega} = 5A$$



$$I = \frac{E}{R} = \frac{10V}{2\Omega} = 5A$$

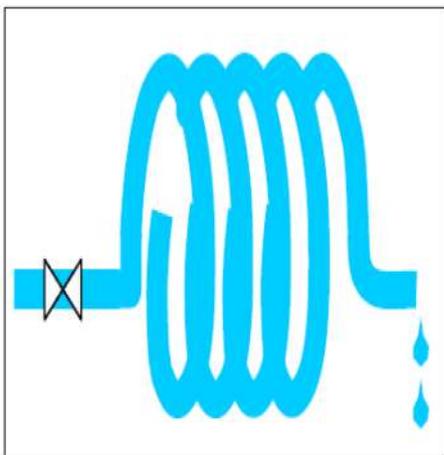


M.Mouchrif

17

Les circuits RC et RL

Circuit RL



Le réacteur réagit aux variations de courant :

Analogie avec l'eau : le réacteur est comparable à un tuyau enroulé.

- Lorsqu'on ouvre la vanne, il se passe un certain temps avant que l'eau ne coule : il faut vider l'air contenu dans le tuyau.
- Lorsque l'on ferme la vanne l'eau ne s'arrête pas instantanément de couler : il y a une quantité emmagasinée dans le tuyau.

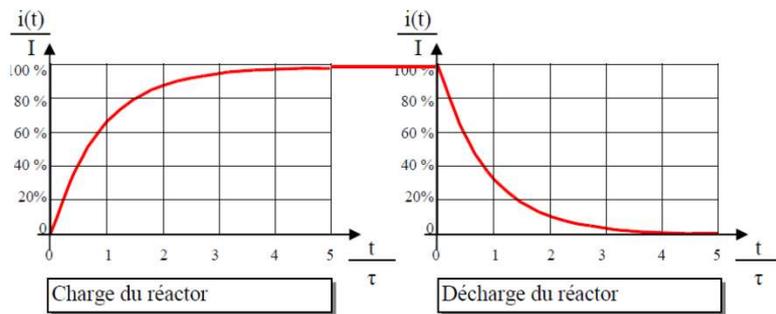
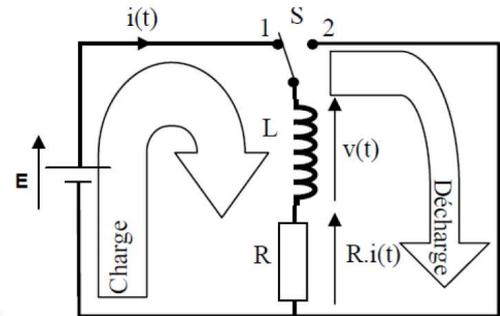
M.Mouchrif

18

Les circuits RC et RL

Circuit RL

Ces courbes montrent que le courant est pratiquement établi dans le circuit au bout d'un temps $t=5.T$

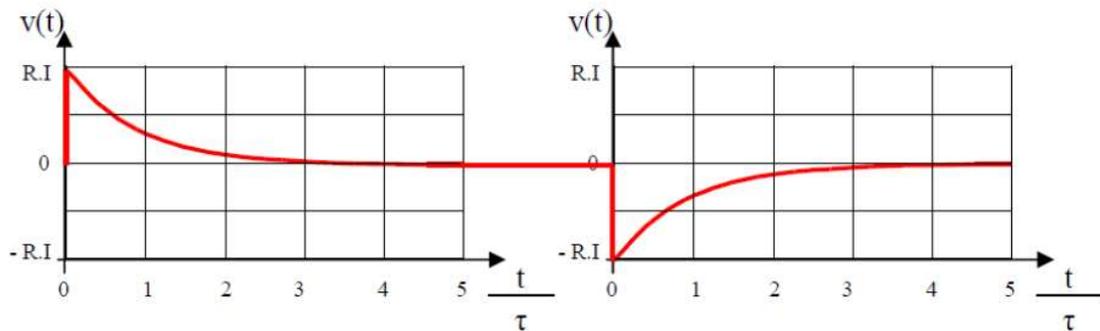


M.Mouchrif

19

Les circuits RC et RL

Circuit RL



M.Mouchrif

20

Les circuits RC et RL

Constante de temps du circuit RL

La constante de temps (τ) d'un circuit RL s'exprime par le rapport entre l'inductance et la résistance des deux éléments du circuit.

Sa formule de calcul est donc :

$$\tau = \frac{L}{R}$$

τ = constante de temps du circuit, en secondes (s).

L = inductance de la bobine, en henrys (H).

R = résistance du circuit RC, en ohm (Ω).

M.Mouchrif

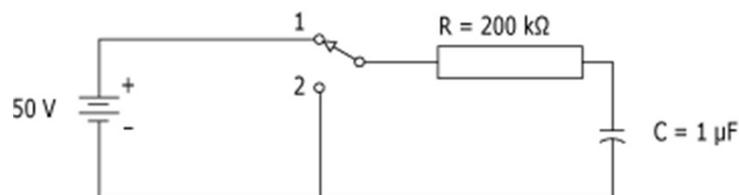
21

Les circuits RC et RL

Exercice circuit RC :

On considère le montage suivant :

- calculez la constante de temps
- calculez la période de charge et de décharge
- tracez les courbes de charge et de décharge



Position 1 = charge
Position 2 = décharge

M.Mouchrif

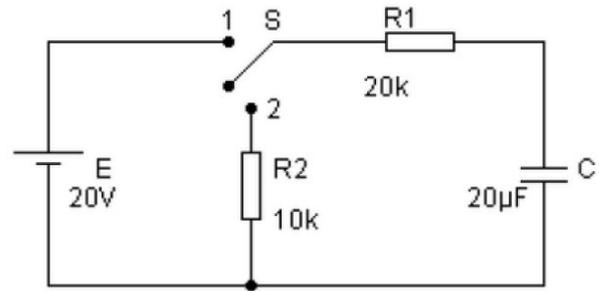
22

Les circuits RC et RL

Exercice circuit RC :

On considère le montage suivant :

- 1) Que vaut la constante de temps de ce réseau lorsque l'interrupteur est en position 1?
- 2) Quelle est la tension vers laquelle le condensateur tend à se charger?
- 3) Que vaut la tension aux bornes du condensateur après 3 s, si initialement $U_C = 0$ et que l'interrupteur est en position 1?
- 4) Combien de temps prendra-t-on avant que le voltage aux bornes du condensateur atteigne 15V lorsque l'interrupteur est en position 1 et que initialement $U_C = 0$?



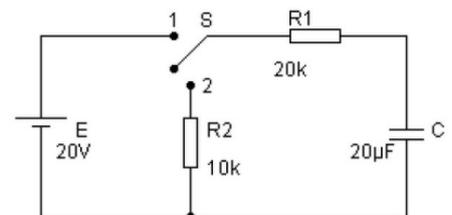
M.Mouchrif

23

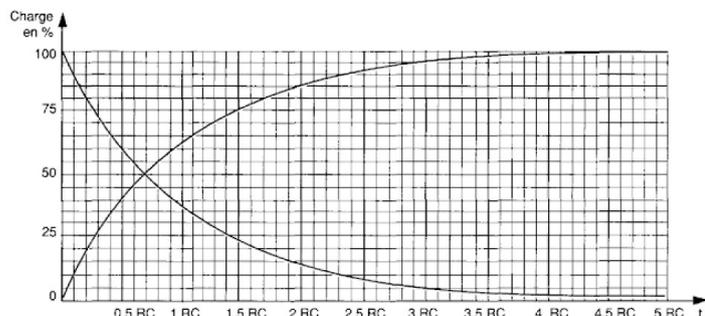
Les circuits RC et RL

Exercice circuit RC :

- 5) Que vaut la constante de temps lorsque l'interrupteur est en position 2?
- 6) Que vaut la tension aux bornes du condensateur après 2,1s, si la tension aux bornes du condensateur était de 20V lorsque l'interrupteur fut mis en position 2 ?



$$U_c(t) = E \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$



M.Mouchrif

24

Les circuits RC et RL

Corrigé Exercice circuit RC :

- 1) lorsque l'interrupteur est en position 1, la constante de temps est : $\tau_1 = R_1 C = 20k \times 20\mu F = 400ms$
- 2) la tension vers laquelle le condensateur tend à se charger est : $U_c = E = 20V$
- 3) la tension aux bornes du condensateur après 3s ($3s > 5 \times \tau_1 = 2s$) est : $U_c = E = 20V$
- 4) $U_c = 15V = (100 \times 15V / 20V)\% E = 75\%E$, donc le temps pour $U_c = 15V$ est $1,5\tau_1 = 600ms$
- 5) la constante de temps lorsque l'interrupteur est en position 2 est :

$$\tau_2 = (R_1 + R_2)C = (20k + 10k) \times 20\mu F = 600ms$$

- 6) $2,1 s = 3,5\tau_2$ donc $U_c = 2,5V$