Chapitre 6 : circuit RC

I) Rappels
Electricité 1S Dipôles définitions U, I, loi nœuds et mailles
II) Les condensateurs

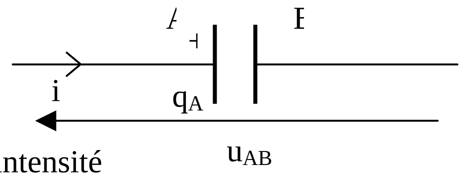
1) Composition et Principe de fonctionnement

Un condensateur est constitué de 2 armatures métalliques séparées par un isolant.

Le générateur peut être considéré comme une pompe à électrons. À chaque fois qu'un électron arrive sur l'armature B un électron de l'armature A se dirige vers la borne positive de la pile (puisque le courant est le même en tout point d'un circuit série). Si une charge négative quitte l'armature A, alors il apparaît sur cette armature une charge positive (les électrons ne se déplaçant pas entre les armatures à cause de l'isolant).
À chaque instant la charge $q_A = - q_B$.

Petit à petit il se crée une différence de potentiel électrique entre les armatures A et B.
(TP charge du condensateur à I constant)
On a montré que : La tension u_{AB} aux bornes du condensateur est égale à la charge électrique q_A portée par l'armature A divisée par la capacité C du condensateur: $u_{AB} = q_A /C$

Unités : C en farads (F); q_A en coulomb (C); u_{AB} en volt (V); i en ampère (A).
Symbole :



2. Relation entre charge et intensité

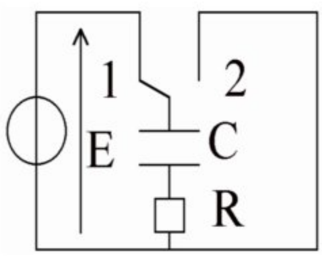
Si I est constante (Générateur de courant) $I = q_A / \Delta t$
Si i varie (Générateur de tension) $i = dq_A/dt$
Si $i > 0$, $q_A\uparrow$, $dq_A/dt > 0$ le condensateur se charge.
Si $i < 0$, $q_A\downarrow$, $dq_A/dt < 0$ le condensateur se décharge.

« Lorsque i va vers l'armature + (A) du condensateur $i = dq_A/dt$. »

III) Réponse du dipôle RC à un échelon de tension (Charge à tension constante)

1) Etude expérimentale

Avant l'instant t = 0 s l'interrupteur est en position 2 le condensateur est déchargé. Puis à t = 0 on bascule l'interrupteur en position 1, le condensateur se charge.
On a trouvé expérimentalement que $u_c = E\,(1-e^{-t/\tau})$ avec $\tau = R.C$.
Si $\tau\uparrow$ le temps de charge$\uparrow$



2) Etude théorique

D'après la loi des mailles donne : $E = R.i + u_c$ (1)
Avec $i = dq/dt$ et $q = C.U_c$ donc $i = C\,(du_c/dt)$ en remplaçant dans l'équation (1) on trouve, $E = RC\,(du_c/dt) + u_c$
La solution de cette équation différentielle en u_c est:
$u_c = A + B.e^{-t/\tau}$
Les conditions initiales et la validité de l'expression quel que soit l'instant t permettent de déterminer les constantes A et B et τ : A t = 0 $u_c = 0$ V et $t \to 00$ $U_c = E$
Par conséquent : $u_c = E\,(1-e^{-t/\tau})$ Vérification de l'équation différentielle
$u'_c = E/\tau\,(e^{-t/\tau})$; $E = RC\,E/\tau\,(e^{-t/\tau}) + E - Ee^{-t/\tau}$; $0 = (RC/\tau - 1)\,E\,e^{-t/\tau}$; $\tau = RC$
donc $u_c = E\,(1-e^{-t/RC})$

3) Constante de temps τ du circuit RC

a) Analyse dimensionnelle du produit RC

R.C $[R]=[U]/[I]$ $C = q/u = I.\Delta t/u$ $[C]=[T].[I]/[U]$

$[RC] =[U]/[I] . [T].[I] /[U] = [T]$

On appelle la constante de temps τ du circuit RC série le produit de la résistance R par la capacité C du condensateur. $\tau = R.C$ Unité : la seconde (s).

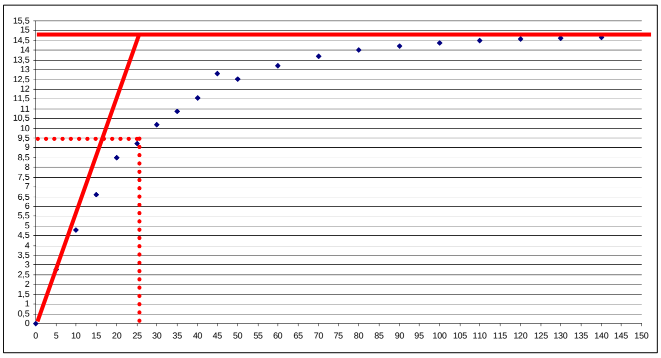
b. Détermination graphique de τ.

- Méthode de la tangente à l'origine.

Pour déterminer graphiquement t on trace la tangente à la courbe $u_c(t)$ en t = O.
Cette tangente coupe l'asymptote u = E en un point M d'abscisse $t = \tau$

- Méthode des 63%

On peut également prendre le point M' de la courbe uc(t) d'ordonnée 0,63.u(max) = 0,63.E et d'abscisse $t = \tau$.



c. Temps caractéristiques.

Au cours de la charge du condensateur à travers une résistance R, sous une tension E du générateur $u_c = E\,(1-e^{-t/RC})$: à $t = \tau$, ;
$u_c = 0{,}63.E$ et à $t = 5.\tau$, $u_c = 0{,}99.E$ (le condensateur est pratiquement chargé)

IV. Intensité du courant

$i = dq_A/dt = C\,dUc/dt = E/R \,.\, e^{-t/RC}$ *(On rappelle que $u_c = E\,(1-e^{-t/RC})$ donc $u'_c = E/RC\,(e^{-t/RC})$)*

$= I_0 \,.\, e^{-t/RC}$

i = f(t) est une exponentielle décroissante; à t =0 $i = I_0$ et $t \rightarrow {}_{00}$ i = 0

V. Décharge d'un condensateur dans la résistance

1) Etude expérimentale : Le condensateur étant chargé, on bascule l'interrupteur en position 2.
On a trouvé que $u_c = Ee^{-t/RC}$

2) Etude théorique

D'après la loi des mailles : $u_c+Ri = 0$ donc $u_c+RC.(du_c/dt) = 0$
La solution de cette équation différentielle en uc est de la forme: $u_c = A + B.e^{-t/\tau}$
Les conditions initiales et la validité de cette solution quel que soit l'instant t donnent la solution : $u_c = E.e^{-t/\tau}$; avec $\tau =$ RC

De la même façon on montre que :
à $t = \tau$, $u_c = 0{,}37.u(max) = 0{,}37.E$
pour déterminer graphiquement τ tracer la tangente à la courbe à t = 0 s.
Cette droite coupe l'axe des abscisses en $t = \tau$.

VI) Energie électrique Ec emmagasinée par un condensateur

1) Définition

L'énergie électrique Ec emmagasinée par un condensateur de capacité C possédant une tension u à ses bornes et une charge q sur une des armatures est : $Ec = (½).C.u^2 =(½).q^2/c$

Unité: C en farad(F), u en volt(V), q en coulomb (C), Ec en joule (J).

2) Continuité de la tension aux bornes du condensateur

La tension aux bornes d'un condensateur ne peut varier brusquement. Par conséquent la tension aux bornes d'un condensateur est continue au cours du temps.
Il en va de même pour la charge q car q = C.u
Par contre l'intensité du courant i=dq/dt. présente une discontinuité à la charge ou à la décharge.