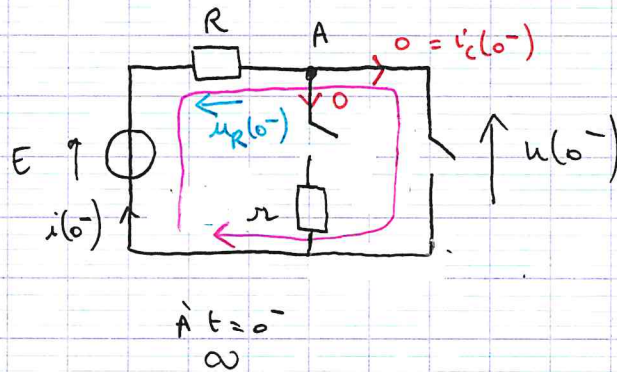


Conigé du TDEZ

EX1 - Circuit avec condensateur en parallèle

- Q1) On schématise ce qu'il se passe aux instants clef: à $t=0^-$, $t=0^+$ et $t \rightarrow +\infty$. Le condensateur est assimilable à un interrupteur ouvert en RP.

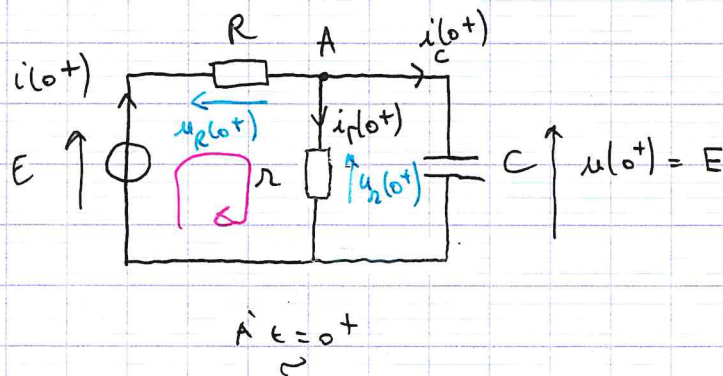


• LON en A: $i(0^-) - 0 - 0 = 0 \Leftrightarrow i(0^-) = 0$

• $i_c(0^-) = 0 = C \frac{du}{dt}(0^-) \Leftrightarrow \frac{du}{dt}(0^-) = 0$

• LDM: $E - u_R(0^-) - u(0^-) = 0$. Or $u_R(0^-) = Ri(0^-) = 0$
 $\Rightarrow u(0^-) = E$

Par continuité de la tension aux bornes d'un condensateur,
 $u(0^-) = u(0^+) = E$



or et C étant en //: $u_r(0^+) = u(0^+) = E$

• LDM: $E - u_R(0^+) - u_r(0^+) = 0 \Leftrightarrow u_R(0^+) = E - E = 0$
 $\Leftrightarrow Ri(0^+) = 0 \Leftrightarrow i(0^+) = 0$

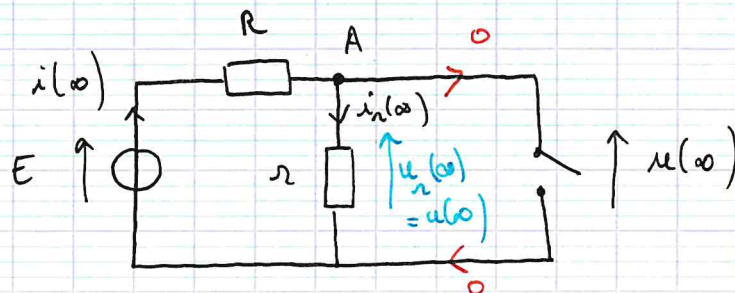
LON en A : $i(0^+) - i_n(0^+) - i_c(0^+) = 0$

$\Leftrightarrow i_c(0^+) = -i_n(0^+)$

Or $u_n(0^+) = r i(0^+) \Leftrightarrow i_n(0^+) = \frac{u_n(0^+)}{r} = \frac{E}{r}$

D'où $i_c(0^+) = -\frac{E}{r} = -C \frac{du}{dt}(0^+)$

Donc $\frac{du}{dt}(0^+) = -\frac{E}{rC}$



Pont diviseur de tension : $u_n(0) = u(\infty) = \frac{r}{r+R} E$

LON en A : $i(\infty) - 0 - i_n(\infty) = 0$

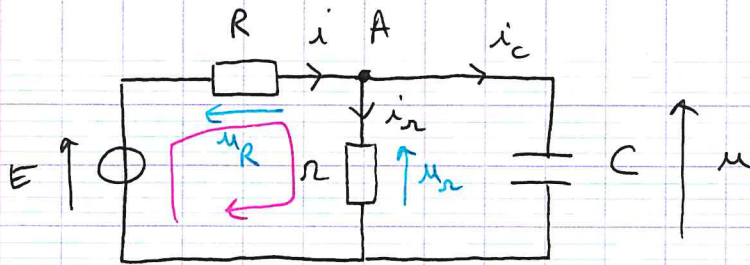
$\Leftrightarrow i(\infty) = i_n(\infty) = \frac{u_n(\infty)}{r} \Leftrightarrow i(\infty) = \frac{E}{r+R}$

$\underbrace{i_c(\infty)}_{=0} = C \frac{du}{dt}(\infty) \Leftrightarrow \frac{du}{dt}(\infty) = 0$

Récapitulatif

	$t=0^-$	$t=0^+$	$t \rightarrow +\infty$
$i(t)$	0	0	$\frac{E}{r+R}$
$u(t)$	E	E	$\frac{r}{r+R} E$
$\frac{du}{dt}(t)$	0	$-\frac{E}{rC}$	0

Q2)



Pdr le régime transitoire : $u(t) = u_n(t)$.

LOM : $E - u_R - u_n = 0$
 $\Rightarrow E - Ri - u = 0. \quad (1)$

$u_R = Ri$
 $u_n = ri_r \Rightarrow i_r = \frac{u}{r}$
 $i_c = C \frac{du}{dt}$

LDN en A : $i - i_r - i_c = 0$
 $\Rightarrow i - \frac{u}{r} - C \frac{du}{dt} = 0$

$\Rightarrow i = \frac{u}{r} + C \frac{du}{dt}. \quad (2)$

(2) dans (1) : $E - \frac{R}{r} u - RC \frac{du}{dt} - u = 0$

$\Rightarrow RC \frac{du}{dt} + \left(1 + \frac{R}{r}\right) u = E$

$\Rightarrow \frac{du}{dt} + \frac{r+R}{rRC} u = \frac{E}{RC}$

Posons $\frac{1}{\tau} = \frac{r+R}{rRC} \Rightarrow \tau = \frac{rR}{r+R} \cdot C \quad \dots \dots RC = \frac{r+R}{r} \tau$

D'où $\frac{du}{dt} + \frac{1}{\tau} u = \frac{E}{RC}$

$\Rightarrow \frac{du}{dt} + \frac{1}{\tau} u = \frac{r}{r+R} \cdot \frac{E}{\tau} \quad (E1)$

Q3) (EH) $\frac{du_R}{dt} + \frac{1}{\tau} u_R = 0 \Rightarrow u_R(t) = A e^{-t/\tau}$

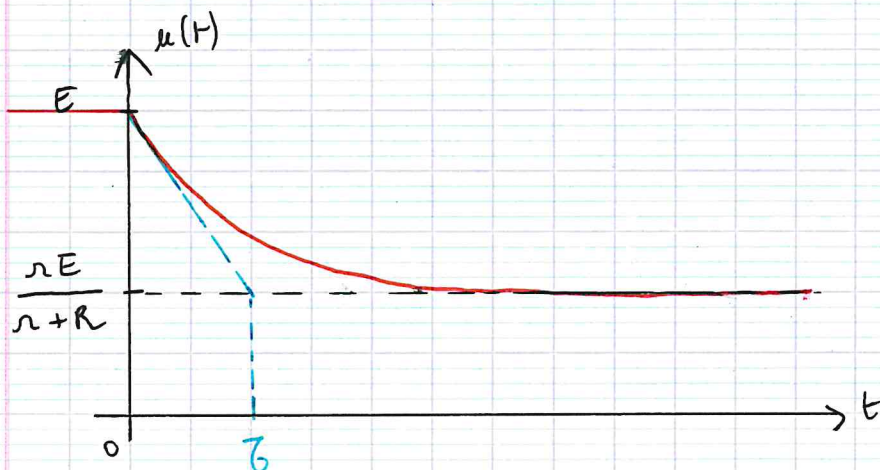
Sol. part. $u_p(t) = K \Rightarrow \frac{1}{\tau} u_p = \frac{rE}{(r+R)\tau} \Rightarrow u_p(t) = \frac{r}{r+R} E$

D'où $u(t) = A e^{-t/\tau} + \frac{r}{r+R} E$. À $t=0$, $u(0) = E$

$$\text{D'au' } E = A + \frac{r}{n+r} E \Leftrightarrow A = \left(1 - \frac{r}{n+r}\right) E$$

$$\Leftrightarrow A = \frac{n+r-r}{n+r} E = +\frac{r}{n+r} E$$

$$\text{Donc } u(t) = \frac{rE}{n+r} \left(1 + \frac{R}{r} e^{-t/\tau} \right)$$



$$u(0) = E \quad \checkmark$$

$$u(\infty) = \frac{rE}{n+r} \left(= \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{rE}{n+r} \left(1 + \frac{R}{r} e^{-t/\tau} \right) \right) \quad \checkmark$$

$$\begin{aligned} \text{Q4) } i_c(t) &= C \frac{du}{dt} = C \frac{d}{dt} \left(u(\infty) + \frac{ER}{n+r} e^{-t/\tau} \right) \\ &= \frac{CER}{(n+r)} \cdot \left(-\frac{1}{\tau} \right) e^{-t/\tau} \\ &= -\frac{CER}{(n+r)\tau} \\ &= -\frac{E}{\tau} e^{-t/\tau} \end{aligned}$$

$$\text{Et } i(t) = i_c(t) + i_r(t) \quad i_r(t) = \frac{u}{R} = \frac{E}{r+R} \left(1 + \frac{R}{r} e^{-t/\tau} \right)$$

$$\text{D'au' } i(t) = -\frac{E}{\tau} e^{-t/\tau} + \frac{E}{n+r} \left(1 + \frac{R}{r} e^{-t/\tau} \right)$$

Calculons l'énergie ~~cédée~~ reçue par les dipôles présents dans le circuit :

$$P_G(t) = E i(t) \Rightarrow \mathcal{E}_{g, \text{tot}} = \int_0^{+\infty} P_G(t) dt$$

$$= \int_0^{+\infty} E \cdot \left(\frac{E}{r+R} \left(1 + \frac{R}{r} e^{-t/\tau_0} \right) \right) dt = \int_0^{+\infty} \frac{E^2}{r} e^{-t/\tau_0} dt$$

$\rightarrow +\infty$

$$P_r(t) = u_r(t) \times i_r(t) = r i_r^2(t) = \frac{r E^2}{(r+R)^2} \left(1 + \frac{R}{r} e^{-t/\tau_0} \right)^2$$

D'où $\mathcal{E}_{r, \text{tot}} = \int_0^{+\infty} \frac{r E^2}{(r+R)^2} \left(1 + \frac{R}{r} e^{-t/\tau_0} \right)^2 dt$

$\rightarrow +\infty$

Logique, lorsque R est fermé pendant un tps ∞ , la génératrice délivre une énergie infinie pendant un tps ∞ : cette énergie est dissipée par effet Joule par les résistances r et R . Le condensateur lui, se charge jusqu'à ce que ses armatures soient "pleines" de charges.

Sans faire par le calcul, on peut montrer que

$$\mathcal{E}_{c, \text{tot}} = \frac{1}{2} C u_c^2(\infty) - \frac{1}{2} C u_c(0)^2.$$

Il vient : $p_c(t) = u(t) \times i_c(t)$

$$\text{D'où } \Delta \mathcal{E}_{c, \text{tot}} = \int_0^{+\infty} p_c(t) dt = \int_0^{+\infty} C u(t) \frac{du}{dt} dt$$

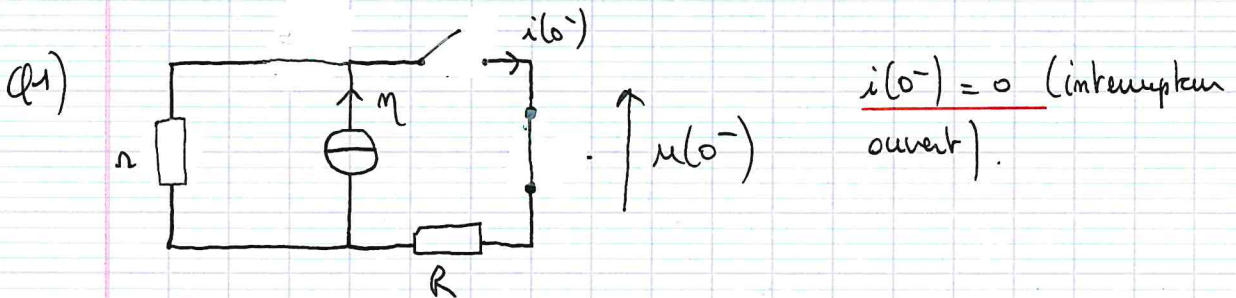
$$\Rightarrow \Delta \mathcal{E}_{c, \text{tot}} = C \int_{u(0)}^{u(\infty)} u du$$

$$\Rightarrow \Delta \mathcal{E}_{c, \text{tot}} = \frac{1}{2} C u(\infty)^2 - \frac{1}{2} C u(0)^2.$$

$$\begin{aligned}
 \text{D'où } \Delta \mathcal{E}_{\text{chgt}} &= \frac{1}{2} C \cdot \left(\frac{rE}{r+R} \right)^2 - \frac{1}{2} CE^2 \\
 &= \frac{1}{2} CE^2 \left(\left(\frac{r}{r+R} \right)^2 - 1 \right) < 0
 \end{aligned}$$

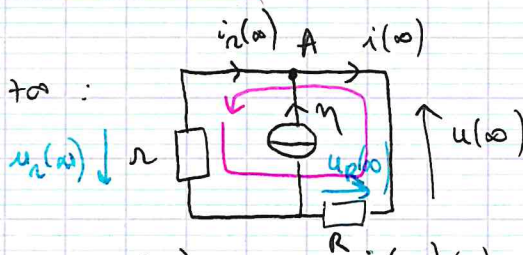
Le condensateur, déjà chargé avant fermeture de K s'est déchargé en partie dans le reste du circuit.

EX2 - Circuit avec bobine en parallèle



Et: $i(0^+) = i(0^-) = 0$ par continuité du courant de la bobine

Lorsque $t \rightarrow \infty$:



LDN en A: $i_r(\infty) + \eta = R i(\infty) \quad (1)$

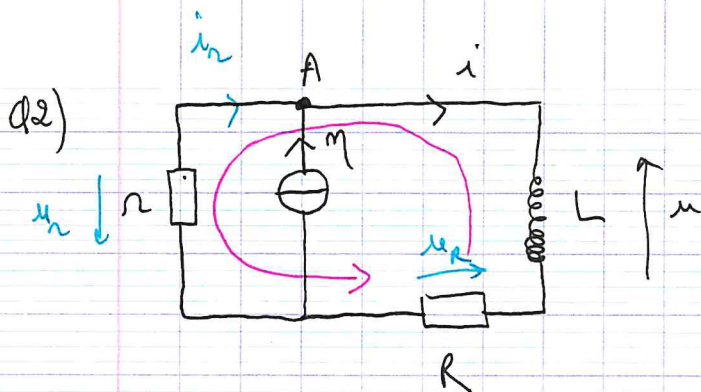
D'après la LDN: $\underbrace{u(\infty)}_{=0} + u_r(\infty) + u_R(\infty) = 0$

$\Rightarrow R i(\infty) + r i_r(\infty) = 0 \quad (2)$

D'où $-\frac{R}{r} i(\infty) + \eta = i(\infty)$

$\Rightarrow i(\infty) \left(1 + \frac{R}{r} \right) = \eta$

$\Rightarrow i(\infty) = \frac{\eta r}{r+R}$



LDN en A $i = i_n + \eta$

LDN: $u + u_n + u_R = 0$

$\Leftrightarrow u + r i_n + R i = 0$

$\Leftrightarrow u + r(i - \eta) + R i = 0$

Or $\dot{i} = L \frac{di}{dt}$

$\Leftrightarrow L \frac{di}{dt} + r i - r \eta + R i = 0$

$\Leftrightarrow L \frac{di}{dt} + (r+R)i = r \eta$

$\Leftrightarrow \frac{di}{dt} + \frac{r+R}{L} i = \frac{r \eta}{L}$

Posons $\frac{1}{\tau} = \frac{r+R}{L} \Leftrightarrow \tau = \frac{L}{r+R}$ | d'où $\frac{di}{dt} + \frac{1}{\tau} i = \frac{r \eta}{L}$ (ED)

(EH) $\frac{di_h}{dt} + \frac{1}{\tau} i_h = 0 \Rightarrow i_h(t) = A e^{-t/\tau}$

Sol. part: $i_p(t) = K \Leftrightarrow \frac{1}{\tau} i_p(t) = \frac{r \eta}{L}$

$\Leftrightarrow i_p(t) = \frac{r \tau \eta}{L} = \frac{r L \eta}{(r+R)L}$

$\Leftrightarrow i_p(t) = \frac{r \eta}{r+R}$

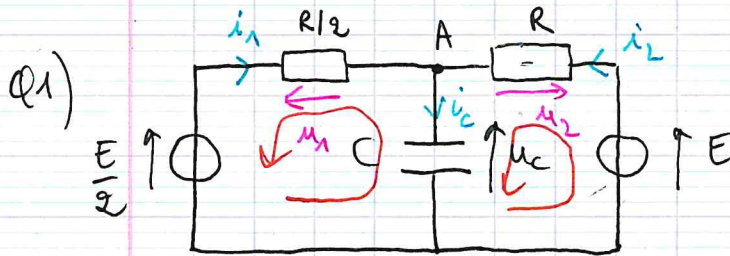
Donc $i(t) = A e^{-t/\tau} + \frac{r \eta}{r+R}$

À $t=0$, $i(0) = 0 = A + \frac{n\eta}{n+R}$ d'où $A = -\frac{n\eta}{n+R}$.

Donc $i(t) = \frac{n\eta}{n+R} (1 - e^{-t/\tau})$.



EX3 - Condensateur alimenté par deux générateurs-



LDM $\textcircled{g}$: $u_C + u_1 - \frac{E}{2} = 0 \Rightarrow u_C + \frac{R}{2}i_1 = \frac{E}{2} \quad (1)$

LDM $\textcircled{d}$: $E - u_2 - u_C = 0 \Rightarrow u_C + Ri_2 = E \quad (2)$

LON en A: $i_1 + i_2 - i_C = 0 \quad (3)$

$(2) \times 1 + (3)$: $2u_C + Ri_1 + u_C + Ri_2 = E + E$

$(2) \textcircled{g} \Rightarrow 3u_C + R(i_1 + i_2) = 2E$

$\Rightarrow 3u_C + Ri_C = 2E$

Or $i_C = C \frac{du_C}{dt}$ d'où $3u_C + RC \frac{du_C}{dt} = 2E$.

Donc $\frac{du_C}{dt} + \frac{3}{RC} u_C = \frac{2E}{RC}$.

$\frac{1}{\tau} = \frac{3}{RC} \Rightarrow \tau = \frac{RC}{3}$

$$\Leftrightarrow \frac{du_c}{dt} + \frac{1}{\tau} u_c = \frac{2E}{RC}, \quad \tau = \frac{RC}{3}$$

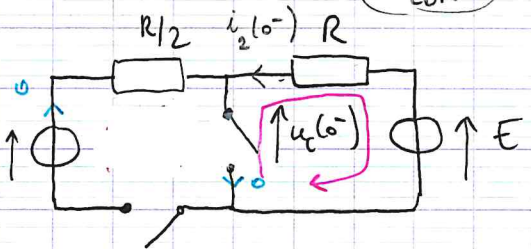
$$\Leftrightarrow \frac{du_c}{dt} + \frac{1}{\tau} u_c = \frac{2E}{3\tau}$$

Q2) $\begin{cases} u_{c,h}(t) = Ae^{-t/\tau}, & A \in \mathbb{R} \\ u_p(t) = K \Leftrightarrow \frac{1}{\tau} K = \frac{2E}{3\tau} \end{cases} \Rightarrow K = \frac{2}{3}E$

D'où $u_c(t) = Ae^{-t/\tau} + \frac{2}{3}E$

À $t=0$, $u_c(0) = ?$

Étudions le circuit à $t=0^-$ (en RP)



LON : $-E - \underbrace{Ri_2(0^-)}_{=0} + u_c(0^-) = 0 \Rightarrow \underline{u_c(0^-) = E}$

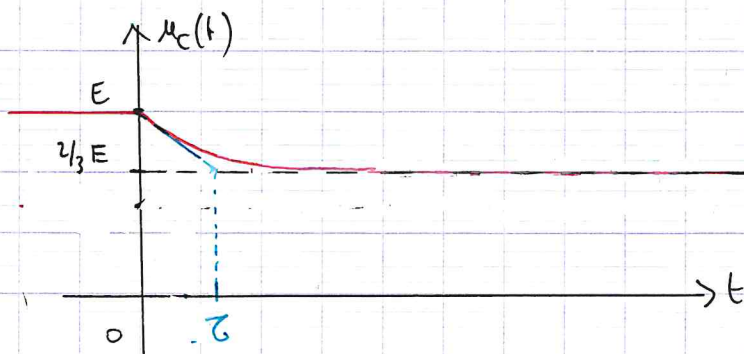
D'où $E = A + \frac{2}{3}E$

$\Rightarrow A = E - \frac{2}{3}E$

$\Rightarrow A = \frac{E}{3}$

D'où $u_c(t) = \frac{2}{3}E + \frac{E}{3}e^{-t/\tau}$

$\Rightarrow \underline{u_c(t) = \frac{2}{3}E \left(1 + \frac{1}{2}e^{-t/\tau} \right)}$



Q3) On cherche t_1 tel que $u_c(t_1) = \beta u_{c,f}$ ou $u_{c,f} = \frac{2}{3}E$
 avec $\beta = 1,01$. D'où: $\frac{2E}{3} \left(1 + \frac{1}{2} e^{-t_1/\tau}\right) = \frac{2\beta E}{3}$

On ne peut approcher
 l'asymptote que par
 valeurs supérieures!

$$\Leftrightarrow 1 + \frac{1}{2} e^{-t_1/\tau} = \beta$$

$$\Leftrightarrow e^{-t_1/\tau} = 2(\beta - 1)$$

$$\Leftrightarrow -\frac{t_1}{\tau} = \ln(2(\beta - 1))$$

$$\Leftrightarrow t_1 = -\ln(2(\beta - 1))\tau \quad \text{ou} \quad \tau = \frac{RC}{3}$$

(on trouve $t_1 = 3,9\tau$)

Q4) Par puissance dissipée, il faut comprendre la puissance dissipée par effet Joule.

Ainsi: $P_J(t) = \frac{R}{2} i_1^2(t) + R i_2^2(t)$.

Or d'après (1) de Q1: $u_c + \frac{R i_1}{2} = \frac{E}{2} \Leftrightarrow i_1 = \frac{E}{R} - \frac{2u_c}{R}$.

" " (2) de Q1: $u_c + R i_2 = E \Leftrightarrow i_2 = \frac{E}{R} - \frac{u_c}{R}$.

avec $u_c(t) = \frac{2E}{3} \left(1 + \frac{1}{2} e^{-t/\tau}\right)$

D'où $P_J(t) = \frac{R}{2} \left(\frac{E^2}{R^2} + \frac{4u_c^2}{R^2} - \frac{4u_c E}{R^2} \right) + R \left(\frac{E^2}{R^2} + \frac{u_c^2}{R^2} - \frac{2Eu_c}{R^2} \right)$

$$\Leftrightarrow P_J(t) = \frac{3E^2}{2R} + \frac{3u_c^2}{R} - \frac{4Eu_c}{R}$$

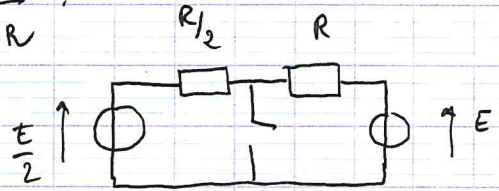
$$\Leftrightarrow P_J(t) = \frac{3E^2}{2R} + \frac{3}{R} \times \frac{4E^2}{9} \left(1 + \frac{1}{4} e^{-2t/\tau} + e^{-t/\tau} \right) - \frac{4E}{R} \cdot \frac{2E}{3} \left(1 + \frac{1}{2} e^{-t/\tau} \right)$$

$$\Leftrightarrow P_J(t) = \frac{3E^2}{2R} + \frac{4E^2}{3R} + \frac{E^2}{3R} e^{-2t/\tau} + \frac{4E^2}{3R} e^{-t/\tau} - \frac{8E^2}{3R} - \frac{4E^2}{3R} e^{-t/\tau}$$

$$\Leftrightarrow P_J = \frac{9E^2}{6R} + \frac{8E^2}{3R} - \frac{16E^2}{3R} + \frac{E^2}{3R} e^{-2t/\tau}$$

$$\Leftrightarrow P_J(t) = \frac{E^2}{6R} \left(1 + 2e^{-2t/\tau} \right)$$

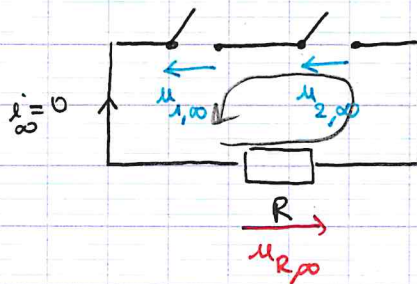
En RP, $\vdash^c \Rightarrow \diagup$ ouvert :



4

$$\Rightarrow P_{J,f} = \frac{E^2}{6R} \quad \checkmark$$

Après avoir fermé l'interrupteur K , une fois que le RP est de nouveau établi, le circuit a pour représentation équivalente:



$$a \begin{cases} q_{1,\infty} = c_{u_{1,\infty}} \\ q_{2,\infty} = c_{u_{2,\infty}} \end{cases}$$

Donc $\mu_{1,0} + \mu_{2,0} = 0 \Leftrightarrow \frac{1}{C} (q_{1,0} + q_{2,0}) = 0$
 $\Leftrightarrow q_{1,0} + q_{2,0} = 0 \quad (1)$

Par ailleurs, à tout instant t : $i(t) = \frac{dq_1(t)}{dt} = \frac{dq_2(t)}{dt}$

Petit math: $\forall f, g \in \mathcal{C}_1$, $f'(t) = g'(t) \Rightarrow f(t) = g(t) + K$
ou $K \in \mathbb{R}$

Ici, on a: $q_1(t) = q_2(t) + K$.

À $t=0$, $\begin{cases} q_1(0) = q_0 \\ q_2(0) = 0 \end{cases}$ d'où $q_0 = 0 + K \Leftrightarrow q_0 = K$.

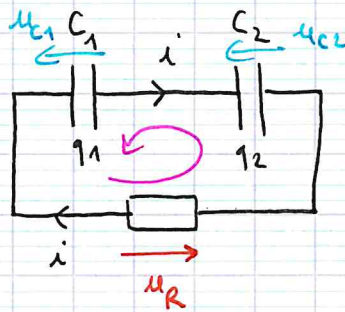
D'où $q_1(t) - q_2(t) = q_0$.
 $\Rightarrow q_{1,\infty} - q_{2,\infty} = q_0$ } ceci vaut à tout instant.

Ainsi, on a:
$$\begin{cases} q_{1,\infty} + q_{2,\infty} = 0 & (1) \\ q_{1,\infty} - q_{2,\infty} = q_0 & (2) \end{cases}$$

(1)+(2): $2q_{1,\infty} = q_0 \Leftrightarrow q_{1,\infty} = \frac{q_0}{2}$

(1)-(2): $2q_{2,\infty} = -q_0 \Leftrightarrow q_{2,\infty} = -\frac{q_0}{2}$

Q2) Soit t un instant quelconque du régime transitoire.



LDM: $Ri + \frac{q_1}{C} + \frac{q_2}{C} = 0$

$i = \frac{dq_1}{dt} = \frac{dq_2}{dt}$

Et $\forall t \in \mathbb{R}^+$, $q_1(t) = q_2(t) + q_0$

Établissons l'ED relative par q_1 : $R \frac{dq_1}{dt} + \frac{q_1}{C} + \frac{q_1 - q_0}{C} = 0$

$\Leftrightarrow R \frac{dq_1}{dt} + \frac{2q_1}{C} = \frac{q_0}{C}$

$\Leftrightarrow \frac{dq_1}{dt} + \frac{1}{\tau} q_1 = \frac{q_0}{RC}$

avec $\frac{1}{\tau} = \frac{2}{RC} \Leftrightarrow \tau = \frac{RC}{2}$

Finalement : $\frac{dq_1}{dt} + \frac{1}{\tau} q_1 = \frac{q_0}{2\tau}$

(EH) : $\frac{dq_{1,h}}{dt} + \frac{1}{\tau} q_{1,h} = 0$ soit $q_{1,h}(t) = A e^{-t/\tau}$, $A \in \mathbb{R}$.

Sol. part : $q_{1,p}(t) = K' \Leftrightarrow \frac{1}{\tau} K' = \frac{q_0}{2\tau} \Leftrightarrow K' = q_p(t) = \frac{q_0}{2}$

D'où $q_1(t) = A e^{-t/\tau} + \frac{q_0}{2}$.

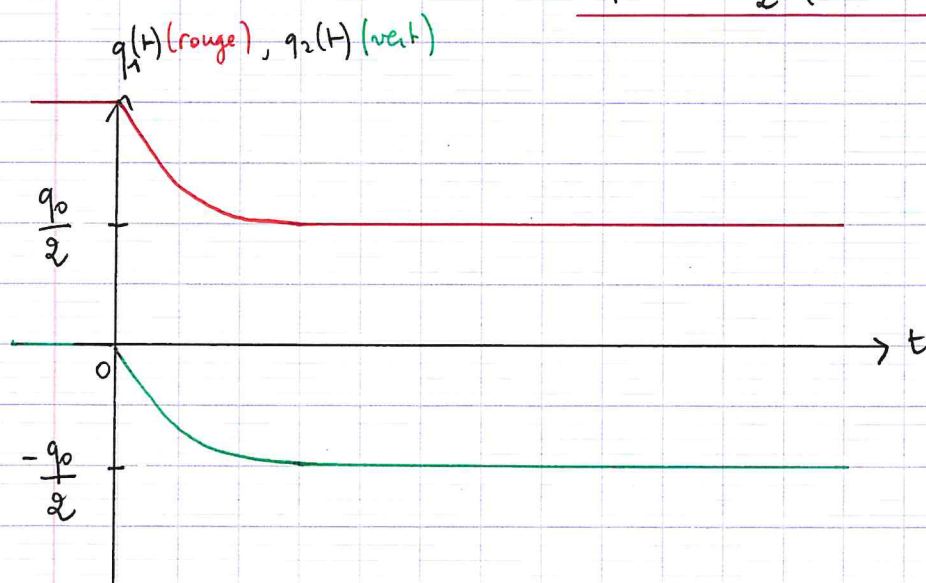
À $t=0$, $q_1(0) = q_0 = A + \frac{q_0}{2} \Leftrightarrow A = \frac{q_0}{2}$.

D'où $q_1(t) = \frac{q_0}{2} e^{-t/\tau} + \frac{q_0}{2} \Leftrightarrow q_1(t) = \frac{q_0}{2} (1 + e^{-t/\tau})$

Enfin, $q_2(t) = q_1(t) - q_0 \Leftrightarrow q_2(t) = \frac{q_0}{2} e^{-t/\tau} - \frac{q_0}{2}$

$\Leftrightarrow q_1(t) = -\frac{q_0}{2} (1 - e^{-t/\tau})$

$\Leftrightarrow q_2(t) = \frac{q_0}{2} (-1 + e^{-t/\tau})$



Q3) $\mathcal{E}_J = \int_0^{+\infty} R i^2 dt$ avec $i(t) = \frac{dq_1}{dt}(t) = -\frac{q_0}{2\tau} e^{-t/\tau}$.

$$\text{D'où } \mathcal{E}_J = \int_0^{+\infty} \frac{Rq_0^2}{4\tau^2} e^{-2t/\tau} dt = \frac{Rq_0^2}{4\tau^2} \int_0^{+\infty} e^{-2t/\tau} dt$$

$= \frac{\tau}{2}$ (voir cours pour $\oplus$ de détail)

$$\text{D'où } \mathcal{E}_J = \frac{Rq_0^2}{8\tau} \quad \text{or } \tau = \frac{RC}{2}$$

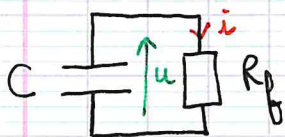
$$\text{donc } \mathcal{E}_J = \frac{q_0^2}{4C}$$

EX5 - Résistance de fuite du condensateur

Q1) Le condensateur s'est déchargé : il possède une résistance interne R_f .

Q2) Si la résistance était en série, le circuit demeurerait ouvert. D'où la résistance doit nécessairement être en //.

Q3)



$$\frac{du}{dt} + \frac{1}{\tau} u = 0 \quad \text{avec } \tau = R_f C. \quad (\text{décharge})$$

$$\text{Après résolution : } u(t) = E e^{-t/\tau}.$$

$$u(t=0) = E$$

$$u(t=\Delta t) = \frac{E}{10}, \quad \Delta t = 2 \text{ min.}$$

$$\frac{u(t=0)}{u(t=\Delta t)} = \frac{E}{E/10} = \frac{e^{-0/\tau}}{e^{-\Delta t/\tau}} \quad \Rightarrow \quad e^{\Delta t/\tau} = \left(\frac{1}{10}\right)^{-1}$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta t}{\tau} = \ln\left(\frac{1}{10}\right)$$

$$\Leftrightarrow \Delta t = \tau \ln(10)$$

$$\Rightarrow R_f = \frac{\Delta t}{\ln(10) C}$$

$$\underline{AN} : R_f = \frac{120}{100 \times 10^{-12} \times 2,3} \Omega \Leftrightarrow R_f = \frac{1,2}{2,3} \times 10^{12} \Omega$$

$$\Leftrightarrow \underline{R_f = 0,5 \times 10^{12} \Omega}$$

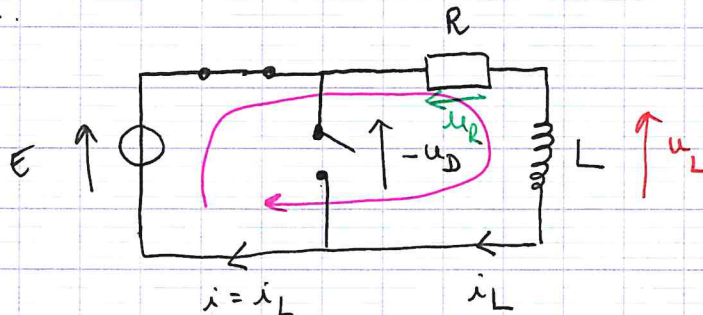
EX6 - l'circuit avec diode non idéale

Q1) La diode n'est pas un dipôle électrique linéaire car sa caractéristique n'est pas une droite qui passe par l'origine.

Q2) * Lorsque $u_D < U_S$, alors $i_D = 0$: interrupteur ouvert
 * Lorsque $u_D = U_S$, alors $i_D \neq 0$: générateur idéal de tension.

Q3) Si $u_D > U_S$, alors rien ne se passe : pas de courant associé sur la caractéristique. On ne peut donc pas imposer de tension $u_D > U_S$.

Q4) En fermant K, on a $u_D + E = 0 \Leftrightarrow u_D = -E < U_S$: la diode se bloque : elle est donc assimilable à un interrupteur ouvert.



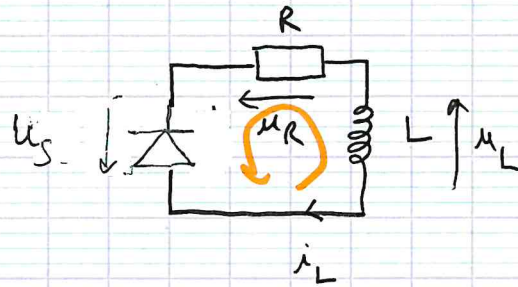
$$\underline{LDM} : E - u_R - u_L = 0$$

$$\Leftrightarrow R i_L + L \frac{di_L}{dt} = E$$

$$\Leftrightarrow \frac{di_L}{dt} + \frac{1}{\tau} i_L = \frac{E}{L} \quad \text{avec } \tau = \frac{L}{R}$$

Q5)

K est maintenant ouvert: en RP, $i_L(\infty) = \frac{E}{R}$. Le courant est contraint de passer ds la diode.
Ainsi la diode devient passante et $u_D = U_S$ nécessairement.



La diode étant par convention un dipôle récepteur, on oriente U_S opposé à i_L ...

Même si elle fonctionne en générateur... On énoncé l'aurait précisé

La diode reste passante jusqu'à ce que $i_L = 0$.
Il faut rétablir une nouvelle ED.

$$u_L + u_R + U_S = 0$$

$$\Leftrightarrow L \frac{di_L}{dt} + Ri_L = -U_S$$

$$\Leftrightarrow \frac{di_L}{dt} + \frac{1}{\tau} i_L = -\frac{U_S}{L}$$

$$\text{D'où } i_L(t) = A e^{-t/\tau} + \tau \cdot \left(-\frac{U_S}{L} \right) = A e^{-t/\tau} - \frac{U_S}{R}$$

$$\text{À } t=0, i_L(0) = \frac{E}{R} = A - \frac{U_S}{R} \quad (\Rightarrow) \quad A = \frac{E+U_S}{R}$$

$$\text{Donc } i_L(t) = \frac{E+U_S}{R} e^{-t/\tau} - \frac{U_S}{R}$$

La diode se bloque au temps t_b tq $i_L(t_b) = 0$.

$$\text{Donc } \frac{E+U_S}{R} e^{-t_b/\tau} - \frac{U_S}{R} = 0$$

$$\Leftrightarrow (E+U_S) e^{-t_b/\tau} = U_S$$

$$\Leftrightarrow e^{-t_b/\tau} = \frac{U_S}{E+U_S}$$

$$\Leftrightarrow \frac{t_b}{\tau} = -\ln\left(\frac{U_S}{E+U_S}\right)^{-1}$$

$$\Leftrightarrow t_b = \frac{L}{R} \ln\left(1 + \frac{E}{U_S}\right)$$

$$\text{AN: } t_b = \frac{50 \times 10^{-3}}{100} \ln\left(1 + \frac{1}{9}\right)$$

$$\Leftrightarrow t_b = 4,5 \times 10^{-3} \text{ s}$$

$$\Leftrightarrow t_b = 1,5 \text{ ms}$$