# TP4 - ETUDE DES CIRCUITS RC ET RL EN REGIME TRANSITOIRE

*(Salles C 105, C 106, C 108, C 110)*

Considérons des éléments comme une résistance, une bobine et un condensateur disposés dans des circuits alimentés par des générateurs dont la f.é.m. peut-être variable. La réponse des circuits (courant) à l'excitation (f.é.m.) est très caractéristique et dépend de la forme du signal et des éléments du circuit.

*1°) But :* Le but de ce TP est de découvrir et analyser la réponse des circuits *RC* série (résistance et condensateur) et *RL* série (résistance et bobine) soumis à un échelon de tension (figure 1). Le générateur délivrant une telle tension est équivalent au schéma de la figure 2. IL permettra de bien mettre en évidence le régime transitoire qui existe lors de l'établissement du courant.

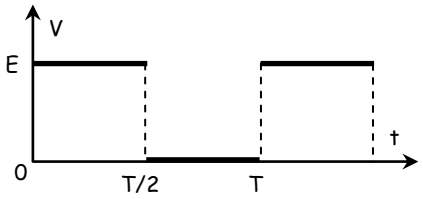


figure :1

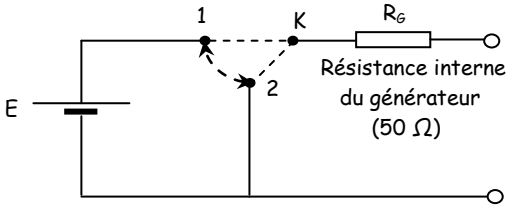


figure :2

Entre $t = 0\ s$ et $t_1 = T/2$, le générateur est équivalent à une pile de f.e.m. $E$ (interrupteur sur la position *1*).
Entre $t_1 = T/2$ et $t_2 = T$, le générateur est équivalent à un court-circuit (interrupteur sur la position *2*).

*2°) Aperçu théorique :*

*2.1 - Le circuit RC :*

Une résistance $R$ et un condensateur $C$ sont montés en série et alimentés par un échelon de tension.

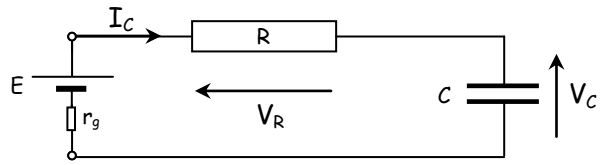


figure : 3
première demi-période :
charge du condensateur

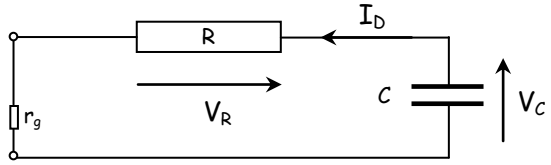


figure : 4
deuxième demi-période :
décharge du condensateur

*Première demi-période (régime transitoire - figure 3)* :

L'équation différentielle qui régit la variation en fonction du temps de la charge *q* du condensateur est :

$$R_T \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = E$$

où $R_T$ est la résistance totale dans le circuit $(R + r_g)$

La solution de cette équation, en sachant qu'à l'instant initial $t = 0\ s$ le condensateur n'est pas chargé est:

$$q(t) = C\ E\ (1 - e^{-\frac{t}{R_T C}})$$

La tension aux bornes du condensateur est :

$$V_c(t) = E\ (1 - e^{-\frac{t}{R_T C}})$$

Le courant de charge s'écrit :

$$I_c(t) = \frac{dq(t)}{dt} = \frac{E}{R_T}(e^{-\frac{t}{R_T C}})$$

Le terme $(R_T C)$ que l'on désigne généralement par $\tau$ est la constante de temps du circuit. Elle caractérise la plus ou moins grande facilité avec laquelle le circuit répond à l'excitation.

*Valeurs particulières :*

$$V_C(\tau) = 0{,}63\ E \text{ et } I_C(\tau) = 0{,}37\ I_{max}$$

$$V_C(5\tau) = 0{,}993\ E \cong E \text{ et } I_C(5\tau) = 0{,}007\ I_{max} \cong 0$$

A $t = 5\ \tau$, $V_C$ et $I_C$ ont atteint leur valeur finale à quelques millièmes près. On considère que le régime permanent est atteint si la tension du générateur reste constante.

*Seconde demi-période (régime transitoire - figure 4) :*

L'équation différentielle qui régit la variation en fonction du temps de la charge q du condensateur est :

$$R_T \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0$$

qui a pour solution, en sachant qu'à $t = 0\ s$ *(début de la décharge)*, la charge du condensateur est $Q = C\ E$ :

$$q(t) = C\ E\ (e^{-\frac{t}{R_T C}})$$

La tension aux bornes du condensateur est :

$$V_c(t) = E\ (e^{-\frac{t}{R_T C}})$$

Le courant de décharge s'écrit :

$$I_D(t) = \frac{dq(t)}{dt} = -\frac{E}{R_T}(e^{-\frac{t}{R_T C}})$$

*Valeurs particulières :*

$$V_C(\tau) = 0{,}37\,E \;et\; I_D(\tau) = -0{,}37\,I_{max}$$

$$V_C(5\tau) = 0{,}007\,E \cong 0 \;et\; I_D(5\tau) = 0{,}007\,I_o \cong 0$$

A $t = 5\,\tau$, $V_C$ et $I_C$ ont atteint leur valeur finale à quelques millièmes près.

Les figures *5 et 6* montrent les signaux typiques aux bornes du condensateur et de la résistance *R*.

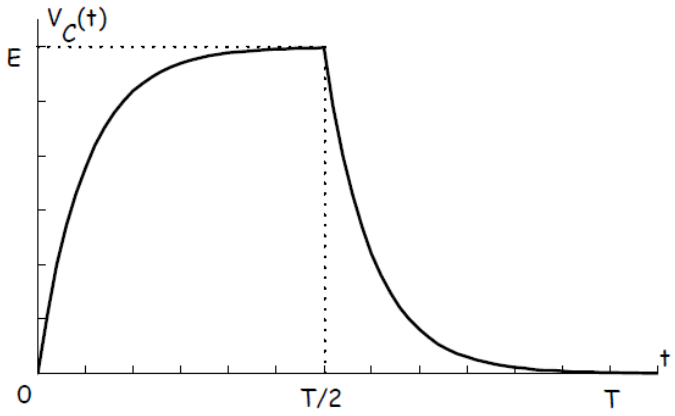


figure 5 : Tension aux bornes du condensateur
charge et décharge

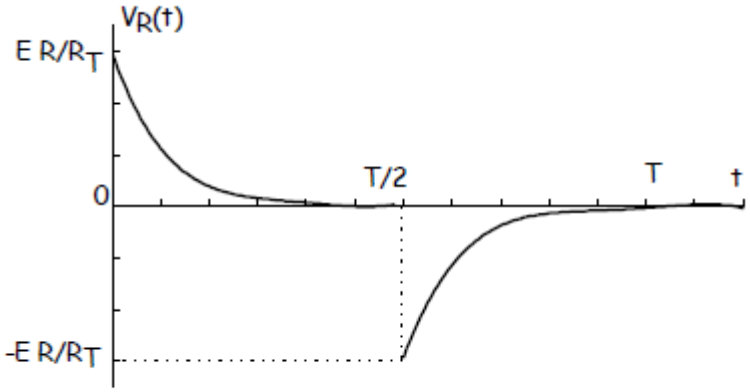


figure 6 : Evolution du courant dans le circuit

*2.2 - Le circuit RL :*

Une résistance *R* et une bobine *L* sont associées en série et alimentées par un échelon de tension.

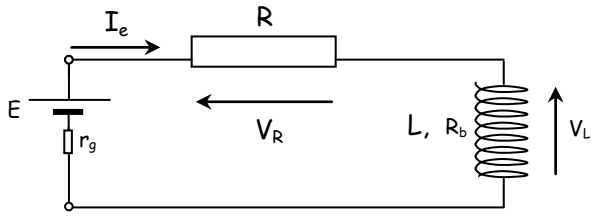


figure : 7
première demi-période :
établissement du courant

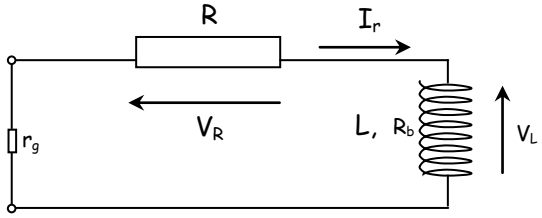


figure : 8
deuxième demi-période :
rupture du courant

*Première demi-période (régime transitoire - figure 7) :*

L'équation différentielle qui régit la variation du courant $I_e$ est :

$$L\frac{dI_e}{dt} + R_T\, I_e = E$$

où $R_T$ est la résistance totale dans le circuit $(R + r_g + R_b)$

La solution de cette équation, en sachant qu'à l'instant initial $t = 0\ s$ le courant est nul :

$$I_e(t) = \frac{E}{R_T}(1 - e^{-t\frac{R_T}{L}})$$

La tension aux bornes de la résistance est :

$$V_R(t) = E\frac{R}{R_T}(1 - e^{-t\frac{R_T}{L}})$$

Le terme $(L/R_T)$ est la constante de temps du circuit désignée par $\tau$. Elle caractérise la plus ou moins grande rapidité avec laquelle le courant s'établit dans le circuit.

*Valeurs particulières :*

$$V_R(\tau) = 0{,}63\, V_{Rmax}$$

$$V_R(5\tau) = 0{,}993\, V_{Rmax}$$

A $t = 5\ \tau$, $V_R$ a atteint sa valeur maximale à quelques millièmes près.

*Seconde demi-période (régime transitoire - figure 8)* :

L'équation différentielle qui régit la variation en fonction du temps du courant $I_r$ est :

$$L\frac{dI_r}{dt} + R_T\, I_r = 0$$

qui a pour solution, en sachant qu'à $t = 0\ s$ le courant est établi et est égal à $E/R_T$:

$$I_r(t) = \frac{E}{R_T}(e^{-t\frac{R_T}{L}})$$

La tension aux bornes de la résistance est :

$$V_R(t) = E\frac{R}{R_T}(e^{-t\frac{R_T}{L}})$$

Valeurs particulières :

$$V_R(\tau) = 0{,}37\, V_{Rmax}$$

$$V_R(5\tau) = 0{,}007\, V_{Rmax} \cong 0$$

Le signal donnant l'évolution de $I_e(t)$ et $I_r(t)$ (que l'on observe sur l'oscilloscope) a une forme similaire à celle de $V_C(t)$ *(dans le circuit RC)* et celui donnant l'évolution de $V_L(t)$ est semblable à $V_R(t)$ *(dans le circuit RC).*

*3°) Principe de mesure de la constante de temps d'un circuit :*

Considérons un circuit constitué d'une résistance de $50\ \Omega$ associée en série à un condensateur de capacité $0{,}5\ \mu F$. Ce qui correspond, en tenant compte de la résistance interne du générateur $(50\ \Omega)$, à une constante de temps $\tau = R_T\ C = 50\ \mu s$.

Pour effectuer une bonne mesure de $\tau$ il faut procéder aux réglages suivants :
Agir sur les valeurs de la résistance variable, de la fréquence du signal, de la vitesse de balayage, du gain de l'amplificateur vertical et du niveau de sortie du générateur afin d'observer d'une part, un signal de charge complet *(on doit voir sur l'écran le début de la décharge)* et d'autre part, le signal doit avoir une amplitude de *6 ou 8* carreaux.

*Méthode des 4 carreaux :*

- Régler l'amplitude maximale du signal à *6 carreaux (figure 9)*.

En prenant *4 carreaux* pour $V_c(\tau)$, on trouve $\frac{V_c(\tau)}{E} = \frac{4}{6} \cong 0{,}67$, qui est proche de la valeur $0{,}63$ vue dans l'aperçu théorique. Cette approximation mène à une valeur de $\tau$ voisine de la valeur réelle $(1{,}1 \times 50\ \mu s = 55\ \mu s)$.

*Méthode des 5 carreaux :*

- Si on opte pour un signal avec une amplitude maximale de *8 carreaux (figure 10)*, et en prenant *5 carreaux* pour $V_c(\tau)$, on a $\frac{V_c(\tau)}{E} = \frac{5}{8} = 0{,}625$ pratiquement égale à $0{,}63$. Cette méthode mène à une valeur de $\tau$ beaucoup plus précise.

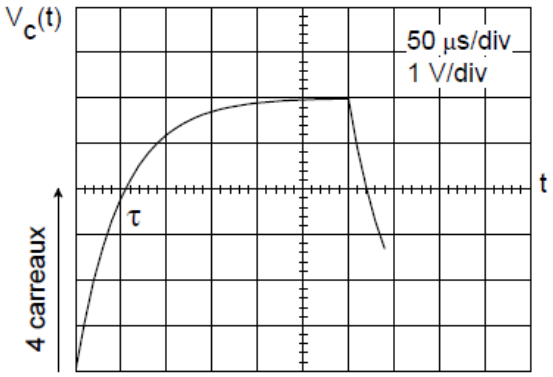


figure : 9

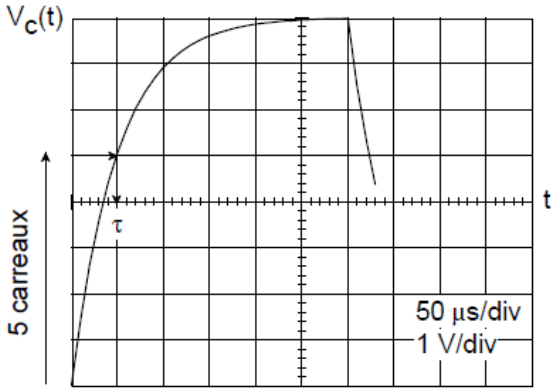


figure : 10

Il faut évidemment éviter que la charge ne soit trop rapide *(figure 11)* ou incomplète *(figure 12)*. Dans le premier cas la mesure de $\tau$ est imprécise et dans le second elle est incorrecte.

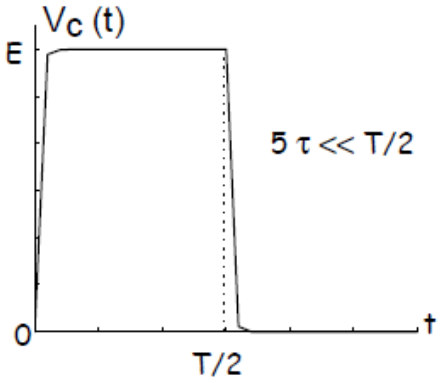


figure : 11

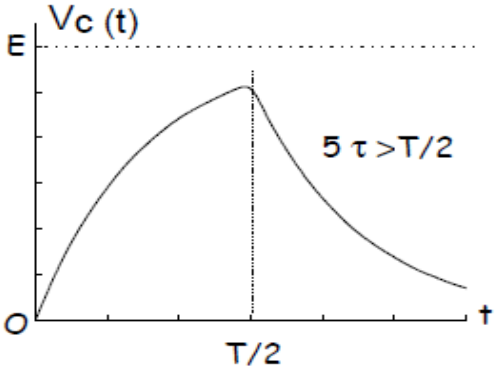


figure : 12

*4°) Manipulation :*

*4.1) Circuit avec une résistance connue et un condensateur de capacité connue :*

- Monter en série les boites de résistances à décade et le boîtier de condensateurs, et les relier au générateur.
- Brancher l'oscilloscope de manière à observer un signal proportionnel à la charge du condensateur (amplitude sur 6 ou 8 carreaux).
- Représenter sur une feuille de papier millimétré le signal observé.
- Déduire par la méthode des 4 carreaux ou 5 carreaux la constante de temps $\tau$ du circuit et comparer cette valeur à $R_T C$.

*4.2) Circuit avec une résistance inconnue et un condensateur de capacité connue :*

- Reprendre la même manipulation en prenant le boitier de condensateurs et une résistance inconnue.
- Déterminer la constante de temps du circuit et en déduire la valeur de $R_x$.

*4.3) Circuit avec une résistance connue et un condensateur de capacité inconnue :*

- Reprendre la même manipulation en prenant les boites de résistances à décade et un condensateur de capacité inconnue $C_x$.
- Déterminer la constante de temps du circuit et déduire la valeur de $C_x$.

*4.4) Circuit avec une résistance connue et une bobine de self-inductance inconnue :*

- Monter en série les boites à décade et la bobine, et les relier au générateur.
- Brancher l'oscilloscope de manière à observer un signal proportionnel au courant.
- Comme pour le circuit *RC*, procéder aux réglages nécessaires pour une bonne mesure de la constante de temps.
- Représenter le signal observé.
- Déterminer la constante de temps $\tau$ du circuit.
- En déduire la valeur de l'inductance $L_x$ de la bobine.