Chapitre I

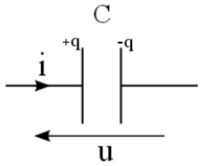
I.A Rappel : Charge et décharge d'un condensateur et Transistor en commutation

Introduction

Tout dipôle pour lequel u et i sont reliés par une équation différentielle linéaire à coefficients constants est un dipôle linéaire. Le cas le plus simple correspond au conducteur ohmique où u=Ri. Nous allons voir ici le cas du condensateur qui est donc aussi un dipôle linéaire comme la bobine ou la self.

Le condensateur

Un condensateur est constitué de deux armatures conductrices séparées par un isolant appelé diélectrique. Ils peuvent être plans, cylindriques voir sphériques. Les condensateurs sont caractérisés par leur capacité C qui s'exprime en Farad. C'est la capacité qu'ils ont à accumuler des charges lorsqu'ils sont soumis à une certaine différence de potentiel.
L'armature qui reçoit le courant porte la charge +q, l'autre porte la charge -q. On symbolisera ainsi le condensateur de la manière suivante :



1) Relation tension-intensité :

On connaît la relation entre la charge portée par l'armature positive et la tension appliquée aux bornes du condensateur :

$$q(t) = C.u(t)$$

On connaît la relation entre l'intensité du courant arrivant sur le condensateur et la variation de charge de l'armature positive :

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$

D'où :

$$i(t) = C\frac{du(t)}{dt}$$

2.1 Comportement du conden*sateur sous différents régimes*:

Le condensateur n'est "intéressant" qu'en régime variable, c'est à dire lorsque u varie. En effet, en régime permanent, la tension étant constante, on a :

$$i(t) = C\frac{du(t)}{dt} = 0$$

Le condensateur se comporte donc en régime continu comme un interrupteur ouvert.

2.2) Énergie emmagasinée par le condensateur

L'énergie emmagasinée par le condensateur entre le temps t = 0 où u = 0 et le temps t où u est donnée par :

$$E_C = \frac{1}{2}Cu^2(t)$$

Attention, la puissance reçue par un condensateur peut changer de signe au cours du temps :

• Si son énergie E_C augmente, la puissance reçue (**P = u(t)* i(t)**) est positive est le condensateur se comporte comme un **récepteur**.

• Si son énergie E_C diminue, la puissance reçue est négative est le condensateur se comporte comme un **générateur.**

I- Réponse d'un circuit RC à échelon de tension

On cherche l'équation différentielle régissant la charge d'un condensateur à travers un conducteur ohmique puis on la résout. On trace alors l'allure de la solution, et on détermine la constante de temps τ.

I.1 Équation différentielle

On étudie le circuit RC soumis à une tension E = C^{ste}, on s'intéresse à l'allure de la tension aux bornes du condensateur et à l'intensité parcourant le circuit. Initialement, le condensateur est déchargé. On applique la loi des mailles

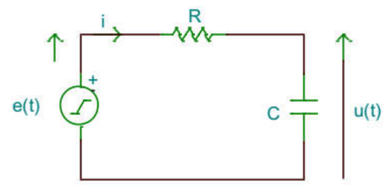


Figure1- Dipôle RC soumis à un échelon de tension

$$\mathbf{e(t) = Ri(t) + u(t)}$$

or :

$$\mathbf{i(t) = C\frac{du(t)}{dt}\ d'ou\ E = RC\frac{du(t)}{dt} + u(t)}$$

On peut écrire alors :

$$\mathbf{On\ peut\ écrire\ alors : E = \tau\frac{du(t)}{dt} + u(t)\ avec\ \tau = RC}$$

Cette équation différentielle est du premier ordre, le circuit RC est appelé circuit du premier ordre.

I.2 Cas de notre étude

La solution de cette équation différentielle sera différente selon le cas étudié. Pour obtenir la solution la plus générale, on additionne:

- Une solution de l'équation homogène associée (sans second membre) qui correspond à la réponse du circuit RC sans excitation : c'est ce que l'on appelle le régime libre ;
- Une solution particulière qui correspond au régime permanent.

$$y(t) = yh(t) + yp(t)$$

On s'intéressera ici au circuit soumis à un échelon de tension : le générateur délivre E pour la charge du condensateur.

I.3 Charge du condensateur

On doit trouver une solution à l'équation : $E = \tau\frac{du(t)}{dt} + u(t)$

C'est une équation différentielle du premier ordre. Avec solution de l'équation homogène :

$$\tau\frac{du(t)}{dt} + u(t) = 0 \Rightarrow \frac{du(t)}{dt} = -\frac{u(t)}{\tau}$$

$$\frac{du(t)}{u(t)} = -\frac{dt}{\tau}$$

$$\int\frac{du(t)}{u(t)} = -\int\frac{dt}{\tau} + A$$

$$\ln u(t) = -\frac{t}{\tau} + A$$

$$u(t) = e^{\frac{-t}{\tau}+A} = Be^{\frac{-t}{\tau}}$$

Solution particulière :

On cherche une solution particulière u constante.

$$\frac{du(t)}{dt} = 0$$

On a donc ***u(t) = E***

La solution globale :

$$u(t) = Be^{\frac{-t}{\tau}} + E$$

Condition initiale :

L'équation différentielle est du premier ordre, une seule condition initiale suffit à trouver la seule constante à déterminer : A t = 0, u(t) = 0

Donc A+E = 0 et A= -E.

La tension de charge aux bornes du condensateur s'écrit :

$$\boldsymbol{u(t) = E(1 - e^{\frac{-t}{\tau}})}$$

Et son allure est représentée ci-dessous. On peut vérifier que la fonction u(t) est bien continue.

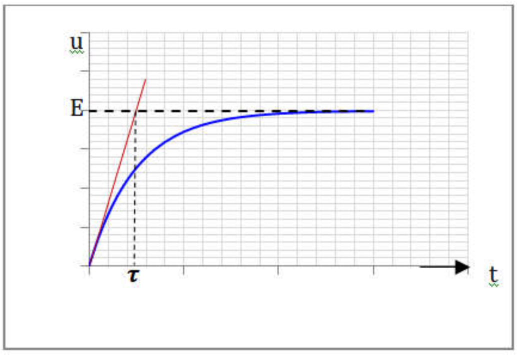


Figure2- Tension aux bornes du condensateur

Comme le montre la figure 2, la constante de temps $\boldsymbol{\tau} = RC$ peut être facilement obtenue graphiquement. Ce temps $\boldsymbol{\tau}$ permet de caractériser la vitesse de charge du condensateur, plus il est faible plus le condensateur se charge vite.

On dit aussi souvent qu'au bout d'un temps t égal à $\boldsymbol{5\tau}$, le condensateur est totalement chargé. C'est le passage du régime transitoire au régime permanent.

I.4 Intensité dans le circuit

L'équation de l'intensité du courant qui s'oppose aux variations de la tension et son allure : (figure3)

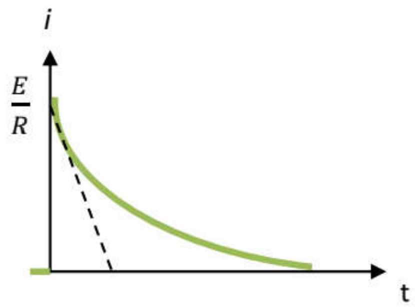


Figure3- *Intensité aux bornes du condensateur*

$$\boldsymbol{i(t) = C\frac{du(t)}{dt} \; d'ou \; i(t) = \frac{E}{R}e^{\frac{-t}{\tau}}}$$

En effet,

La fonction i(t) est discontinue.

I.5 Décharge du condensateur

On doit trouver une solution à l'équation :

$$\boldsymbol{\tau\frac{du(t)}{dt} + u(t) = 0}$$

Avec : $\boldsymbol{i(t) = C\frac{du(t)}{dt}}$

La solution s'écrit donc : $\boldsymbol{u(t) = Ae^{\frac{-t}{\tau}}}$

Condition initiale : à t=0 ; u(t) =E donc A=E

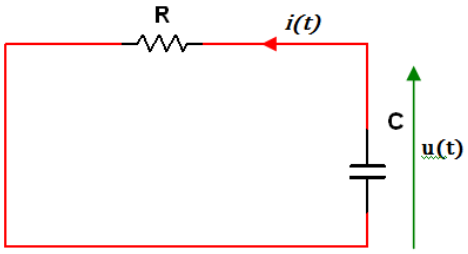


Figure 4: Décharge d'un condensateur

Condition initiale :

A t = 0, u(t) = E donc A = E

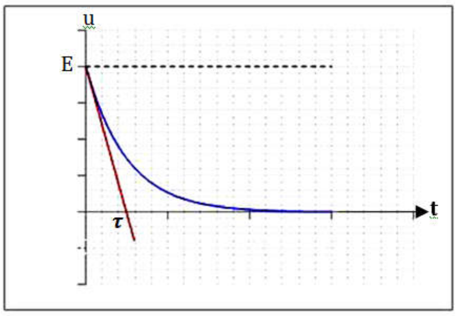


Figure. 5 : Tension aux bornes du condensateur

Finalement, la tension aux bornes du condensateur qui se décharge s'écrit :

$$u(t) = Ee^{\frac{-t}{\tau}}$$

Et son allure est représentée ci-contre. On peut vérifier que la fonction u(t) est bien continue.

I.6 Intensité dans le circuit

On peut facilement obtenir l'équation de l'intensité du courant et son allure.

En effet,

$$i(t) = C\frac{du(t)}{dt} = -\frac{E}{R}e^{\frac{-t}{\tau}}$$

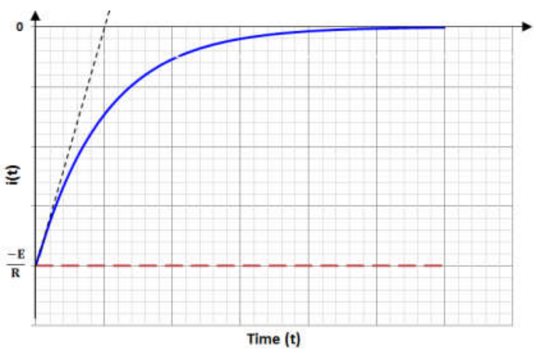
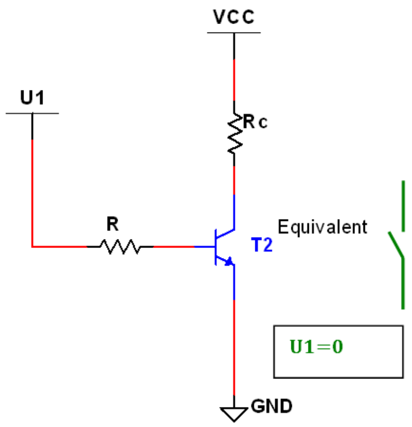


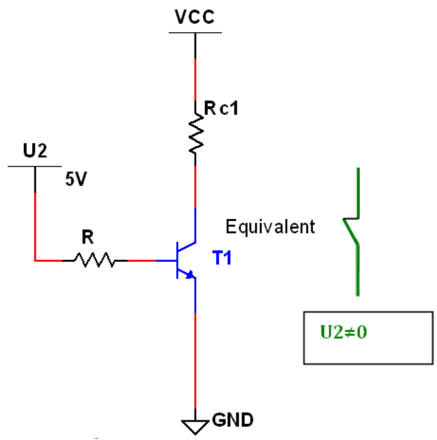
Figure 6 : Intensité aux bornes du Condensateur

I.B Transistors bipolaires en commutation

Le transistor en commutation nous ramène à l'étude statique du transistor. Les deux sections essentielles dans un transistor en commutation sont la jonction Base-Emetteur qui représente la partie Commande et la jonction Collecteur-Emetteur qui représente la partie contact.

Au point de saturation, le transistor idéal est équivalent à un interrupteur fermé Au point de blocage, le transistor idéal est équivalent à un interrupteur ouvert





Dans un transistor utilisé comme commutateur (figure7), la section émetteur collecteur est utilisée comme contact et la section base émetteur représente la partie de commande. Le circuit de commutation et le circuit de commande ne sont pas galvaniquement séparés. Le transistor en conduction correspond à l'interrupteur fermé, le transistor bloqué à l'interrupteur ouvert.

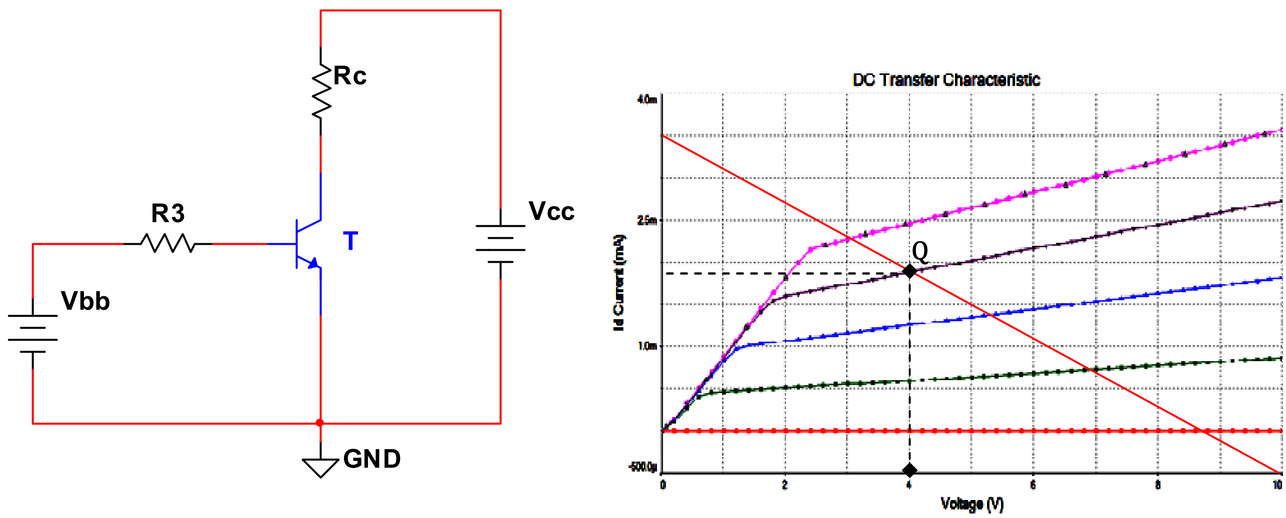


Figure 7 : Transistor bipolaire en commutation

<u>*1) Fonctionnement en mode linéaire*</u>

Le point de fonctionnement Q se trouve entre le point B et le point S, il évolue selon les équations suivantes :

(1) $\boldsymbol{I_c = \beta I_b}$, loi qui caractérise le transistor.

(2) $E = R_C I_C + V_{CE}$, Loi d'ohm dans la maille de sortie = droite de charge statique.

Si $I_B \uparrow$, (1) $\Rightarrow I_C \Rightarrow \uparrow V_{CE} \downarrow$

*L*e point de fonctionnement *Q s*e déplace sur la droite c charge de B vers S.

<u>*2 Blocage :*</u>

C'est quant le point de fonctionnement Q se trouve au point B*: I c =0 , Ib = 0 , VCE = VCC*

Pour bloquer le transistor, il faut annuler I_B, ce qui revient à bloquer la jonction base émetteur, pour ce, il

suffit d'annuler la tension V_{BE} ou la rendre négative pour renforcer

Au blocage presque toute la tension V_{CC} se retrouve aux bornes du transistor, une très faible chute de tension se produit dans R_C à cause du courant résiduel du collecteur I_{CER} qui dépend du transistor utilisé et des tensions V_{BE} *et* V_{CE}

. On ne fait pas une grande erreur en supposant qu'il est de l'ordre du μA

Pour le 2N2222 : I_{CERmax}= 10 nA avec V_{BE}= -3V et V_{CE}= 60V.

3. Saturation

Le point de fonctionnement Q est au point S.

$$Ib = Ibsat$$

$$Ic = IcMAX = \beta\ Ibsat$$

$$Vbe = Vbesat = 0{,}7V$$

$$Vce = Vcesat = 0{,}3V$$

$$Icmax = \frac{VCC - Vcesat}{Rc}$$

Même si I_B augmente au delà de I_{bsat}, I_C reste égal à I_{cmax}, V_{be} reste sensiblement égale à V_{besat} et V_{CE} sensiblement égale à V_{cesat}..

Pour saturer un transistor il faut lui appliquer un courant I_b tel que :

$$I_b > I_{bsat} = \frac{I_{cmax}}{\beta}$$

Pour le *2N2222* V_{CEsat}*= 0.3V pour Ic =150mA,* I_b*=15mA = 1V pour Ic =0.5A,* I_b*= 50mA* (pendant *300 µs*)

Le plus souvent on ne dispose pas du β du transistor, on connaît seulement la fourchette[β_{MIN}, β_{MAX}] disponible sur le catalogue du constructeur.