

Cours Terminale - Condensateurs (RC)

1. Présentation des condensateurs

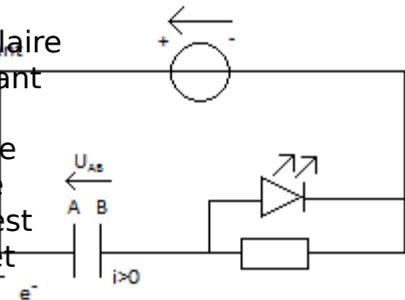
1.1 Description - symbole

Un Condensateur est un composant électrique qui comporte deux armatures conductrices en parallèle, séparées par un isolant (diélectrique). La présence de celui-ci dans un circuit correspond à une ouverture de celle-ci.

Symbole : 

1.2 Comportement dans un circuit

Quand on ferme l'interrupteur en position A, la DEL s'éclaire un bref instant puis s'éteint, ce qui signifie qu'un courant circule dans le sens A pendant un bref instant puis l'intensité du courant devient nulle. On parle de régime transitoire et de régime permanent. Pendant le régime transitoire, l'intensité du courant n'est pas nulle, elle est variable et en régime permanent l'intensité est nulle et constante.



Interprétation

Il existe une tension de 10V aux bornes du générateur (tension = différence de potentiels). Au moment où on ferme l'interrupteur en position 1, les électrons sont présents dans les conducteurs. Les électrons situés sur l'armature A du condensateur se déplacent vers la borne positive du générateur. Un déficit d'électron est créé sur l'armature A qui se charge positivement. Les électrons viennent s'accumuler sur l'armature B qui se charge négativement. Les charges des armatures sont égales en valeurs absolues. Les deux armatures se chargent différemment donc n'ont pas le même potentiel électrique, une tension apparaît entre les deux armatures.

Tant que le mouvement des électrons de l'armature A vers la borne positive se poursuit, un courant d'intensité non nulle circule de la borne positive à l'armature A : l'intensité i est positive. En effet, par définition, l'intensité du courant dans un conducteur i est égale au débit des charges dans ce conducteur :

$$i = \frac{dq}{dt}$$

Tant que le mouvement des électrons se poursuit, la charge de l'armature A augmente, on dit que le condensateur se charge et la tension augmente. Quand $U_C = E = 10V$ le condensateur est chargé, les électrons ne peuvent plus se déplacer, l'intensité du courant est nulle, la tension est constante, le régime permanent est atteint.

1.3 Décharge

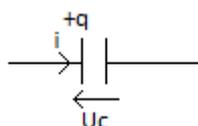
Le condensateur est chargé à l'état initial. La tension à ses bornes est égale à E . On bascule l'interrupteur en position 2.

Observation : la DEL rouge s'éclaire pendant un court instant.

Les électrons accumulés sur l'armature B vont se déplacer jusqu'à l'armature A pour compenser le déficit électronique. Le courant circule de l'armature A vers B à l'extérieur du condensateur en passant par la DEL rouge qui s'éclaire un bref instant. De plus, la charge qui est accumulée aux bornes du condensateur diminue jusqu'à devenir nulle. La différence de potentiel entre les deux armatures diminue et la tension tend vers 0.

1.4 Relation entre charges et tension aux bornes du condensateur

Convention :



La charge accumulée sur l'armature positive du condensateur est proportionnelle à la tension aux bornes.

$$q = C U$$

Q : charge du condensateur (C)

U_c : tension aux bornes du condensateur (V)

C : capacité du condensateur (F)

1.5 Relation tension-intensité aux bornes du condensateur

Pour un condensateur : $i = C \frac{dU_c}{dt}$

2. Energie emmagasinée par le condensateur

Pendant la charge, le condensateur emmagasine de l'énergie qu'il peut restituer dans un circuit en décharge pendant la décharge.

$$E = \frac{1}{2} C U^2$$

E (J), C (F), U (V)

L'énergie se conserve.

Grandeurs continues et discontinues : l'énergie emmagasinée aux bornes du condensateur ne peut pas subir de discontinuité. Elle varie de façon progressive. Par conséquent, la tension U_c aux bornes du condensateur varie également de façon continue. L'intensité du courant peut subir des discontinuités.

3. Etude du dipôle RC

3.1 Etude expérimentale

Influence de la valeur de E

On observe que E influe uniquement sur la valeur finale. La constante de temps τ caractérise la vitesse de charge : abscisse de l'intersection de la tangente à l'origine avec l'asymptote horizontale.

Influence de la valeur de R

La charge est d'autant plus longue que R est grand.

Influence de C

τ augmente lorsque C augmente.

3.2 Etude théorique de la charge d'un condensateur soumis à un échelon de tension

Loi d'additivité des tensions : $U = U_R + U_C$

Loi d'ohm : $U_R = R i$

Définition de $i = \frac{dq}{dt}$

$$U = R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C}$$

$$\text{Ainsi } \frac{dq}{dt} = \frac{U - \frac{q}{C}}{R}$$

L'équation (E) est une équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes du condensateur pendant la charge. On se propose de chercher la solution de (E) sous la forme :

$$q = A e^{-t/\tau} + B$$

$$\frac{dq}{dt} = -\frac{A}{\tau} e^{-t/\tau}$$

$$-\frac{A}{\tau} e^{-t/\tau} = \frac{U - \frac{A e^{-t/\tau} + B}{C}}{R} \quad (E')$$

(E') est une réécriture de (E). L'équation doit être vraie à tout instant. Donc (E') n'est vérifiée que si t=0=+ 1.

$$-0 \Leftrightarrow E=B \quad \text{et} \quad \frac{1}{RC} + 1 = 0 \Leftrightarrow - = - \frac{1}{RC}$$

$$\text{Ainsi } \frac{1}{RC} = - \frac{1}{RC} +$$

Pour déterminer A, on se réfère aux conditions initiales $i(0) = 0$

$$\frac{1}{RC} \cdot 0 = 0 = - \frac{0}{RC} + A \quad \text{soit } A = -$$

$$\text{Donc } i(t) = (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

Remarque :

En régime permanent

En régime permanent est égale à une constante $i_{\text{max}} = \frac{U}{R}$

RC est homogène à un temps, c'est la constante de temps du dipôle RC.

3.3 Etude théorique de la décharge du condensateur

Le condensateur était initialement chargé, on bascule l'interrupteur en position 2.

$$u_C + u_R = 0$$

$$u_C + u_R = 0$$

$$u_C + u_R = 0$$

$$u_C + u_R = 0 \quad (E)$$

On se propose de chercher une solution sous la forme

$$u_C = A e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$u_C + u_R = 0 \Leftrightarrow - = - \frac{1}{RC} (+1)$$

(E) est vérifiée quelque soit t équivalent à $- = - \frac{1}{RC}$ et $- = 0$

$$\frac{1}{RC} = - \frac{1}{RC}$$

Pour déterminer A, on utilise les conditions initiales $u_C(0) = U$

$$\frac{1}{RC} \cdot 0 = 0 = - \frac{0}{RC} = A$$

$$\text{Donc } u_C(t) = U e^{-\frac{t}{RC}}$$

3.4 Constante de temps τ du dipôle RC

La constante de temps τ du dipôle RC est égale au produit RC et caractérise la durée de charge/décharge du condensateur à travers le conducteur ohmique de résistance R.

Détermination graphique :

τ est l'abscisse de l'intersection de la tangente à l'origine avec l'asymptote horizontale.

Détermination au chronomètre :

La constante de temps est la durée après laquelle i a 63% de sa valeur maximale en charge, 37% de sa valeur maximale en décharge.

Analyse dimensionnelle :

$$\tau = \frac{U}{i} \quad \text{comme } \frac{U}{i} \text{ on obtient } \tau = \frac{UR}{U} = R$$

$$\tau = \frac{UR}{U} \quad \text{D'où finalement } \tau = \frac{UR}{U} = R$$