

R 11

Généralités sur les circuits



11.1 Le courant électrique

Dans un conducteur électrique, on peut considérer que la vitesse des porteurs de charge est constante, sous l'action d'une force électromotrice constante, et définie par :

$$\vec{v} = \mu \vec{E}$$

avec :

$$\mu = \frac{q}{\alpha}$$

q est la charge et α est le coefficient de frottement fluide.

Soit \vec{j} le vecteur défini par :

$$\vec{j} = \gamma \vec{E}$$

où γ est la conductivité du conducteur définie par :

$$\gamma = \frac{n q^2}{\alpha}$$

Le sens du courant est celui de \vec{j} , et donc celui du champ électrique \vec{E} . Cependant, à l'échelle macroscopique, nous n'avons pas accès au sens de \vec{j} . Le sens de i , intensité du courant électrique, défini par :

$$i = \iint_S \vec{j} \cdot \vec{d^2 S}$$

est donc défini de façon arbitraire.

11.2 Approximation des régimes quasi-stationnaires



— Approximation des régimes quasi-stationnaires, notée A.R.Q.S. —

Cette approximation consiste à considérer qu'en régime variable, l'intensité du courant électrique $i(t)$ dans un circuit filiforme est le même en tout point du circuit.

Cette approximation est aussi appelée approximation des régimes quasi-permanents, notée A.R.Q.P.. Ceci revient à considérer qu'il n'y pas d'accumulation de charges dans le circuit.

Dans tout ce qui suit, on suppose cette approximation vérifiée.

11.3 Dipôles électriques dans l'A.R.Q.S

11.3.1 Convention d'orientation



— Convention —

L'orientation du courant est définie de manière arbitraire, comme nous n'avons pas accès à \vec{j} . Le courant ainsi défini est algébrique.

Une tension entre deux points A et B , notée u_{AB} est la différence de potentiel électrique entre ces deux points :

$$u_{AB} = V_A - V_B$$

La tension u_{AB} est représentée par une flèche partant de la deuxième lettre (B) et orientée vers la première (A).

Par définition :

$$u_{BA} = -u_{AB}$$

On peut utiliser la convention récepteur :



— Convention —

Convention récepteur : La tension et l'intensité aux bornes d'un dipôle sont opposées.

Ou bien la convention générateur :



— Convention —

Convention générateur : La tension et l'intensité aux bornes d'un dipôle sont dans le même sens.

11.3.2 Loi de Kirchhoff

Les lois de Kirchhoff sont la loi des nœuds et la loi des mailles.

11.3.2.1 Loi des nœuds

Un nœud est un point de connection d'au moins trois fils dans un circuit.



— Loi des noeuds —

Loi des nœuds : La somme des courants entrants est égale à la somme des courants sortants (Ils peuvent être algébriques) :

$$\sum_{entrant} i(t) = \sum_{sortant} i(t)$$

11.3.2.2 Loi des mailles



— Branche —

Dans un circuit, une branche est une portion comprise entre deux nœuds.



— maille —

Toute association de branches constituant un contour fermé est une maille.



— Loi des mailles —

Dans une maille orientée, la somme algébrique des tensions est nulle.

Si, au sein de la maille orientée, les tensions sont dans le sens de la maille, elle sont comptées positivement. Sinon, elle le sont négativement.

11.3.3 Caractéristique d'un dipôle



— Caractéristique d'un dipôle —

On appelle caractéristique d'un dipôle la courbe $u = f(i)$ (ou $i = f(u)$) d'un dipôle.



— Propriété —

Si la caractéristique passe par l'origine O , alors le dipôle est passif. Sinon, il est dit actif.

Exemple de dipôle passif : conducteur ohmique.

Exemple de dipôle actif : générateur.

Pour tracer la caractéristique, on se place en convention récepteur.

11.3.4 Montage en série, Montage en dérivation



— Montage en série —

Une association de dipôles entre deux points A et B sont en série s'il n'y a pas de nœud entre A et B . Dans ce cas, le courant $i(t)$ est identique en tout point et la tension entre ces deux points est la somme des tensions aux bornes des dipôles présents entre ces deux points :

$$U_{AB} = U_1 + U_2 + \dots = \sum_k U_k$$



— Montage en dérivation —

Une portion de circuit située entre A et B est considérée en dérivation si plusieurs branches sont placées entre ces points.

Dans ce cas :

$$u_{AB} = u_1 = u_2 = \dots \text{ et } i_{\text{total}} = i_1 + i_2 + \dots = \sum_k i_k$$

11.4 Présentation des principaux dipôles

11.4.1 Conducteur ohmique

Un conducteur ohmique idéal est caractérisé par sa résistance électrique R .

On a les propriétés suivantes :

- $u_R(t) = R i(t)$
- $G = \frac{1}{R}$: Sa conductance, d'unité le Siemens.
- Dans un montage en série : $R_{\text{eq}} = \sum_{k=1}^n R_k$
- Dans un montage en dérivation : $\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k}$

11.4.2 Condensateur

Un condensateur idéal est caractérisé par sa capacité C .

Les unités :

Cette capacité est exprimée en farads de symbole F , la charge q est exprimée en coulombs de symbole C et la tension u_C en volts de symbole V .

On a les propriétés suivantes :

- $u_C(t) = \frac{q_A}{C} = \frac{q(t)}{C}$
- Les armatures sont en influence totale, ce qui implique : $q_A = -q_B$
- L'énergie emmagasinée par le condensateur est : $W_C(t) = \frac{1}{2} C u_C^2(t)$
- La puissance instantanée est : $\mathcal{P}(t) = \frac{dW_C(t)}{dt}$
- La tension $u_C(t)$ est continue à ses bornes. Ceci est une conséquence de la continuité de l'énergie.

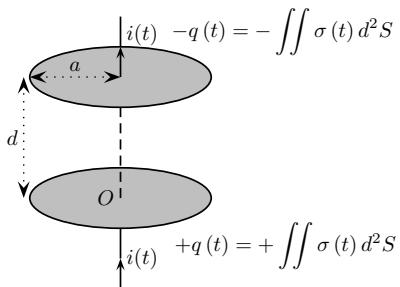


FIGURE 11.1 – Condensateur 1



— Association de condensateurs —

Dans un montage en série : $\frac{1}{C_{\text{eq}}} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{C_k}$

Dans un montage en dérivation : $C_{\text{eq}} = \sum_{k=1}^n C_k$

11.4.3 Solénoïde ou bobine

Un solénoïde idéal est caractérisé par son inductance L .

On a les propriétés suivantes :

- $u_L(t) = L \frac{di(t)}{dt}$
- La puissance instantanée est : $\mathcal{P}(t) = \frac{dW_L(t)}{dt}$
- L'énergie emmagasinée par le solénoïde est : $W_L(t) = \frac{1}{2} L i^2(t)$
- L'intensité $i(t)$ est continue à ses bornes. Ceci est encore une conséquence de la continuité de l'énergie.

Les unités :

L'inductance propre est exprimée en henrys de symbole H .



— Association d'inductances propres —

Dans un montage en série : $L_{\text{eq}} = \sum_{k=1}^n L_k$

Dans un montage en dérivation : $\frac{1}{L_{\text{eq}}} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{L_k}$

11.4.4

Diodes

Une diode réelle est caractérisée par sa tension de seuil U_s et sa tension d'avalanche U_a .



— Cas particulier —

Une diode idéale est équivalente à un interrupteur.

Pour $u(t) > 0$, la diode est passante, équivalente à un interrupteur fermé.

Pour $u(t) < 0$, la diode est non passante, équivalente à un interrupteur ouvert.

11.4.5

Source de tension et de courant

11.4.5.1

Source idéale de tension

Une source idéale de tension impose une force électromotrice constante à ses bornes, quelque soit le courant qui la traverse.

11.4.5.2

Source idéale de courant

Une source idéale de courant impose un courant constant dans sa branche, quelle que soit la différence de potentiel à ses bornes.

11.4.5.3

Source linéaire de tension ou de courant

Une source linéaire de tension est une source dont la caractéristique est linéarisée, et pour laquelle :
 $u(t) = E_0 - r i(t)$

11.4.5.4

Association de sources idéales

En série, pour les sources de tension :

$$e_T = \sum_{k=1}^n \pm(e_k)$$

En dérivation, pour les sources de courant :

$$i_T = \sum_{k=1}^n \pm(i_k)$$