

03. Circuits électriques dans l'ARQS

Grandeurs électriques

- Le courant électrique correspond à un déplacement ordonné de charges électriques. Il se conserve, comme le débit d'eau dans un moulin.
- L'intensité du courant mesure le débit de charges à travers la section d'un conducteur.

$$i(t) = \frac{dq}{dt} \approx \frac{\Delta q}{\Delta t}; \quad I = \frac{\Delta q}{\Delta t}.$$

Par convention, un sens est choisi sur la branche : si le courant circule dans ce sens, $i > 0$, sinon $i < 0$.

Il se mesure avec un ampèremètre, toujours branché en série.

- Le potentiel électrique est une grandeur relative associée à chaque point du circuit, qui mesure sa capacité à attirer les charges négatives. Cette valeur dépend de la référence choisie. Un point du circuit est choisi comme référence de potentiel (0 V), appelé « masse ».
- La tension électrique est une différence de potentiel entre deux points. Elle mesure la tendance des charges positives à se déplacer d'un point vers l'autre.

$$u_{AB}(t) = V_A(t) - V_B(t).$$

Elle se mesure avec un voltmètre, toujours branché en parallèle.

- Conventions d'étude d'un dipôle :
- Récepteur : les flèches représentant la tension et le courant sont de sens opposés.
Générateur : les flèches représentant la tension et le courant sont de même sens.
- La puissance électrique aux bornes d'un dipôle est donnée par :

$$P(t) = u(t) \cdot i(t).$$

Selon la convention, il s'agit d'une puissance reçue ou fournie.

Circuits électriques

- L'approximation des régimes quasi-stationnaires (ARQS) postule que la propagation du signal est instantanée. En régime variable, sa validité requiert que la longueur maximale du circuit ℓ soit très inférieure à la longueur d'onde λ du signal.

$$\ell \ll \lambda.$$

En régime continu, l'approximation est toujours valide.

- Un réseau est constitué de nœuds (connexion d'au moins trois branches), de branches (portion entre deux nœuds) et de mailles (parcours fermé).
- Loi des nœuds (traduit la conservation de la charge) :

$$\sum_k \epsilon_k i_k = 0,$$

avec $\epsilon_k = +1$ si le courant i_k arrive au nœud, et $\epsilon_k = -1$ s'il en repart.

Autrement,

$$\sum i_{\text{entrant}} = \sum i_{\text{sortant}}.$$

- Loi des mailles :

$$\sum_k \epsilon_k u_k = 0.$$

avec $\epsilon_k = +1$ si la flèche de tension u_k est orientée dans le sens de parcours de la maille, et $\epsilon_k = -1$ sinon.

Dipôles linéaires dans l'ARQS

Conducteur ohmique

- Un conducteur ohmique (ou résistor) est caractérisé par sa résistance (en Ω) et satisfait la loi d'Ohm :

$$u(t) = R \cdot i(t).$$

Un fil peut être considéré comme un résistor de résistance nulle, et un interrupteur ouvert comme un résistor de résistance infinie.

- La conductance est l'inverse de la résistance, exprimée en Siemens (S) ou Ω^{-1} .

$$i(t) = G \cdot u(t); \quad G = \frac{1}{R}.$$

- Un résistor dissipe une puissance (thermique) par effet Joule :

$$P_J = R i^2 = \frac{u^2}{R}.$$

- Il est possible de ramener le groupement de plusieurs résistors à un seul résistor équivalent.
Lorsque les résistors sont en série,

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

Lorsque les résistors sont en parallèle,

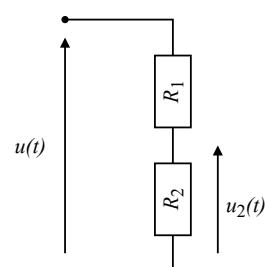
$$G_{eq} = G_1 + G_2 + G_3 + \dots; \quad \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

Le cas particulier de deux résistors en parallèle est très fréquent :

$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{\text{Produit}}{\text{Somme}}.$$

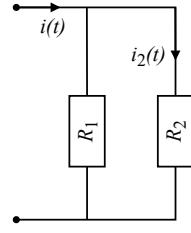
- Pont diviseur de tension :

$$u_2(t) = u(t) \frac{R_2}{R_1 + R_2}.$$



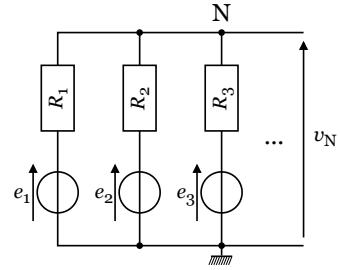
- Pont diviseur de courant :

$$i_2(t) = i(t) \frac{R_1}{R_1 + R_2}.$$



- Loi des nœuds en termes de potentiels (Théorème de Millman) :

$$v_N = \frac{\sum_i \frac{e_i}{R_i}}{\sum_i \frac{1}{R_i}}.$$



Condensateur

- Un condensateur est caractérisé par sa capacité C , en Farads (F). La charge q (en coulombs, C) de l'armature sur laquelle arrive le courant est liée à la tension u à ses bornes.

$$q(t) = Cu(t).$$

- Relation fondamentale :

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

- En régime continu, un condensateur équivaut à un interrupteur ouvert ($i = 0$).
- L'énergie électrostatique stockée par un condensateur vaut :

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

- La tension aux bornes d'un condensateur est continue. ($u(0^-) = u(0^+)$ par ex.)

Bobine

- Une bobine est caractérisée par son inductance L , en Henrys (H).

- Relation fondamentale :

$$u(t) = L \frac{di(t)}{dt}.$$

En régime continu, une bobine idéale équivaut à un fil ($u = 0$).

- L'énergie magnétique stockée par une bobine vaut :

$$E_L = \frac{1}{2} Li^2(t).$$

- L'intensité du courant traversant une bobine est continue.