

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,

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

- 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** (Résistance R en Ω) :
 - Loi d'Ohm (conv. récepteur) : $u(t) = R \cdot i(t)$.
 - Puissance dissipée par effet Joule : $P_J = Ri^2(t)$. Cette puissance est toujours positive.
 - Associations :
 - Série : $R_{eq} = \sum R_k$.
 - Parallèle : $\frac{1}{R_{eq}} = \sum \frac{1}{R_k}$.
 - Pont diviseur de tension (sur R_2 en série avec R_1) :

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

(Schéma du pont diviseur de tension)

- Pont diviseur de courant (dans R_2 en parallèle de R_1) :

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

(Schéma du pont diviseur de courant)

- **Condensateur** (Capacité C en Farads, F) :
 - Relation charge-tension : $q(t) = Cu(t)$.
 - Relation courant-tension (conv. récepteur) : $i(t) = C \frac{du(t)}{dt}$.
 - La tension à ses bornes est une fonction continue.
 - En régime continu ($du/dt = 0$), le condensateur équivaut à un interrupteur ouvert ($i = 0$).
 - Énergie électrostatique stockée : $E_C = \frac{1}{2}Cu^2(t)$.
- **Bobine idéale** (Inductance L en Henrys, H) :
 - Relation tension-courant (conv. récepteur) : $u(t) = L \frac{di(t)}{dt}$.
 - L'intensité du courant la traversant est une fonction continue.
 - En régime continu ($di/dt = 0$), la bobine équivaut à un fil ($u = 0$).
 - Énergie magnétique stockée : $E_L = \frac{1}{2}Li^2(t)$.

Générateurs et théorèmes généraux

- **Modèle de Thévenin** : un générateur de tension réel est modélisé par une source de tension idéale (f.é.m.) E_{Th} en série avec une résistance interne R_{Th} .

$$u = E_{Th} - R_{Th} \cdot i.$$

(Schéma du modèle de Thévenin)

- **Modèle de Norton** : un générateur de courant réel est modélisé par une source de courant idéale I_N en parallèle avec une résistance interne R_N .

$$i = I_N - \frac{u}{R_N}.$$

(Schéma du modèle de Norton)

- **Équivalence Thévenin-Norton** :

$$E_{Th} = R_N \cdot I_N \quad \text{et} \quad R_{Th} = R_N.$$

- **Théorème de Millman** : exprime le potentiel V_N d'un nœud en fonction des potentiels V_k des nœuds voisins.

$$V_N = \frac{\sum_k \frac{V_k}{R_k} + \sum_j I_{j \rightarrow N}}{\sum_k \frac{1}{R_k}}.$$