

LOIS GENERALES DES CIRCUITS ELECTRIQUES EN REGIME CONTINU

Dans ce chapitre seront abordées les notions suivantes :

- Courant, tension, convention d'écriture.
- Générateurs, récepteurs, convention d'orientation.
- Lois de Kirchhoff : loi des nœuds, loi des mailles.
- Principe de superposition.
- Théorème de Millman
- Théorèmes de Thévenin et de Norton.

1- Courant continu

L'intensité I d'un courant continu traversant un conducteur mesure le débit de charges électriques Q traversant ce conducteur pendant un intervalle de temps T .

$$I = \frac{Q}{T}$$

Ampères (A) Coulombs (C) Secondes (s)

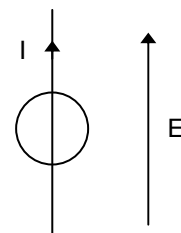
Convention : en régime de courant continu, toutes les grandeurs sont représentées par des lettres majuscules.

2- Générateurs (dipôles actifs), récepteurs

2-1- Générateur de tension parfait

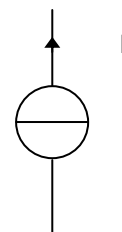
Délivre une tension E (Volts) constante quelle que soit l'intensité du courant qu'il débite.

La caractéristique $U(I)$ d'un générateur parfait de tension est une droite horizontale.

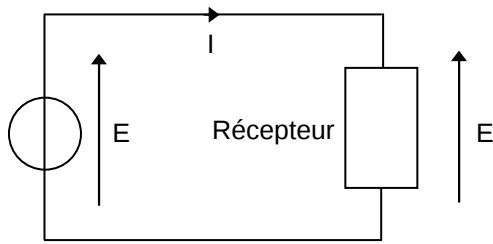


2-2- Générateur de courant parfait

Impose un courant d'intensité I (Ampères) constante au circuit qu'il alimente.



2-3- Conventions



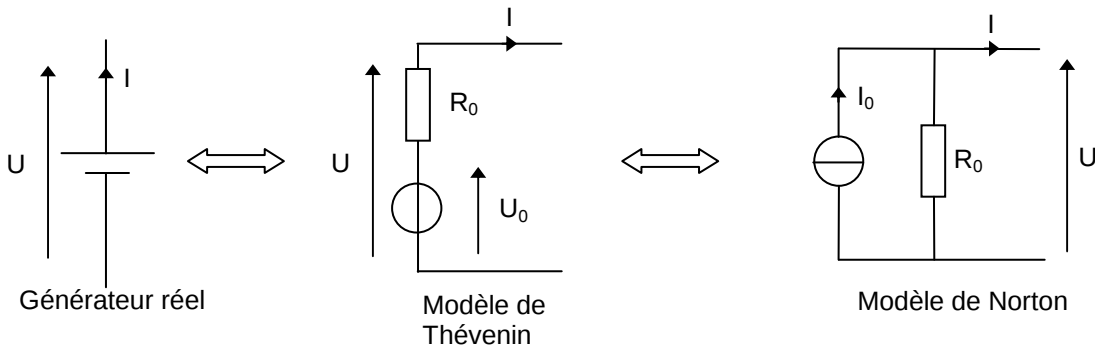
Convention générateur : courant et tension sont représentés par des flèches de même sens.

Convention récepteur : courant et tension sont représentés par des flèches de sens contraire.

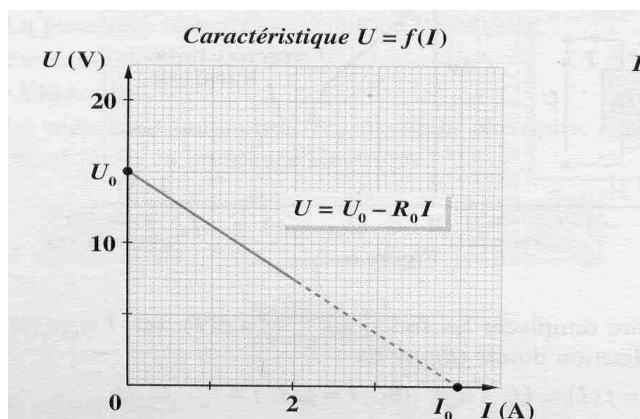
2-4- Générateurs réels linéaires

Dans la réalité, les générateurs ne sont pas parfaits ; un modèle plus proche de la réalité consiste à ajouter une résistance R_0 :

- o En série avec un générateur de tension de tension parfait.
- o En parallèle avec un générateur de courant parfait.



La caractéristique d'un générateur linéaire est une droite non horizontale.



U_0 est la tension à vide aux bornes du dipôle actif.

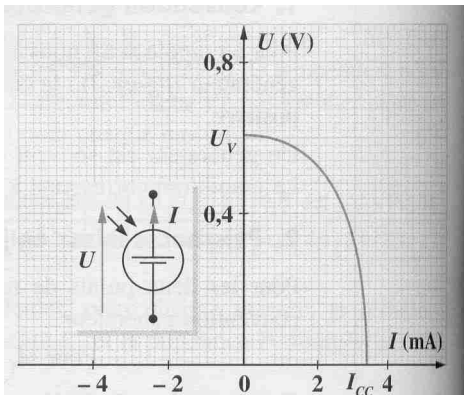
R_0 est appelé résistance interne.

I_0 est l'intensité du courant de court-circuit (souvent fictif), obtenu en prolongeant la caractéristique jusqu'à l'axe des courants.

Application : les deux modèles, de Thévenin et de Norton, d'un générateur réel linéaire, sont équivalents ; trouver la relation entre I_0 , U_0 et R_0 .

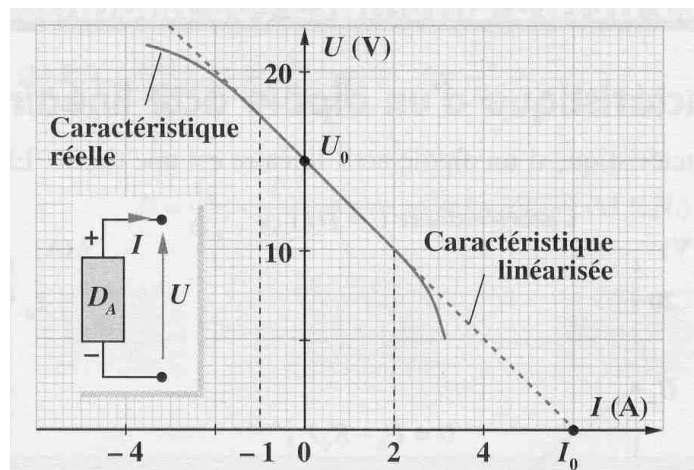
2-5- Générateurs réels non linéaires

De nombreux générateurs réels ne sont pas linéaires.



Exemple : la photopile transforme l'énergie lumineuse en énergie électrique (ce n'est donc pas un générateur autonome). C'est un exemple de générateur non linéaire car sa caractéristique n'est pas une droite :

Cependant, pour un domaine d'utilisation, la caractéristique peut être assimilée à une droite :

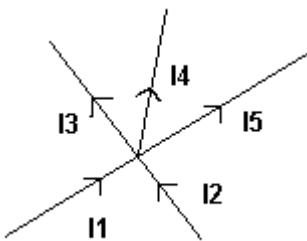


3- Lois de Kirchhoff

3-1- Loi des noeuds

La somme algébrique des intensités en un point est nulle.

Ce qui peut également s'exprimer par : la somme des courants entrants dans un nœud est égale à la somme des courants sortant de ce nœud.



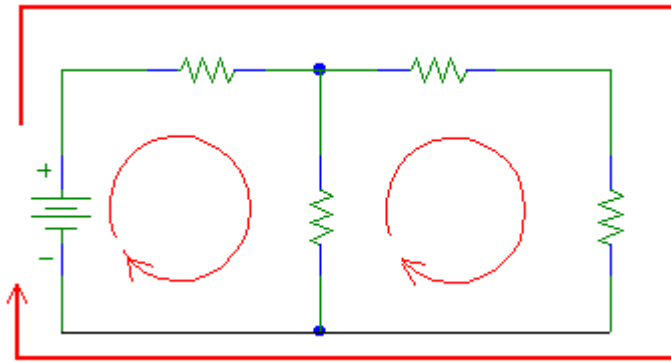
$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 - I_5 = 0$$

Ou bien

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$$

3-1- Loi des mailles

La somme algébrique des tensions dans une maille est nulle.



Les mailles sont représentées en rouge : ce circuit comporte trois mailles.

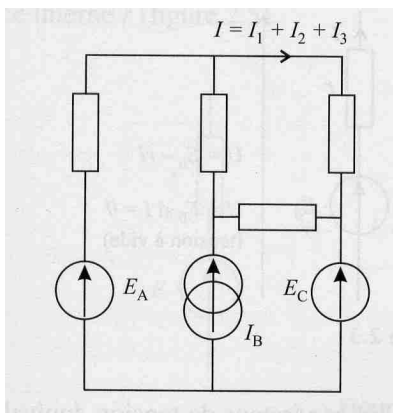
Application : dans le circuit ci-dessus, indiquer le sens du courant dans toutes les branches, placer les flèches tension aux bornes de tous les dipôles et écrire la loi des mailles pour les trois mailles que comporte ce circuit.

4- Principe de superposition

Dans un circuit linéaire possédant plusieurs générateurs :

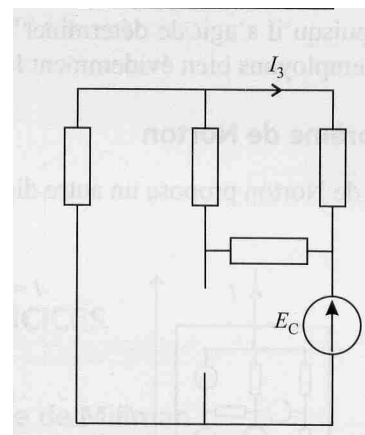
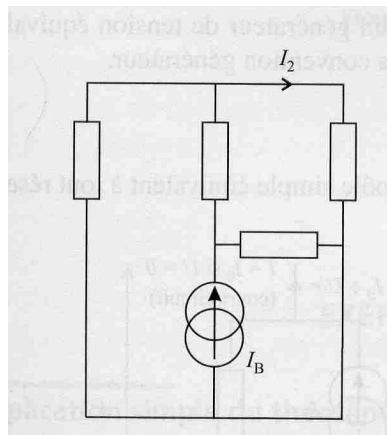
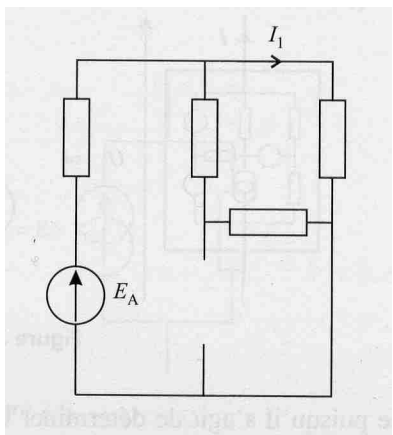
Le potentiel en un point quelconque (ou le courant dans une branche quelconque du circuit) est égal à la somme des potentiels (ou des courants) créés séparément par chaque générateur, les autres générateurs étant "éteints".

Exemple :



Trois sources alimentent un circuit dans lequel on recherche la valeur d'un courant I dans une résistance donnée.

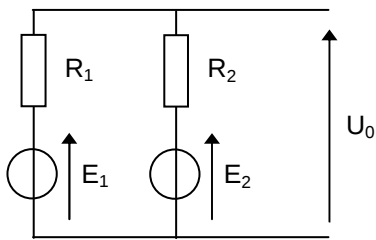
On calcule en fait trois courants I_1 , I_2 et I_3 :



Pour "éteindre" un générateur de tension, il suffit de le court-circuiter.

Pour "éteindre" un générateur de courant, il faut le remplacer par un interrupteur ouvert.

Application :

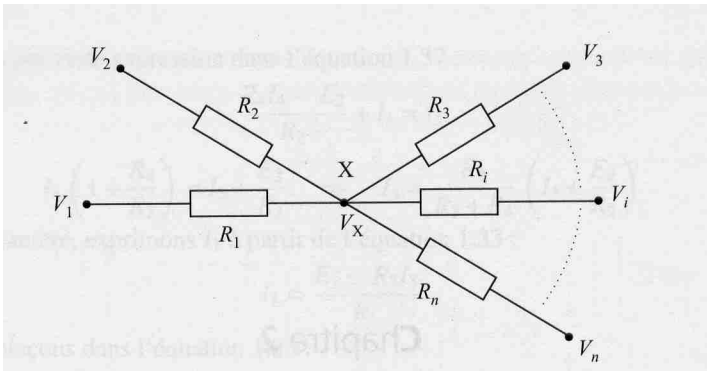


A l'aide du principe de superposition, calculer la tension U_0 .

Données : $E_1 = 5V$ $R_1 = 10 \Omega$
 $E_2 = 2V$ $R_2 = 5 \Omega$

5- Théorème de Millman

Le théorème de Millman permet d'exprimer le potentiel en nœud quelconque en fonction des potentiels des nœuds voisins ; il est une conséquence de la loi des nœuds et peut donc être utilisé à sa place.



$$V_X = \frac{\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \dots + \frac{V_n}{R_n}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{V_i}{R_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}}$$

En utilisant la conductance ($G = \frac{1}{R}$ Siemens : S), le théorème de Millman s'écrit :

$$V_X = \frac{\sum_{i=1}^n G_i V_i}{\sum_{i=1}^n G_i}$$

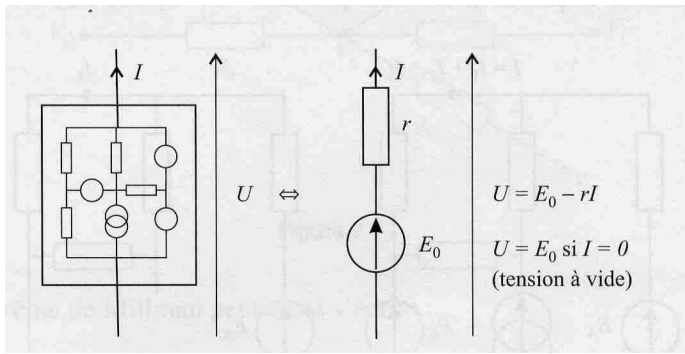
Application : reprendre l'application du paragraphe 4. Retrouver la tension U_0 à l'aide du théorème de Millman.

6- Théorèmes de Thévenin et de Norton

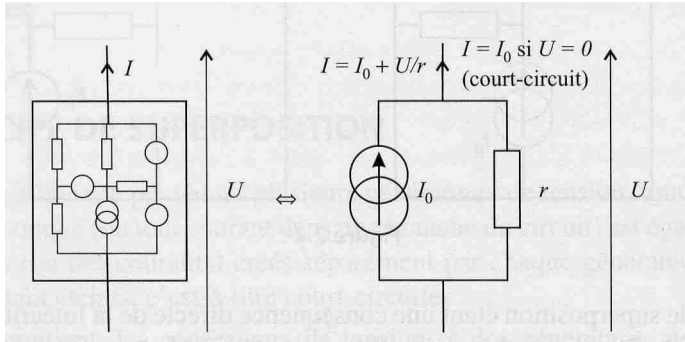
Tout circuit électrique ne comportant que des dipôles actifs et passifs linéaires peut être modélisé par un dipôle actif linéaire ; on peut lui donner :

- o Soit un modèle équivalent série ou de **Thévenin** (MET).
- o Soit un modèle équivalent parallèle ou de **Norton** (MEN).

Exemple :



MET

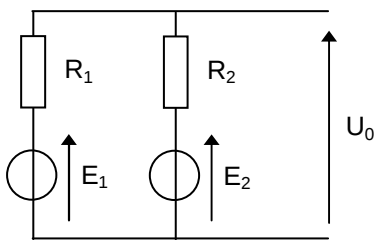


MEN

Dans les deux cas, la résistance r est identique ; c'est la résistance équivalente du réseau lorsque tous les générateurs sont « éteints ».

Remarque : Comme dans le paragraphe 2-4-, les modèles de Thévenin et de Norton sont équivalents.

Application :



Rechercher le MET et le MEN du circuit ci-contre.

Application numérique :

$$E_1 = 5V$$

$$R_1 = 10 \, \Omega$$

$$E_2 = 2V$$

$$R_2 = 5 \, \Omega$$