

Lois et théorèmes de base d'électricité

I. Introduction

L'électricité qui agit dans un ensemble d'éléments électriques obéit à certaines lois de la physique. Celles-ci ont été progressivement établies à partir de multiples expériences au cours des derniers siècles.

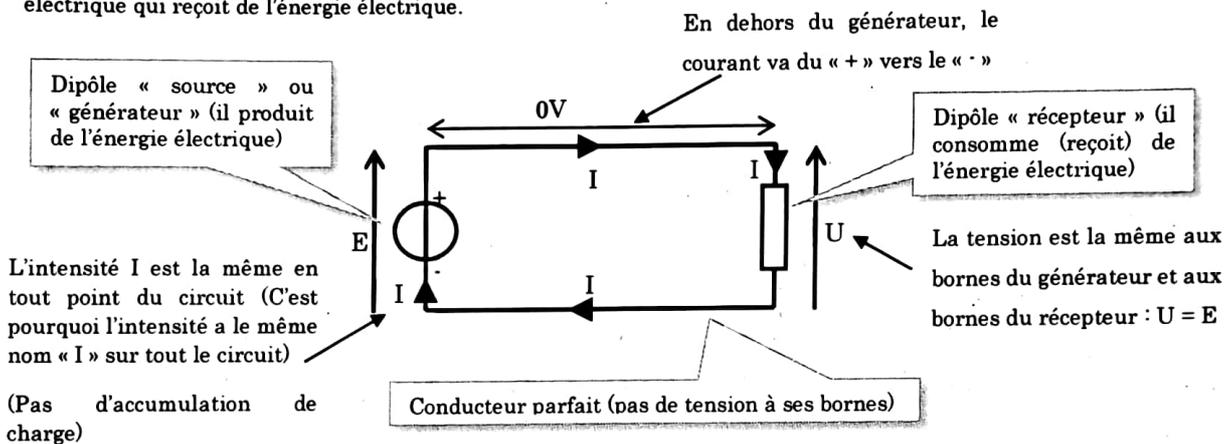
Aujourd'hui, la connaissance de ces lois est indispensable à tout électricien ou électronicien.

Objectif :

Acquisition de vocabulaire. Il convient de lire ce cours avec un surligneur pour repérer et mettre en évidence le vocabulaire nouveau. Apprentissage de quelques lois de l'électricité. Les lois énoncées doivent être connues par cœur le plus rapidement possible.

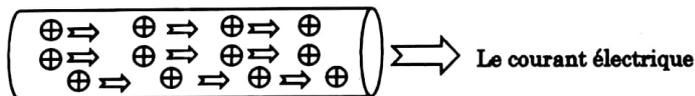
II. Circuit électrique

Un circuit électrique de base est composé d'une source de courant ou de tension qui fournit de l'énergie électrique et un dipôle électrique qui reçoit de l'énergie électrique.



1. Courant électrique

Le courant électrique est un déplacement de charges électriques dans un conducteur.



Lorsque le courant est constant, on dit qu'il est « continu ». Dans ce cas, l'intensité du courant électrique est la quantité ΔQ d'électricité qui s'écoule sur un intervalle de temps Δt divisée par cet intervalle de temps :

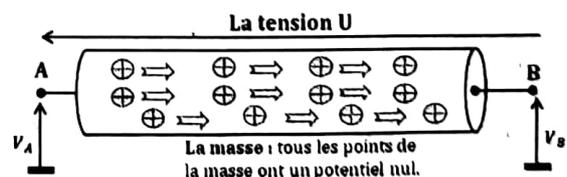
$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

L'unité de courant est **Ampère (A)**.

2. Tension électrique

La vitesse de déplacement des charges électriques dans un conducteur dépend du « champ électrique » auquel elles sont soumises (analogue à un déplacement d'air qui pousse des balles dans un tuyau).

Ce champ électrique dépend de la tension entre les extrémités du conducteur (analogue à une différence de pression).

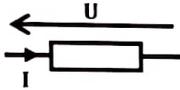


On parle de « tension » ou de « différence de potentiel » (DDP). On la nomme souvent par la lettre « U » ou la lettre « V » :

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

3. Dipôle électrique

Un « dipôle électrique » est un élément électrique comportant deux « bornes » (ou deux extrémités).



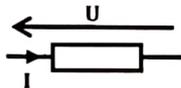
Il n'y a pas d'accumulation de charge électrique dans un dipôle : L'intensité du courant qui entre par une borne du dipôle est égale à l'intensité du courant qui sort par l'autre borne.

III. Lois et théorèmes de base en électricité

1. Loi d'ohm

Certains dipôles récepteurs ont la particularité d'être traversé par un courant dont la valeur est proportionnelle à la tension à leur borne.

Le coefficient de proportionnalité entre la tension et le courant est souvent noté « R ». C'est la valeur de la résistance :



$$U = R \cdot I$$



Georg Ohm

Exemple :

Soit une résistance de 5Ω traversée par un courant continu (c'est à dire constant) de 2 A.

Question : Calculer la tension à ses bornes et la puissance qu'elle consomme ?

La tension aux bornes de R : $U = R \cdot I \Rightarrow A \cdot V : U = 10V$

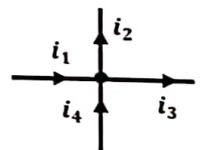
La puissance se définit : $P = U \cdot I \Rightarrow A \cdot W : P = 20W$

2. Lois de Kirchhoff

Les lois de Kirchhoff sont la loi des nœuds et la loi des mailles. Elles s'appliquent aux réseaux électriques.

2.1. Loi des nœuds

La somme des courants qui entrent dans un nœud est égale à la somme des courants qui en repartent.



Exemple N°1 :

- Ecrire la relation algébrique entre les quatre courants.
- Sachant que : $i_1 = 2A$, $i_2 = 3A$, $i_3 = -2A$, en déduire la valeur algébrique de i_4

D'après la loi des nœuds : $i_1 + i_4 = i_2 + i_3$

Donc : $i_4 = i_2 + i_3 - i_1$

2.2. Loi des mailles

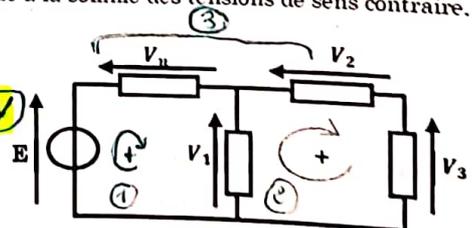
En parcourant la maille, la somme des tensions dans le sens du parcours est égale à la somme des tensions de sens contraire.

Exemple : Pour ce schéma ci-contre, $V_1=15V$, $V_2=15V$, calculer V_3 .

Maille 1 : $E - V_1 - V_2 = 0$

Maille 2 : $V_1 - V_2 - V_3 = 0 \Rightarrow V_3 = V_1 - V_2 \Rightarrow V_3 = 0V$

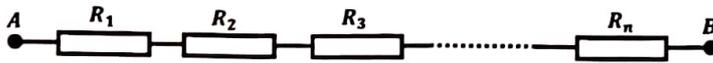
Maille 3 : $E - V_1 - V_2 - V_3 = 0$



3. Loi d'association des résistances

3.1. Association en série

Soit :

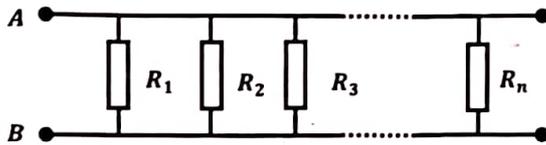


La résistance équivalente vue entre A et B est la somme algébrique des résistances montées entre A et B tel que :

$$R_{eq} = \sum R_i \Leftrightarrow R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

3.2. Association en parallèle

Soit :



La résistance équivalente vue entre A et B est exprimée par :

$$R_{eq} = \left(\sum \frac{1}{R_i} \right)^{-1} \Leftrightarrow R_{eq} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \right)^{-1}$$

4. Loi de diviseur de tension et de courant

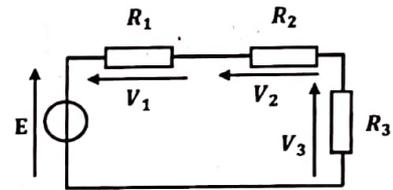
4.1. Loi de diviseur de tension

Question : exprimer les relations des tensions V1, V2 et V3.

$$V_1 = E \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$V_2 = E \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$V_3 = E \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$



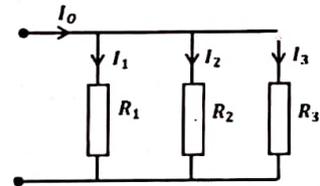
4.2. Loi de diviseur de courant

Question : exprimer les relations des courants I1, I2 et I3.

$$I_1 = I_0 \frac{1/R_1}{1/R_2 + 1/R_3}$$

$$I_2 = I_0 \frac{1/R_2}{1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3}$$

$$I_3 = I_0 \frac{1/R_3}{1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3}$$

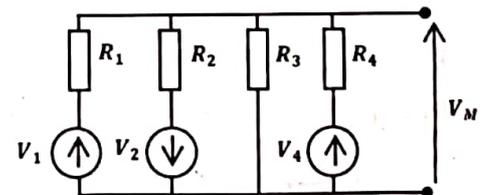


5. Théorème de MILLMAN

Le théorème de Millman s'applique à un circuit électrique constitué de n branches en parallèle. Chacune de ces branches comprenant un générateur de tension parfait en série avec un élément linéaire (comme une résistance par exemple)

Question : exprimer la tension VM en fonction V1, V2, V3, R1, R2, R3 et R4.

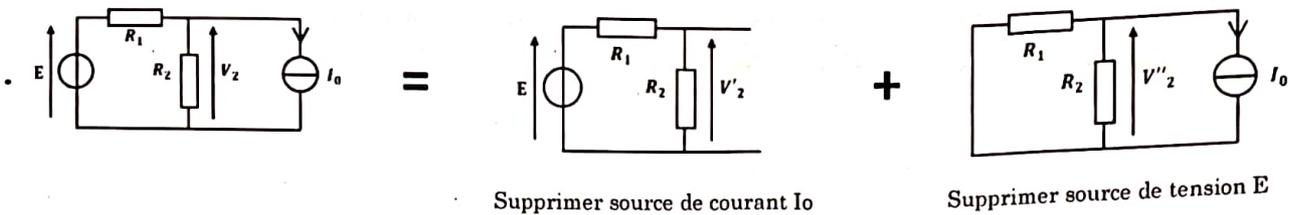
$$V_M = \frac{V_1/R_1 - V_2/R_2 + V_4/R_4}{1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + 1/R_4}$$



6. Théorème de superposition

Dans un réseau électrique linéaire, le courant (ou la tension) dans une branche quelconque est égal la somme algébrique des courants (ou des tensions) obtenus dans cette branche sous l'effet de chacune des sources indépendantes prise isolément, toutes les autres sources indépendantes ayant été remplacées par leur impédance interne.

Exemple : la tension V2 aux bornes de R2



La tension V2 est calculée après avoir calculé la tension V'2 et V''2, tel que : $V_2 = V'_2 + V''_2$

Question 1 : Exprimer la tension V2 en fonction E, R1 et R2.

On a : $V'_2 = E \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ *Diviseur de tension*

Question 2 : Exprimer la tension V''2 en fonction Io, R1 et R2.

On a : $V''_2 = - \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \cdot I_0$ *Loi d'Ohm*

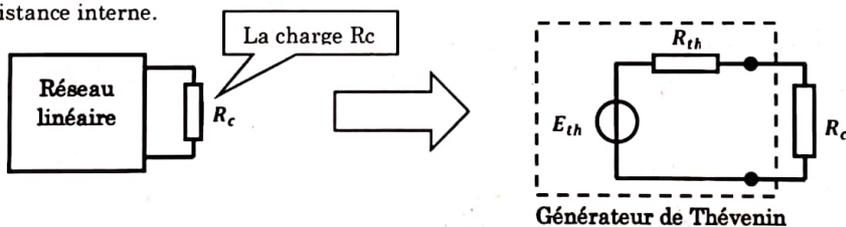
Question 3 : Exprimer la tension V2 en fonction E, Io, R1 et R2.

D'où : $V_2 = V'_2 + V''_2 \Rightarrow V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} (E - R_1 \cdot I_0)$

7. Théorème Thévenin

Tout réseau linéaire constituant un dipôle en régime continu peut être remplacé par un dipôle équivalent constitué d'une source de tension Eth en série avec une résistance Rth tels que :

- Eth est la tension vue entre les deux bornes du dipôle lorsqu'il est à vide.
- Rth est la résistance vue entre les deux bornes du dipôle lorsque toutes ses sources indépendantes sont remplacées par leur résistance interne.



Règles de passage au modèle de Thévenin :

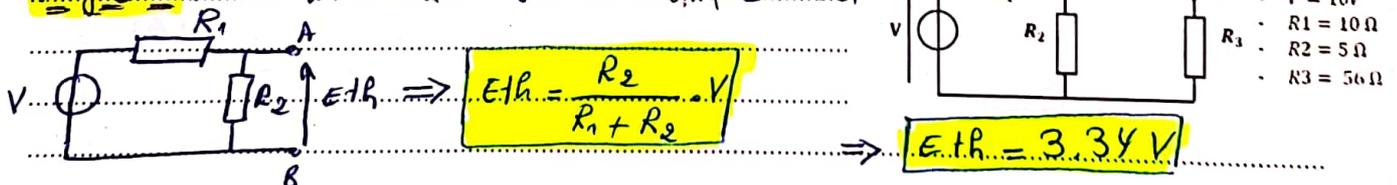
- Règle 1 : Débrancher la charge puis calculer la tension Eth
- Règle 2 : Court-circuiter les sources de tension et d'ouverture les sources de courant puis calculer la résistance Rth.
- Règle 3 : Remplacer le réseau linéaire par le modèle de Thévenin et brancher la charge puis effectuer les calculs

Exemple :

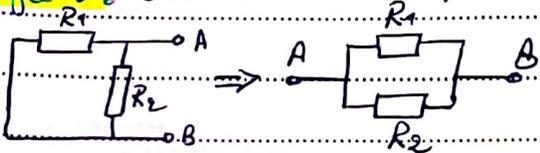
Question : exprimer puis calculer le courant Io par l'application de théorème de Thévenin

La charge = Io travers R3 ⇒ donc la charge est R3

Règle 1 : Débrancher la charge ⇒ schéma suivant

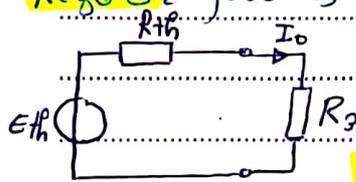


Règle 2 : source de tension \Rightarrow C.C



$$R_{th} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Règle 3 : faire les calculs



$$E_{th} = (R_{th} + R_3) \cdot I_0$$

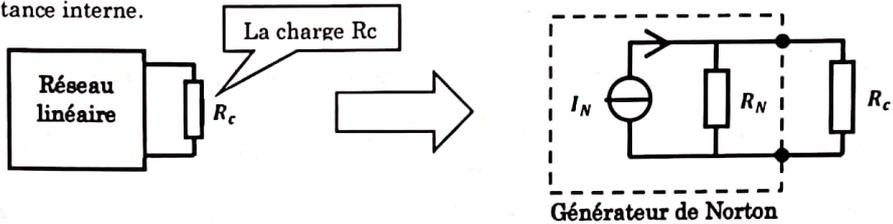
$$I_0 = \frac{E_{th}}{R_{th} + R_3}$$

$$I_0 = 56.29 \text{ mA}$$

8. Théorème de Norton

Tout réseau linéaire constituant un dipôle en régime continu peut être remplacé par un dipôle équivalent constitué d'une source de courant indépendant I_N en parallèle avec une résistance R_N tels que :

- I_N est le courant de court-circuit entre les deux bornes de ce dipôle.
- R_N est la résistance vue entre les deux bornes du dipôle lorsque toutes ses sources indépendantes sont remplacées par leur résistance interne.



Règles de passage au modèle de Norton :

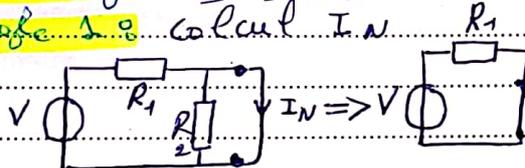
- o Règle 1 : Débrancher la charge puis calculer le courant I_N , le courant de court-circuit entre les deux bornes de ce dipôle.
- o Règle 2 : Court-circuiter les sources de tension et d'ouverture les sources de courant puis calculer la résistance R_N .
- o Règle 3 : Remplacer le réseau linéaire par le modèle de Norton et brancher la charge puis effectuer les calculs

Exemple :

Question : exprimer puis calculer le courant I_0 par l'application de théorème de Thévenin

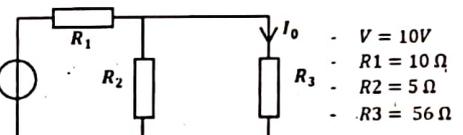
la charge : I_0 traverse $R_3 \Rightarrow R_3$ et la charge

règle 1 : calcul I_N



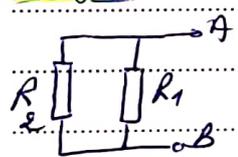
$$I_N = \frac{V}{R_1}$$

$$I_N = 1 \text{ A}$$



- $V = 10 \text{ V}$
- $R_1 = 10 \Omega$
- $R_2 = 5 \Omega$
- $R_3 = 56 \Omega$

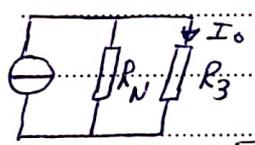
Règle 2 : source de tension \Rightarrow C.C



$$R_{th} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_{th} = 3.34 \Omega$$

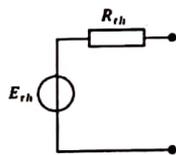
Règle 3 : faire les calculs



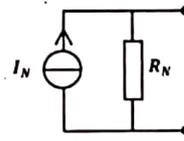
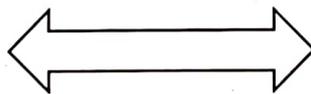
$$I_0 = I_N \cdot \frac{R_N}{R_N + R_3}$$

$$I_0 = 56.29 \text{ mA}$$

9. Le passage de modèle de Thévenin vers le modèle de Norton ou inversement



Modèle de Thévenin



Modèle de Norton

$$E_{th} = R_N \cdot I_N$$

$$R_{th} = R_N$$

$$I_N = \frac{E_{th}}{R_{th}}$$

$$R_N = R_{th}$$