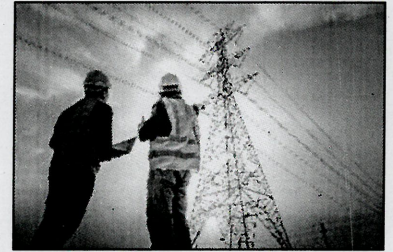


Chapitre 0 : Lois et théorèmes de base d'électricité

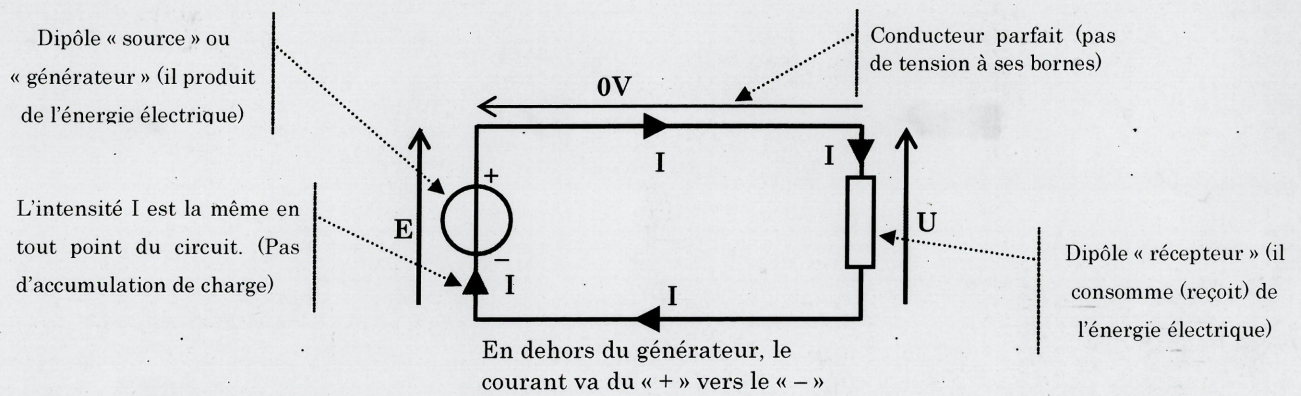
I. Introduction

Dans un ensemble d'appareils électriques, l'électricité obéit aux lois naturelles. Ces lois ont été découvertes au fil du temps grâce à de nombreuses expériences. Aujourd'hui, les électriciens et les électroniciens doivent connaître ces règles et apprendre de nouveaux mots. Il est utile de surligner les nouveaux mots en lisant ce cours. Il est important d'apprendre les lois de l'électricité rapidement et de les connaître par cœur.



II. Circuit électrique de base

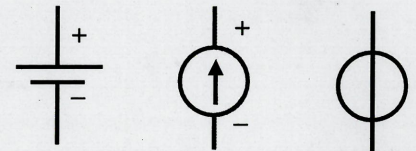
Un circuit électrique de base comprend une source de courant ou de tension qui fournit de l'énergie électrique, et un dipôle électrique qui reçoit cette énergie.



1. Sources électriques continues

➤ Source de tension :

Une source de tension est un composant électrique qui fournit une différence de potentiel électrique constante entre ses bornes malgré les variations de courant dans la charge.



➤ Source de courant

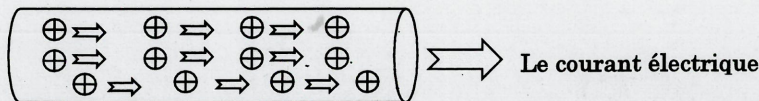
Une source de courant est un composant électrique qui fournit un courant électrique constant à travers un circuit, indépendamment des variations de la charge.



2. Grandeurs électriques

➤ Courant électrique :

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



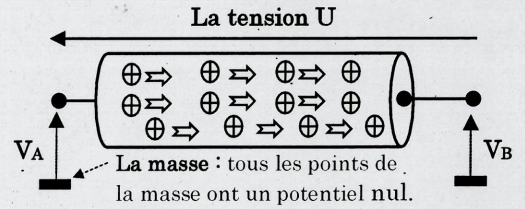
Lorsque le courant est constant, on dit qu'il est « continu ». Dans ce cas, l'intensité du courant électrique est la quantité ΔQ d'électricité qui s'écoule sur un intervalle de temps Δt divisée par cet intervalle de temps :

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

L'unité de courant est Ampère (A).

↳ Tension électrique

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

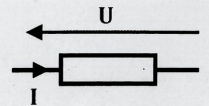
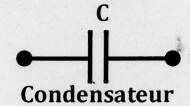
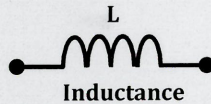
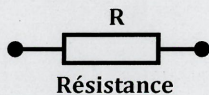


Ce champ électrique dépend de la tension entre les extrémités du conducteur (analogie à une différence de pression). On parle de « tension » ou de « différence de potentiel » (DDP). On la nomme souvent par la lettre « U » ou la lettre « V » :

$$U = V_A - V_B$$

3. Dipôles électriques

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



Note importante : 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.

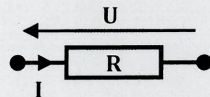
III. Lois et théorèmes de base en électricité

Les lois et théorèmes représentent des concepts régissant les principes physiques utilisés pour résoudre des problèmes électriques dans un circuit, en vue de déterminer des valeurs telles que la tension, le courant ou les dipôles (R, C ou L).

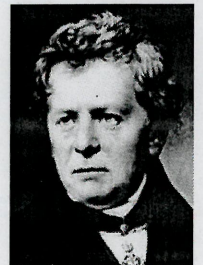
1. Loi d'ohm

Certains dipôles récepteurs ont la particularité d'être traversés par un courant dont la valeur est proportionnelle à la tension à leurs bornes.

Le coefficient de proportionnalité entre la tension et le courant est souvent noté "R", qui représente la valeur de la résistance.



$$U = R \cdot I$$



Georg Ohm

Exemple 1 :

Soit une résistance $R = 5 \Omega$ traversée par un courant continu (c'est à dire constant) de $I = 2 \text{ A}$.

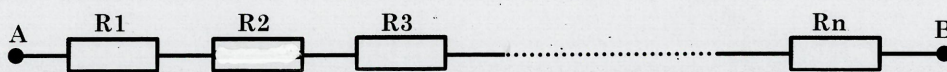
- Question : Calculer la tension à ses bornes U ? *d'après loi d'ohm* $\Rightarrow U = RI \Rightarrow U = 10V$

2. Loi d'association des résistances

La loi d'association des résistances, en électricité, établit la résistance totale dans un circuit qui contient des résistances en série et/ou des résistances en parallèle. Elle est cruciale pour l'analyse et la conception de circuits électriques.

2.1. Association en série

Les résistances sont disposées en série, comme illustré dans la figure ci-dessous :



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

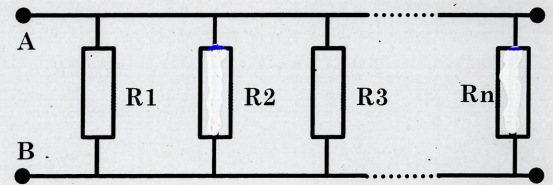
$$R_{eq} = R_{AB} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

2.2. Association en parallèle

La figure ci-dessous présente une disposition des résistances en parallèle.

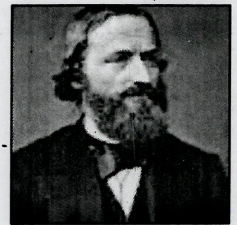
La résistance équivalente vue entre A et B est exprimée par :

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



3. Lois de KIRCHHOFF

La loi de Kirchhoff, en électricité, énonce deux principes fondamentaux : la loi des nœuds, et la loi des mailles, Elles s'appliquent aux réseaux électriques.



Gustav Kirchhoff

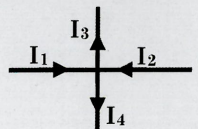
3.1. Loi des nœuds

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

Exemple 1 :

Ecrire la relation algébrique entre les quatre courants.

- Question : Sachant que : $I_1 = 2A$, $I_2 = 3A$, $I_3 = -2A$, en déduire la valeur algébrique de I_4 .



d'après loi des nœuds $\Rightarrow I_1 + I_2 = I_3 + I_4$, on cherche I_4 ?

donc : $I_4 = I_1 + I_2 - I_3 \Rightarrow I_4 = 3A$

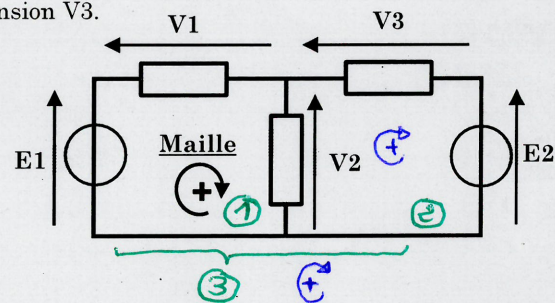
3.2. Loi des mailles

Dans un circuit électrique fermé, la somme algébrique des tensions le long d'une maille est égale à zéro.

Exemple :

Pour ce schéma ci-contre, $E_1 = 15V$, $V_1 = 8V$ et $E_2 = 2V$. calculer alors de la tension V_3 .

- Maille 1 : $E_1 - V_1 - V_2 = 0$
- Maille 2 : $V_2 - V_3 - E_2 = 0$
- Maille 3 : $E_1 - V_1 - V_3 - E_2 = 0$



Donc la tension V_3 : d'après la maille 3 : $V_3 = E_1 - V_1 - E_2$
donc : $V_3 = 5V$

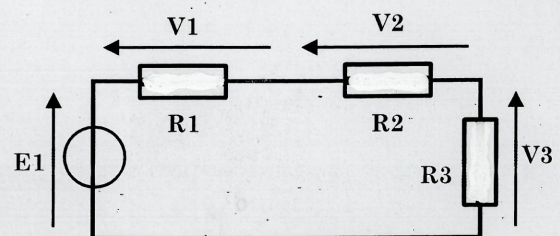
4. Loi de diviseur de tension et de courant

Un principe fondamental en électricité. Elle énonce comment la tension et le courant se divisent dans un circuit en fonction des valeurs des résistances et des branches.

4.1. Loi de diviseur de tension

La figure ci-dessous illustre le type de branche où le diviseur de tension peut être appliqué.

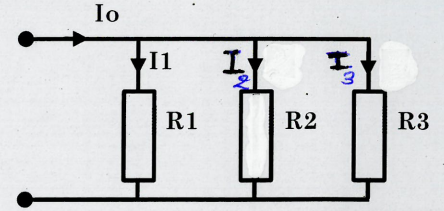
Tension V_1	Tension V_3
$V_1 = E_1 \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3}$	$V_3 = E_1 \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$



4.2. Le diviseur de courant

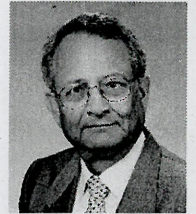
La figure ci-dessous illustre le type de branche où le diviseur de courant peut être appliqué.

Courant I1	Courant I2
$I_1 = I_0 \frac{\frac{1}{R_1}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$	$I_2 = I_0 \frac{\frac{1}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$



5. Théorème de MILLMAN

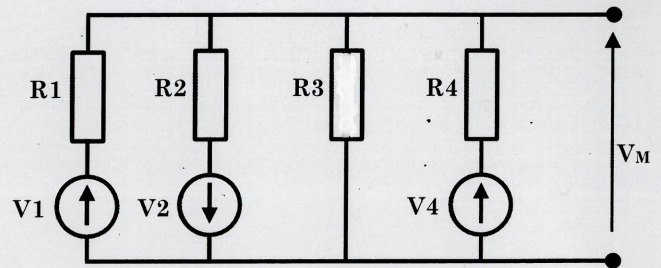
Le théorème de MILLMAN est un outil crucial en ingénierie électrique, utilisé dans des circuits comportant plusieurs branches en parallèle, chaque branche comprenant une source de tension idéale associée à un élément linéaire. Il simplifie ces circuits en une source équivalente, facilitant leur analyse.



Jacob MILLMAN

- Question : exprimer la tension VM en fonction V1, V2, V4, R1, R2, R3 et R4.

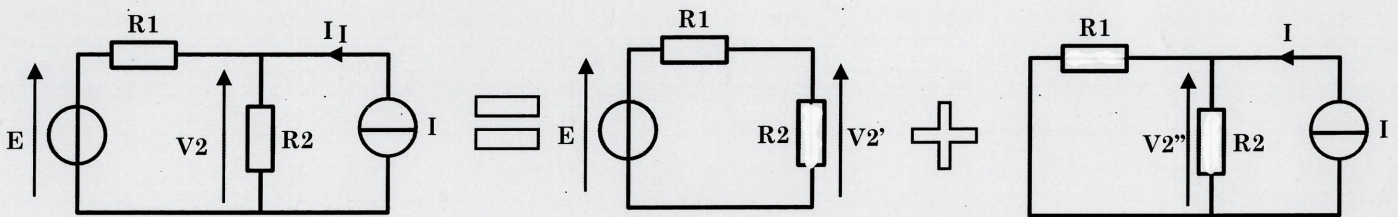
Tension VM
$V_M = \frac{\frac{V_1}{R_1} + \frac{-V_2}{R_2} + \frac{0}{R_3} + \frac{V_4}{R_4}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}}$



6. Théorème de superposition

Le théorème de superposition en électricité stipule que dans un réseau électrique linéaire, le courant ou la tension dans une branche est la somme algébrique des courants ou des tensions produits dans cette branche par chaque source indépendante prise individuellement, les autres sources indépendantes étant remplacées par leur impédance interne.

Exemple : la tension V2 aux bornes de R2



La tension V2 est calculée en additionnant les tensions V2' et V2'', ainsi : $V_2 = V_2' + V_2''$

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

d'après le théorème de diviseur de tension : $V_2' = E \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

- Question 2 : Exprimer la tension V2'' en fonction Io, R1 et R2.

1^{ère} étape, on associe R1 et R2 car V2'' est aux bornes de R1 et R2 $\Rightarrow R_{eq} = R_1 // R_2$ $\Rightarrow V_2'' = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \cdot I$

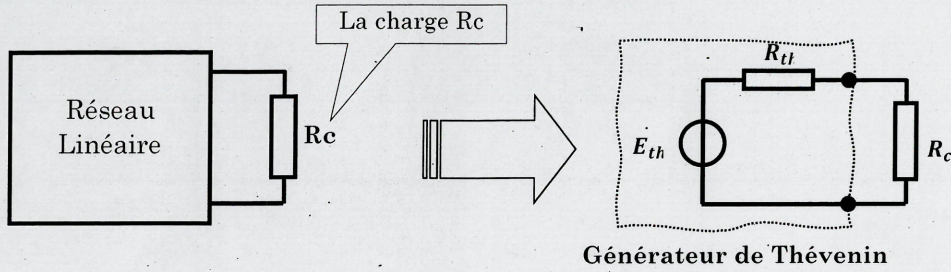
- Question 3 : Exprimer la tension V2 en fonction E, Io, R1 et R2.

d'où : $V_2 = V_2' + V_2'' \Rightarrow V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} (E + R_1 \cdot I)$

7. Théorème Thévenin

Tout réseau linéaire comportant un dipôle en régime continu peut être remplacé par un dipôle équivalent constitué d'une source de tension E_{th} en série avec une résistance R_{th} selon les principes suivants :

- o E_{th} est la tension mesurée entre les deux bornes du dipôle lorsque celui-ci est en circuit ouvert.
- o R_{th} est la résistance vue entre les deux bornes du dipôle lorsque toutes ses sources indépendantes sont remplacées par leur résistance interne.



Léon Charles Thévenin

Règles de passage au modèle de Thévenin :

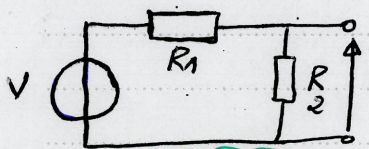
- o Débrancher la charge, puis calculer la tension E_{th} .
- o Court-circuiter les sources de tension et ouvrir les sources de courant, puis calculer la résistance R_{th} .
- o Remplacer le réseau linéaire par le modèle de Thévenin en branchant la charge, puis effectuer les calculs.

Exemple :

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

Données : $V = 10\text{ V}$, $R_1 = 10\ \Omega$, $R_2 = 5\ \Omega$ et $R_3 = 56\ \Omega$.

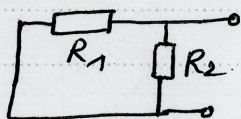
La charge est R_3 car I_0 qu'on cherche traverse R_3 le schéma sans la charge, devient



ETH ? d'après le diviseur de tension.

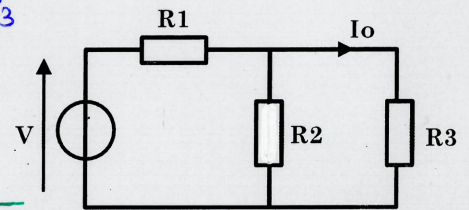
$E_{th} = V \frac{R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow E_{th} = 3.34\text{ V}$

Rth ? on court-circuit V

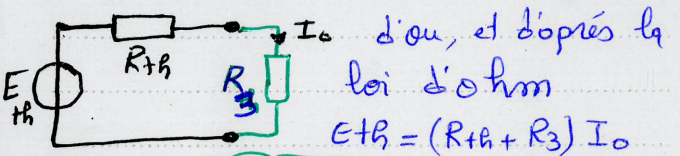


$R_{th} = R_1 \parallel R_2$

$R_{th} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow R_{th} = 3.34\ \Omega$



le modèle de Thévenin et la charge R_3

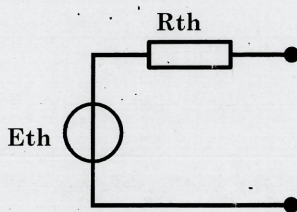


d'où, et d'après la loi d'ohm $E_{th} = (R_{th} + R_3) I_0$

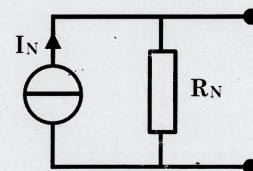
$I_0 = \frac{E_{th}}{R_{th} + R_3} \Rightarrow I_0 = 56.2\text{ mA}$

8. Passage de modèle de Thévenin vers le modèle de Norton ou inversement

Dans certains problèmes d'électricité, il est parfois nécessaire de convertir des sources de courant en sources de tension, ou inversement, simplement pour faciliter la résolution. Les figures suivantes illustrent cette conversion :



Modèle de Thévenin



Modèle de Norton

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

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