

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.

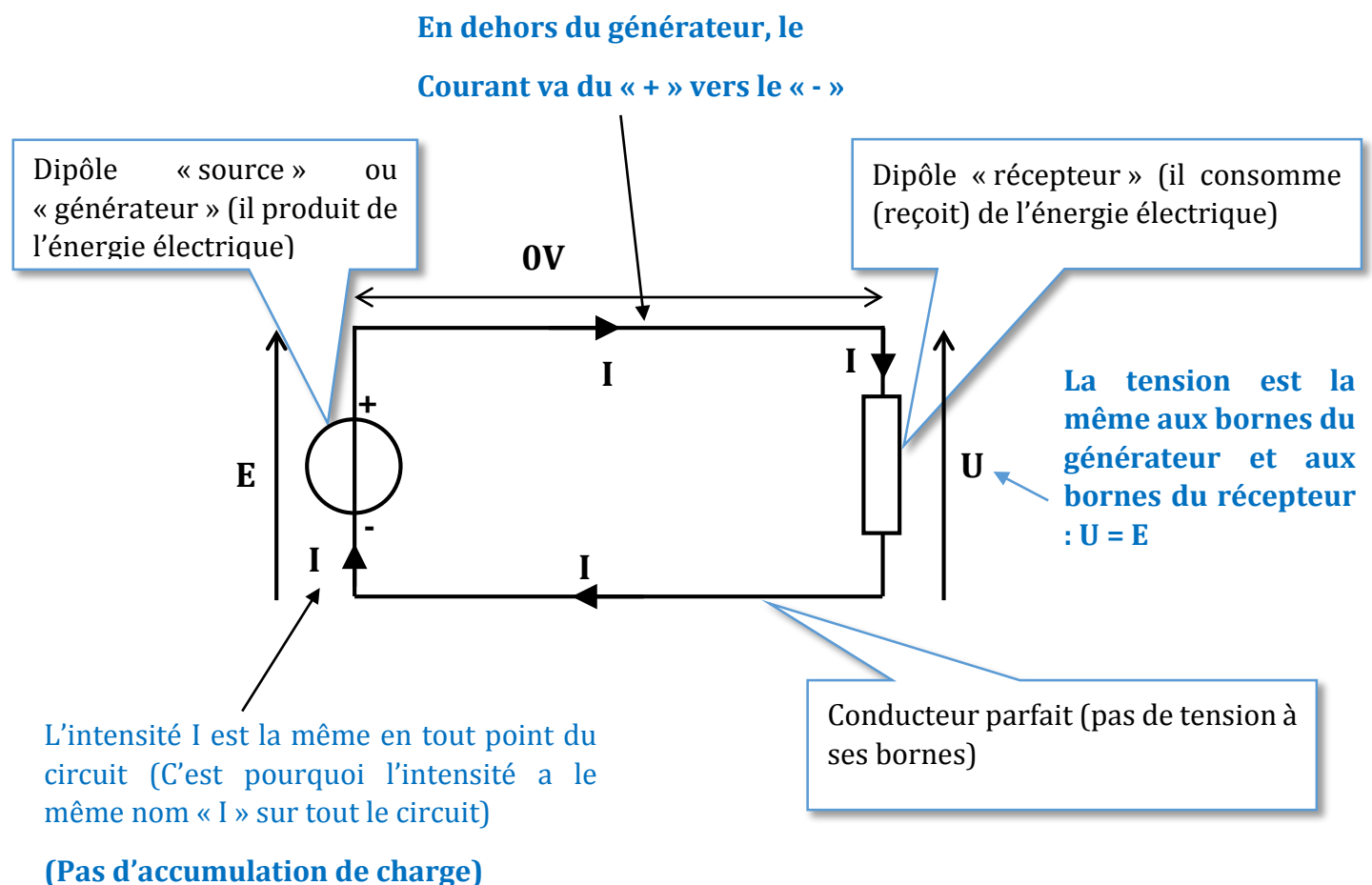
Objectif :

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.

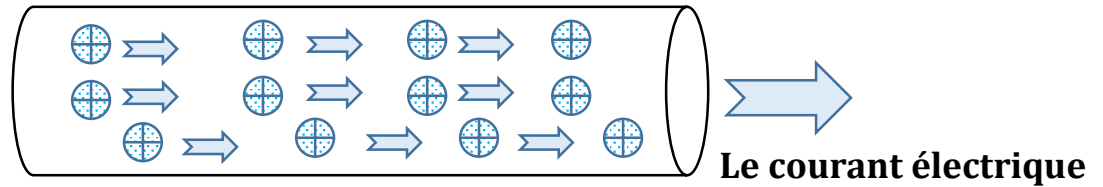
II. Circuit électrique

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 :

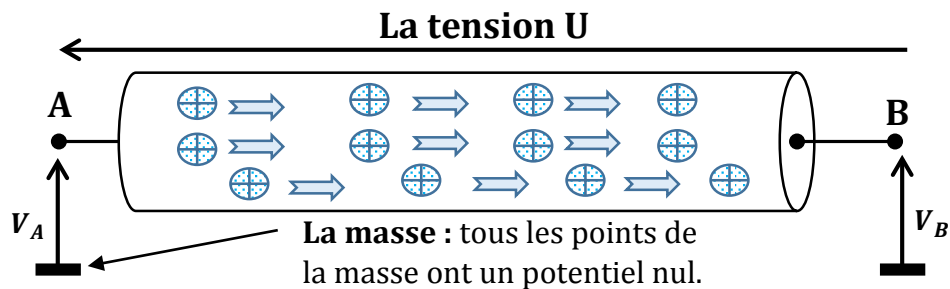
$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

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).

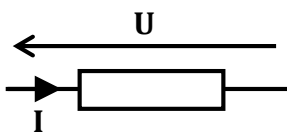


On parle de « tension » ou de « différence de potentiel » (DDP). On la nomme souvent par la lettre « U » ou la lettre « V » :

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

3. Dipôle électrique

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



Propriété :

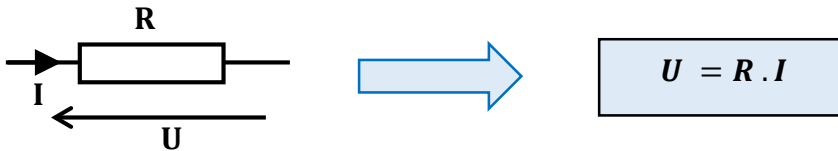
Il n'y a pas d'accumulation de charge électrique dans un dipôle : L'intensité du courant qui entre par une borne du dipôle est égale à l'intensité du courant qui sort par l'autre borne.

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 ;



Georg Ohm

Exemple :

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

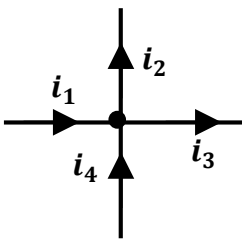
Question : Calculer la tension à ses bornes et la puissance qu'elle consomme ?

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.

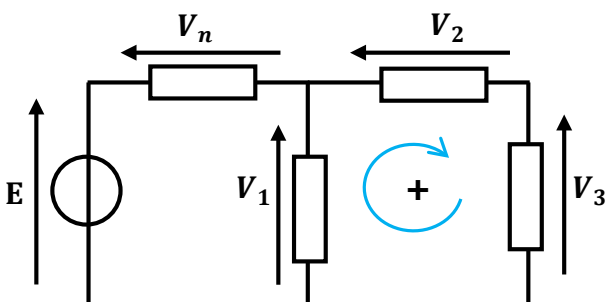


Exemple N°1 :

- 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

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.



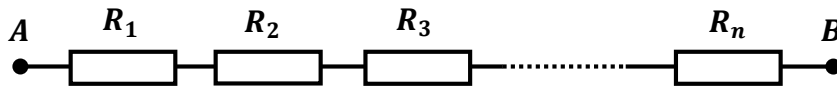
$$\text{Ici : } V_1 = V_2 + V_3 \text{ ou } V_1 - V_2 - V_3 = 0$$

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

3. Loi d'association des résistances

3.1. Association en série

Soit :

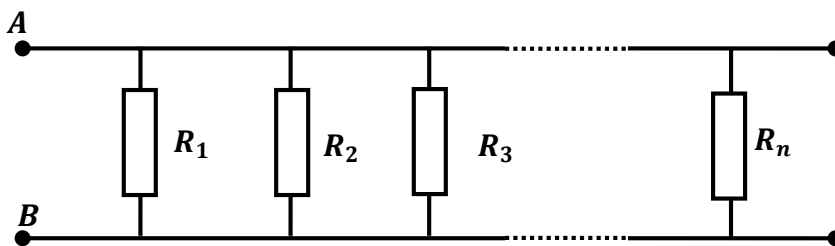


La résistance équivalente vue entre A et B est la somme algébrique des résistances montées entre A et B tel que :

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

3.2. Association en parallèle

Soit :



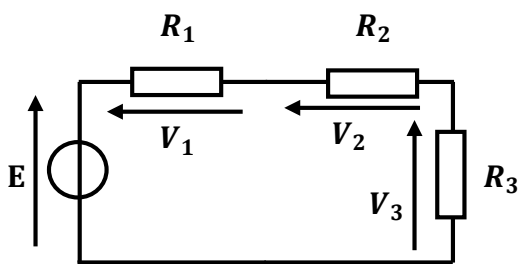
La résistance équivalente vue entre A et B est exprimée par :

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

4. Loi de diviseur de tension et de courant

4.1. Loi de diviseur de tension

Soit :

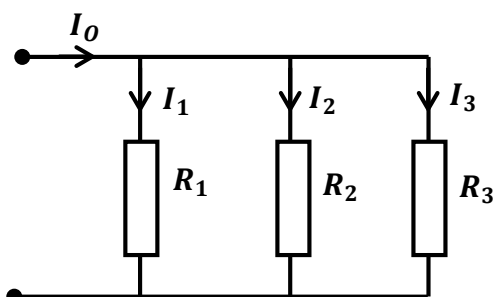


Formule de pont diviseur de courant

$$V_1 = E \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3} \quad V_2 = E \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$

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

4.2. Loi de diviseur de courant



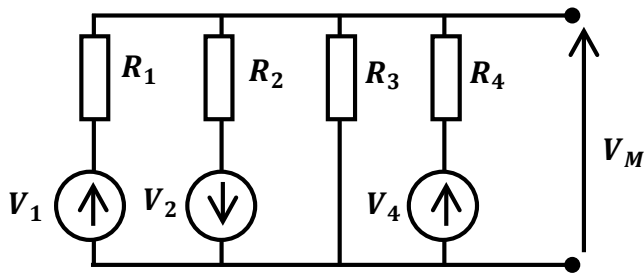
Formule de pont diviseur de courant

$$I_1 = I_o \cdot \frac{\frac{1}{R_1}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \quad I_2 = I_o \cdot \frac{\frac{1}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

$$I_3 = I_o \cdot \frac{\frac{1}{R_3}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

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)



La formule pour calculer V_m est:

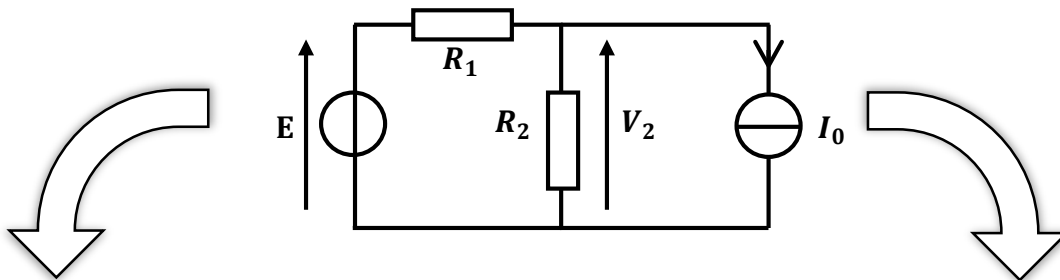
$$V_m = \frac{\frac{V_1}{R_1} + \frac{(-V_2)}{R_2} + \frac{0}{R_3} + \frac{V_4}{R_4}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}}$$

6. Théorème de superposition

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.

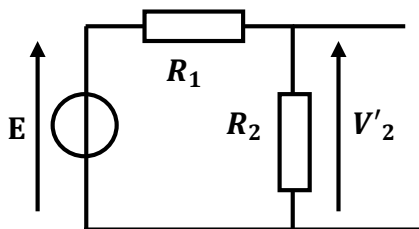
Exemple :

Calculer la tension V_2 par le théorème de superposition, on pose $E=12V$, $I_0 = 2A$, $R_1 = 5\Omega$ et $R_2 = 10\Omega$



On supprime le courant I_0

On ouvre le générateur de courant



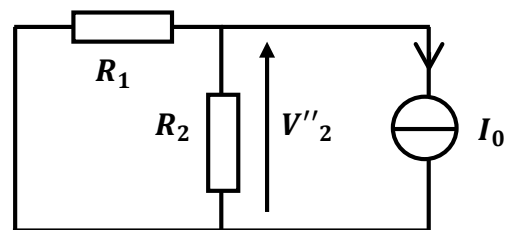
Calculons alors la tension V'_2

$$V'_2 = E \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

(Diviseur de tension)

On supprime la tension E

On court-circuite le générateur de tension



Calculons alors la tension V''_2

$$V''_2 = -(R_1 // R_2) I_0$$

(Loi d'ohm)

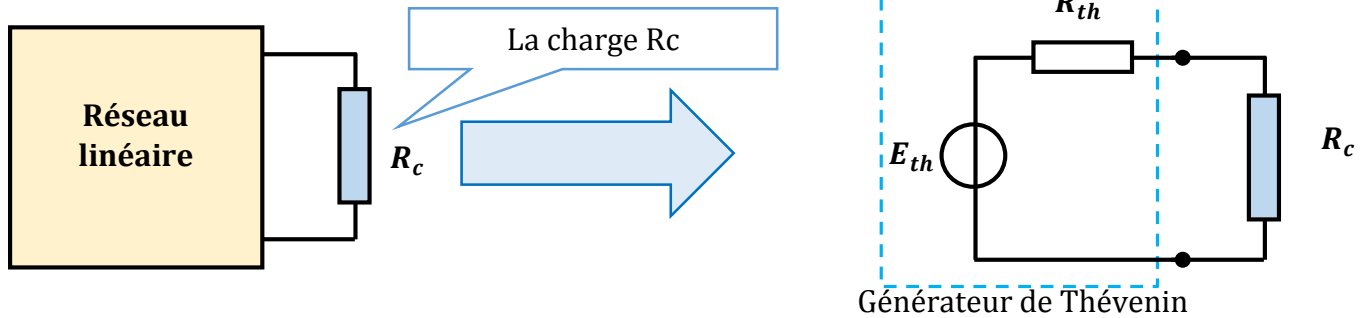
Alors l'expression de V_2 est : $V_2 = V'_2 + V''_2 \rightarrow V_2 = E \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} - (R_1 // R_2) I_0$

Application numérique : $V_2 = 1.34 V$.

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 E_{th}** en série avec **une résistance R_{th}** tels que :

- **E_{th}** est la tension vue entre les deux bornes du dipôle lorsqu'il est à vide.
- **R_{th}** est la résistance vue entre les deux bornes du dipôle lorsque toutes ses sources indépendantes sont remplacées par leur résistance interne.

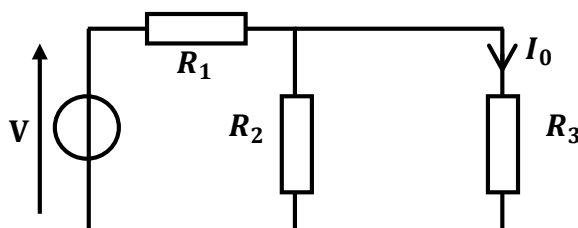


Règles pour passer au modèle de Thévenin :

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

Exemple :

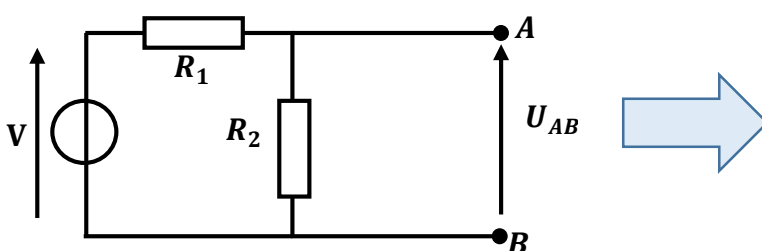
Soit :



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

Exprimer puis calculer Le courant I_o par le théorème de Thévenin.

- **Règle 1 :** Débrancher la charge (ici la charge est R_3)

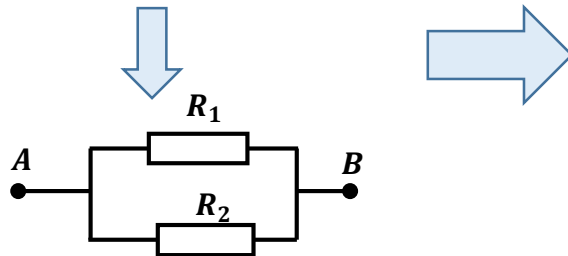
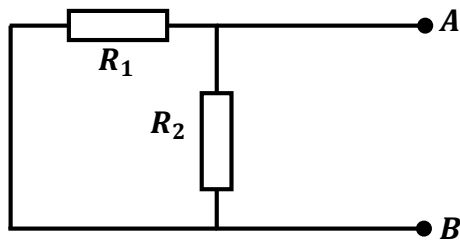


Calculons E_{th} entre A et B :

$$E_{th} = U_{AB} = V \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

(Diviseur de tension)

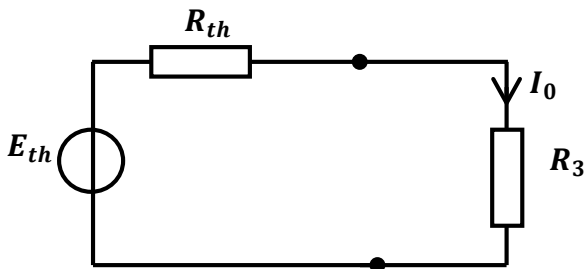
$$\text{A.N : } E_{th} = 3.34 V$$

- Règle 2 : Court-circuiter les sources de tension**Calculons Rth entre A et B :**

La résistance R1 et R2 sont montées en parallèle

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

A.N : $R_{th} = 3.33 \Omega$

- Règle 3 : Remplacer le réseau linéaire et brancher la charge puis effectuer les calculs**Calculons alors I0 :**

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

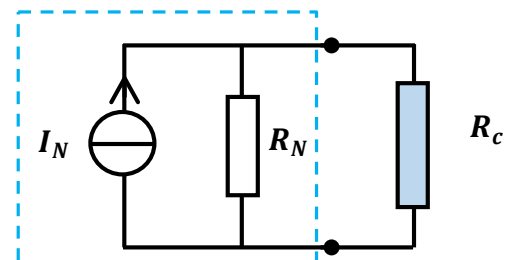
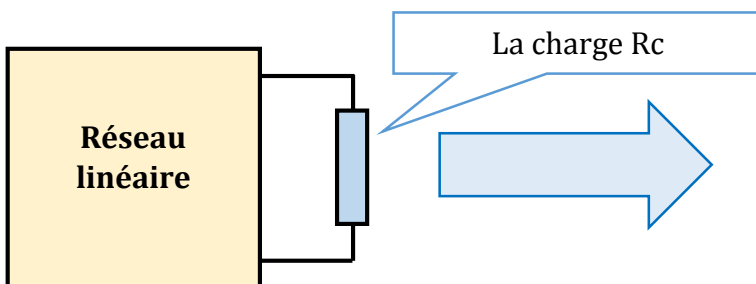
(Loi d'ohm)

A.N : $I_0 = 56.29 \text{ mA}$

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.



Générateur de Norton

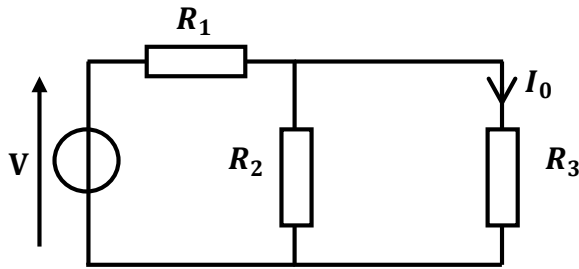
Règles pour passer au modèle de Norton :

- **Règle 1** : Débrancher la charge puis calculer le courant I_N , le courant de court-circuit entre les deux bornes de ce dipôle.
- **Règle 2** : Court-circuiter les sources de tension et d'ouverture les sources de courant puis calculer la résistance R_N .

- **Règle 3 :** Remplacer le réseau linéaire par le modèle de Norton et brancher la charge puis effectuer les calculs

Exemple :

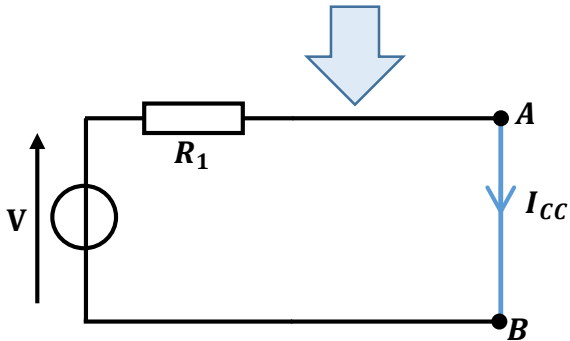
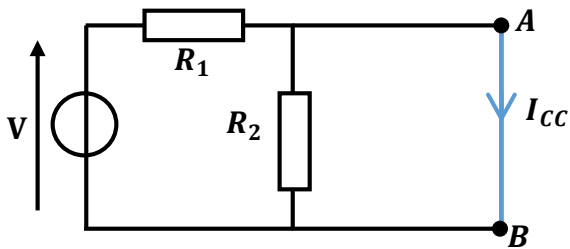
Soit :



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

Exprimer puis calculer Le courant I_0 par le théorème de Norton.

- **Règle 1 :** Débrancher la charge (ici la charge est R_3)



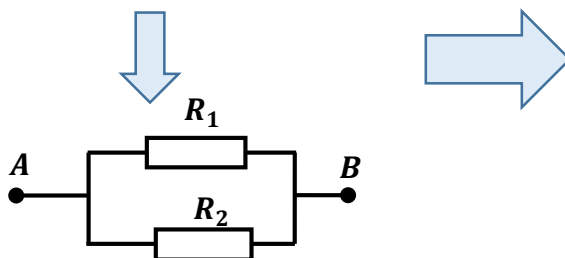
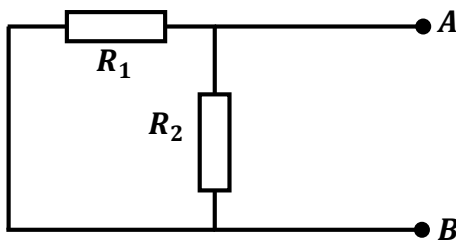
Calculons I_N entre A et B :

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

(Loi d'ohm)

$$A.N : I_N = 1 A$$

- **Règle 2 :** Court-circuiter les sources de tension



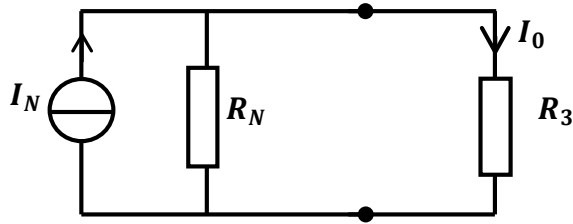
Calculons R_N entre A et B :

La résistance R_1 et R_3 sont montées en parallèle

$$R_N = R_{AB} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$A.N : R_N = 3.33 \Omega$$

- Règle 3 : Remplacer le réseau linéaire et brancher la charge puis effectuer les calculs



Calculons alors I_0 :

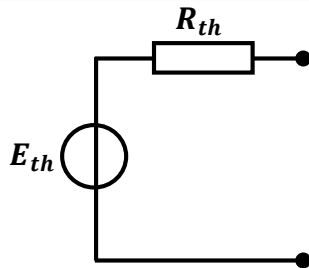
$$I_0 = I_N \cdot \frac{R_N}{R_N + R_3}$$

(Diviseur de courant)

A.N : $I_0 = 56.29 \text{ mA}$

- Le passage de modèle de Thévenin vers le modèle de Norton ou inversement

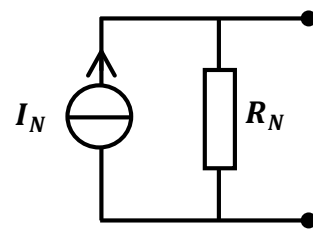
Modèle de Thévenin



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

$$R_{th} = R_N$$

Modèle de Norton



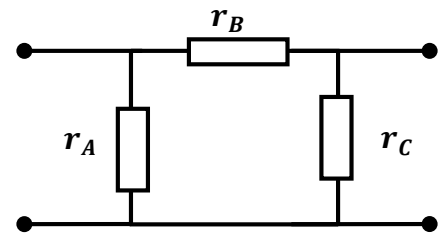
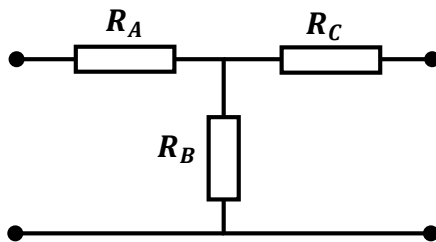
$$I_N = \frac{E_{th}}{R_{th}}$$

$$R_N = R_{th}$$

9. Théorème de KENNELY

Le théorème de KENNELY donne la relation de transformation :

- D'un réseau de **forme étoile** en réseau équivalent en **forme de triangle**
- D'un réseau de **forme triangle** en réseau équivalent en **forme d'étoile**



Triangle → étoile

$$R_A = \frac{r_A \cdot r_B}{r_A + r_B + r_C}$$

$$R_B = \frac{r_A \cdot r_C}{r_A + r_B + r_C}$$

$$R_C = \frac{r_B \cdot r_C}{r_A + r_B + r_C}$$

Etoile → triangle

Avec : $g_i = \frac{1}{r_i}$, $G_i = \frac{1}{R_i}$ **i=A,B ou C**

$$g_A = \frac{G_A \cdot G_B}{G_A + G_B + G_C}$$

$$g_B = \frac{G_A \cdot G_C}{G_A + G_B + G_C}$$

$$g_C = \frac{G_B \cdot G_C}{G_A + G_B + G_C}$$

Références :

- [1] M. Piou, les bases d'électricité Baselecpro «Ch0, Ch1, Ch2, Ch3, Ch4 et Ch5 » France, 2014.
- [2] C. François, Les grandes fonctions de la chaîne d'énergie - IUT, BTS, CPGE, FRANCE : Ellipses, 2016
- [3] Mustapha. Zergh (mon prof), cours de la physique appliquée BTS SE, Settat, 2012.

Les utilisateurs sont autorisés à faire un usage non commercial, personnel ou collectif, de ce document notamment dans les activités d'enseignement, de formation ou de loisirs. Toute ou partie de cette ressource ne doit pas faire l'objet d'une vente - en tout état de cause, une copie ne peut pas être facturée à un montant supérieur à celui de son support.