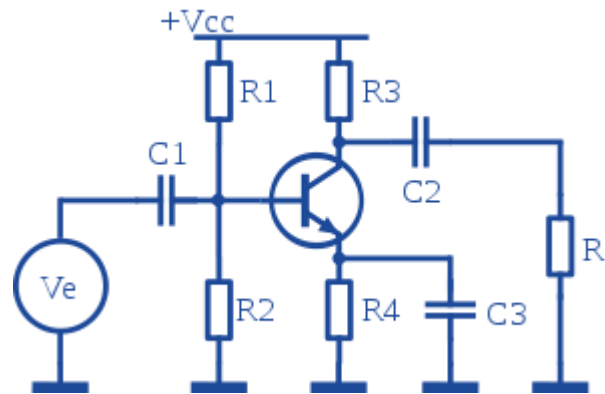


UNIVERSITÉ CHOUAIB DOUKKALI
Ecole Supérieure de Technologie
Sidi Bennour

Cours: Electronique Analogique & Numérique



Plan

Unité 1: Electricité.

Unité 2: Electronique des fonctions.

Unité 3: Electronique des circuits.

Objectifs du chapitre :

- **Description des circuits électriques :**

- Types de composants
- Graphe du réseau

- **Lois de Kirchhoff :**

- Loi des mailles
- Loi des noeuds
- Théorème de Millman

- **Théorèmes fondamentaux :**

- Théorème de superposition
- Théorème de Thévenin
- Théorème de Norton

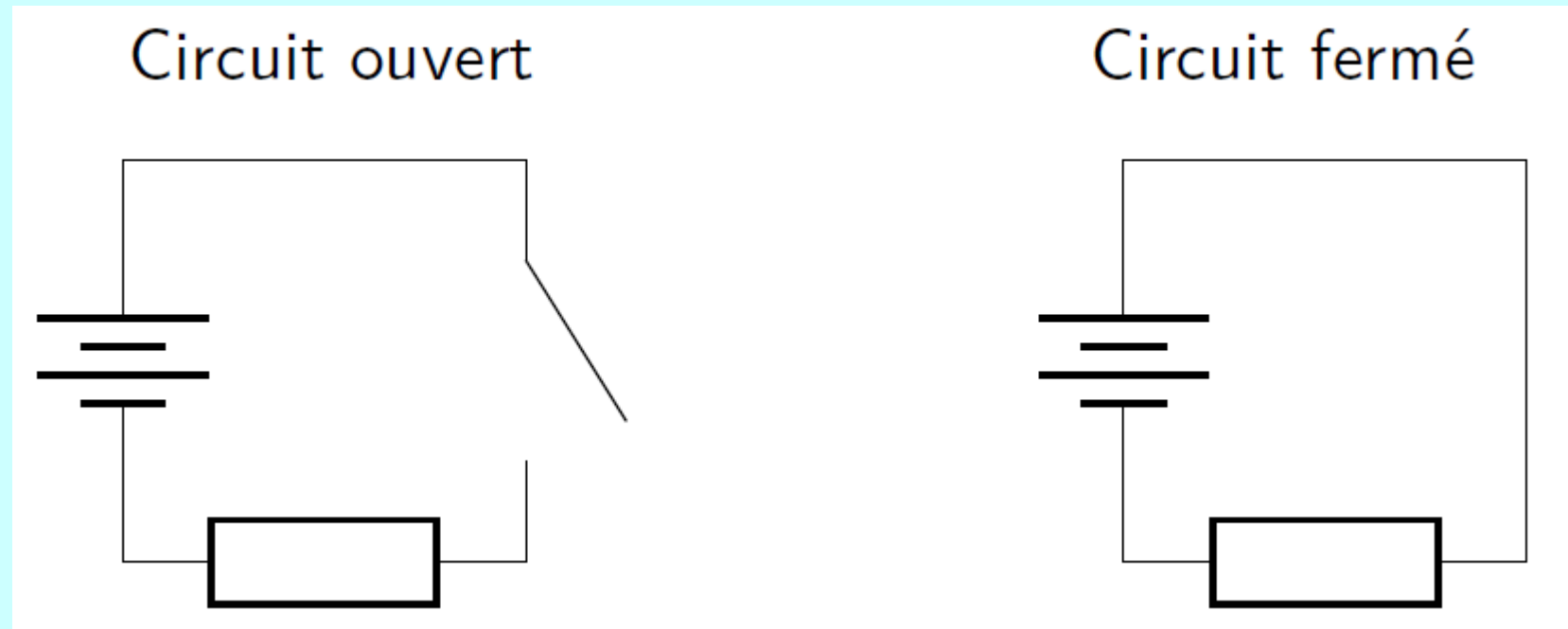
- **Notions sur les résistances :**

- Fonctionnement
- Nomenclature / - Associations

Circuit électrique

En reliant les bornes d'un générateur entre elles par un ou plusieurs matériaux conducteurs, on réalise un circuit fermé, dans lequel le courant électrique peut circuler.

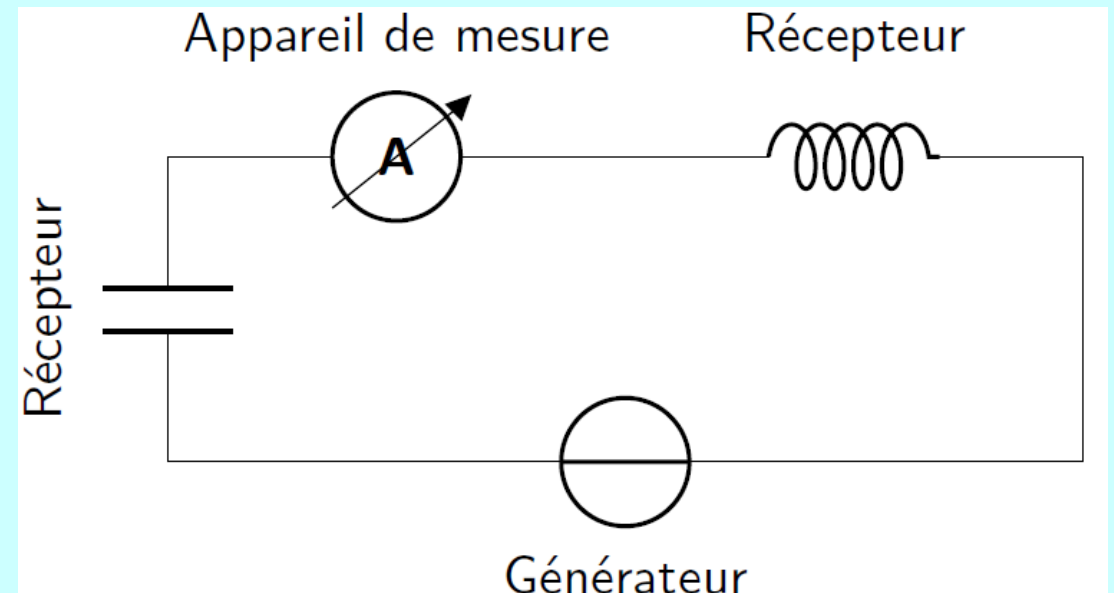
Dans le cas contraire, le circuit est dit ouvert : un corps isolant (air, bakélite) interrompt le circuit, dans lequel le courant ne peut circuler. Pour ouvrir ou fermer un circuit, on utilise un interrupteur.



Les composants du circuit

Le circuit électrique peut contenir un certain nombre d'appareils aux propriétés différentes :

- **Générateurs** : batteries, générateurs de tension, piles. . .
- **Récepteurs** : résistances, bobines, condensateurs. . .
- **Appareils de mesure** : voltmètres, ampèremètres, oscilloscopes. . .
- **Appareils de sécurité** : disjoncteurs, fusibles. . .
- **Appareils de manoeuvre** : inverseurs. . .



Dipôles polarisés, dipôles non polarisés:

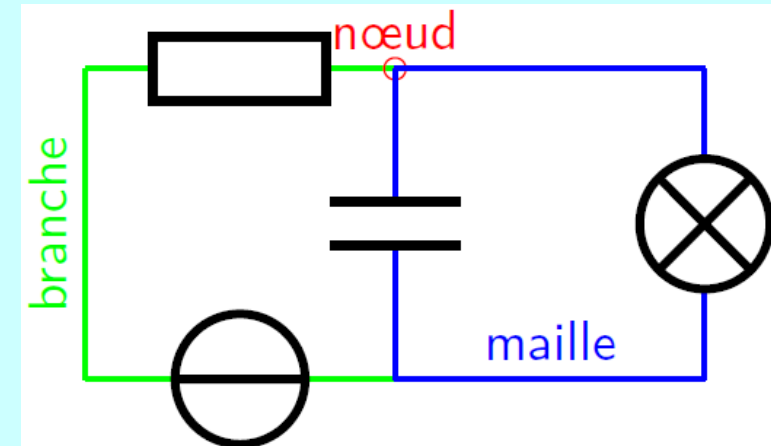
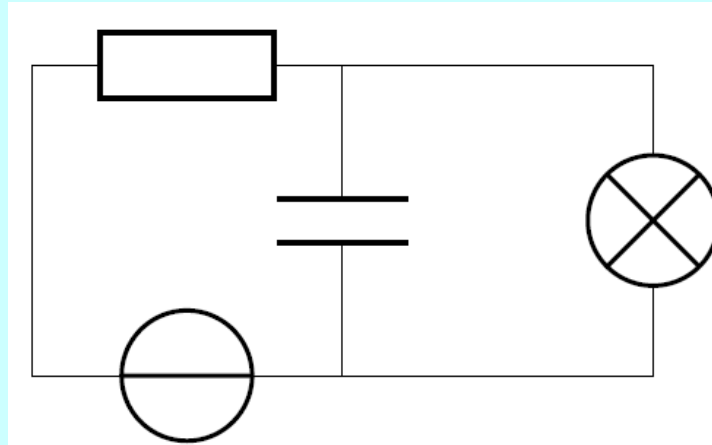
Appareils polarisés Ils ont une borne (+) (souvent rouge) et une borne (-) (souvent bleue ou verte) de polarités indépendantes du sens du courant. Exemple : piles et accumulateurs. L'intensité qui les traverse peut être positive ou négative. Ainsi, ils fonctionnent en électromoteurs si le sens conventionnel du courant sort par la borne (+), et en contre-électromoteur si le sens conventionnel du courant sort par la borne (-).

Appareils non polarisés En l'absence de courant, ils sont aussi appelés récepteurs véritables. Exemples : moteurs, électrolyseurs. Ils se polarisent si un courant les traverse, et ne fonctionnent qu'en électromoteurs.

Nœuds et mailles d'un circuit:

Un réseau électrique est constitué d'un ensemble de dipôles linéaires ; ceux-ci sont reliés par des fils de résistance négligeable. Le réseau est formé de branches, reliées entre elles par des nœuds, et formant des mailles. L'ensemble est appelé graphe du réseau.

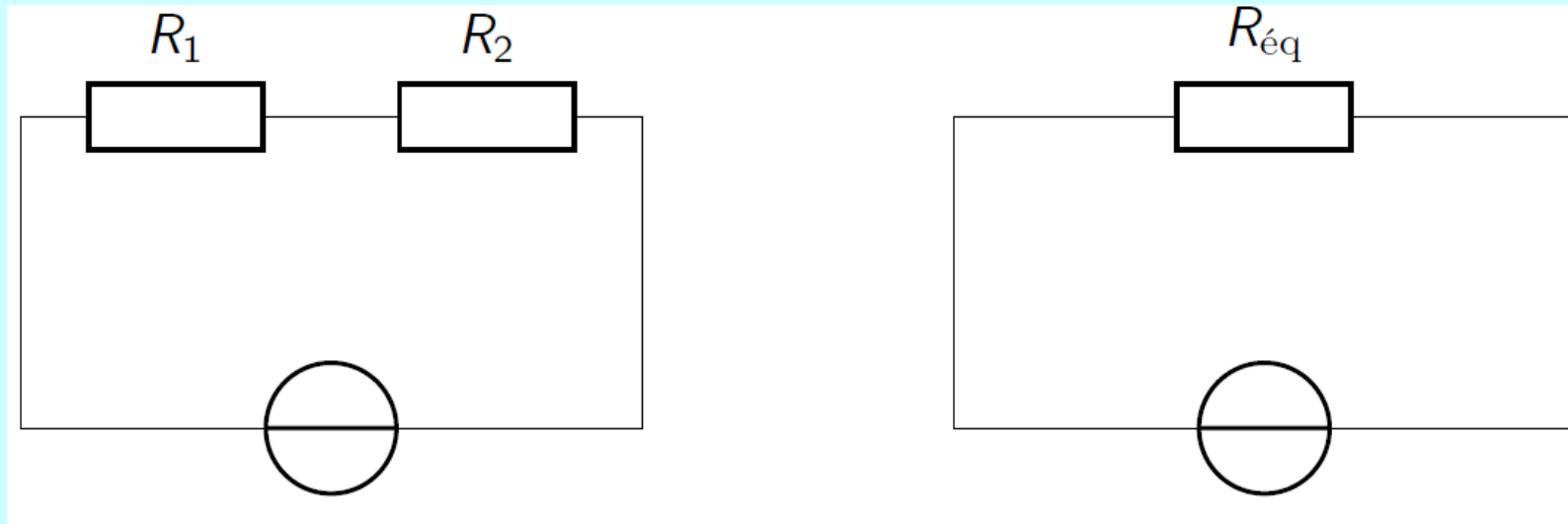
- plusieurs dipôles reliés en série constituent une branche ;
- un point du réseau relié à trois branches au moins est appelé nœud ;
- une maille est un parcours fermé, constitué de branches et ne passant qu'une seule fois par un nœud donné.



Unité 1: Électricité

Association en série, résistance équivalente:

Lorsque plusieurs composants sont placés sur une même branche du circuit, on dit qu'ils sont placés en série. Dans ce circuit par exemple, les deux résistances sont placées en série :



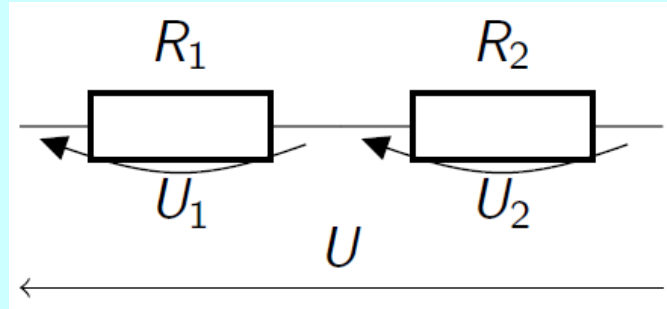
On peut représenter ces deux résistances comme une seule résistance équivalente. Dans le cas d'une association série, la résistance équivalente est égale à la somme des résistances :

$$R_{eq} = R_1 + R_2$$

Unité 1: Électricité

Association en série, pont diviseur de tension:

Plusieurs résistances associées en série constituent ce qu'on appelle un pont diviseur de tension.



Une chute de tension apparaît dans chacun des dipôles successifs. Cette chute de tension est proportionnelle à la tension appliquée au pont (U). Elle est proportionnelle à la résistance du dipôle, et inversement proportionnelle à la résistance totale du pont. Ici :

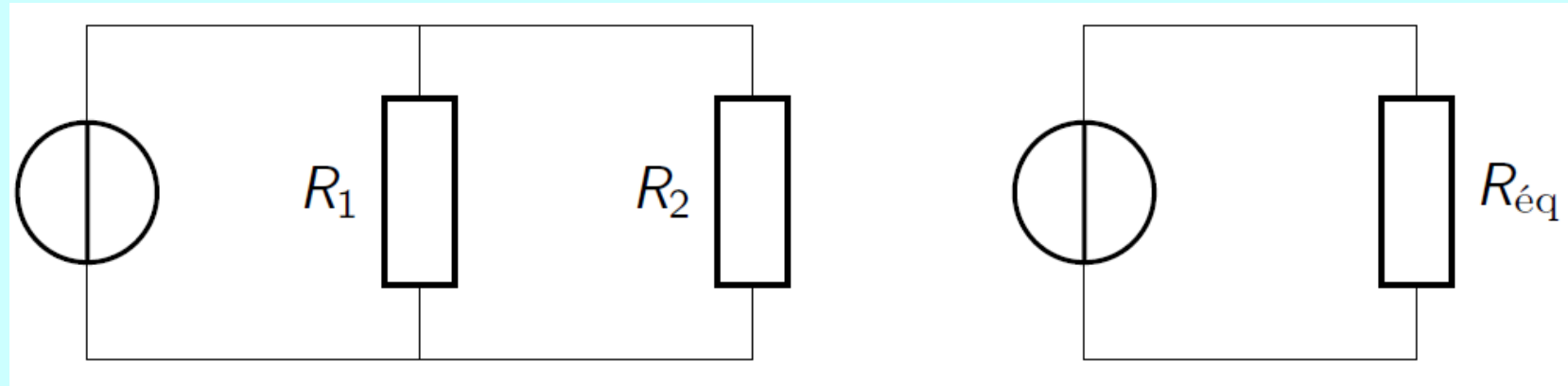
$$U_1 = U \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} ; U_2 = U \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Remarque : $U_1 + U_2 = U$

Unité 1: Électricité

Association en parallèle, résistance équivalente:

Lorsque des composants sont placés sur des branches du circuit reliant deux mêmes nœuds, on dit qu'ils sont placés en parallèle, ou en dérivation. Ici, deux résistances placées en parallèle :



On peut représenter ces deux résistances comme une seule résistance équivalente. Dans le cas d'une association parallèle, la conductance équivalente est égale à la somme des conductances :

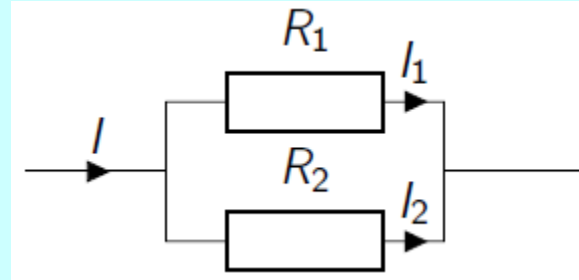
$$G_{eq} = G_1 + G_2 \Leftrightarrow \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

où la conductance G est l'inverse de la résistance : $G = \frac{1}{R}$

Unité 1: Électricité

Association en parallèle, pont diviseur de courant:

Plusieurs résistances associées en parallèle constituent ce qu'on appelle un pont diviseur de courant.



Le courant qui traverse chacune des branches est proportionnel au courant injecté dans le diviseur (I). Elle est proportionnelle à la résistance de l'autre branche, et inversement proportionnelle à la résistance totale du pont :

$$I_1 = I \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} ; I_2 = I \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

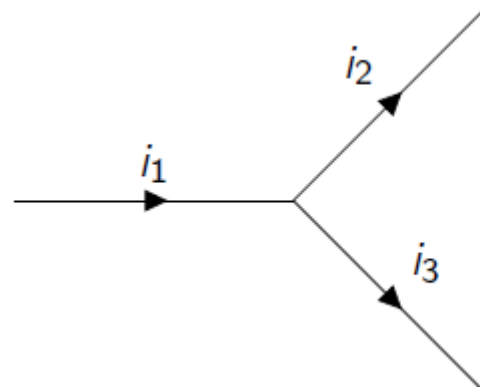
Remarque : $I_1 + I_2 = I$

Lois des nœuds:

Loi des nœuds:

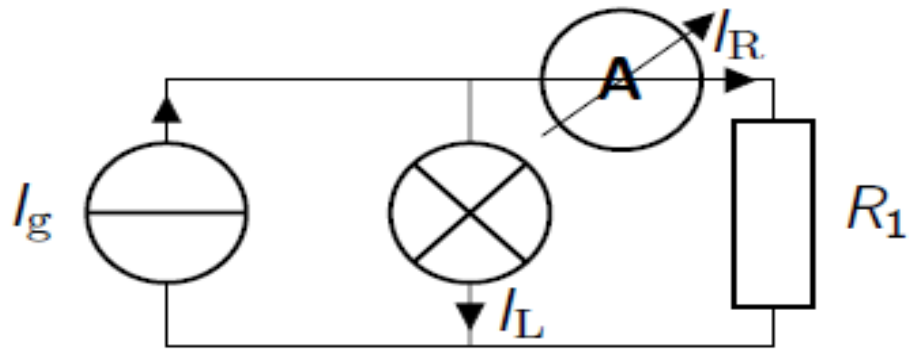
La somme algébrique des courants entrant dans un nœud est égale à la somme algébrique des courants qui en sortent.

Cette loi exprime la conservation de la charge dans un circuit électrique.



$$i_1 = i_2 + i_3$$

Loi des nœuds : exemple d'application:



Une lampe et une résistance R_1 sont branchées en parallèle sur un générateur de courant, délivrant une intensité $I_g = 0,5 \text{ A}$. Un ampèremètre mesure le courant $I_R = 0,3 \text{ A}$ traversant la résistance.

Comment trouver I_L ?

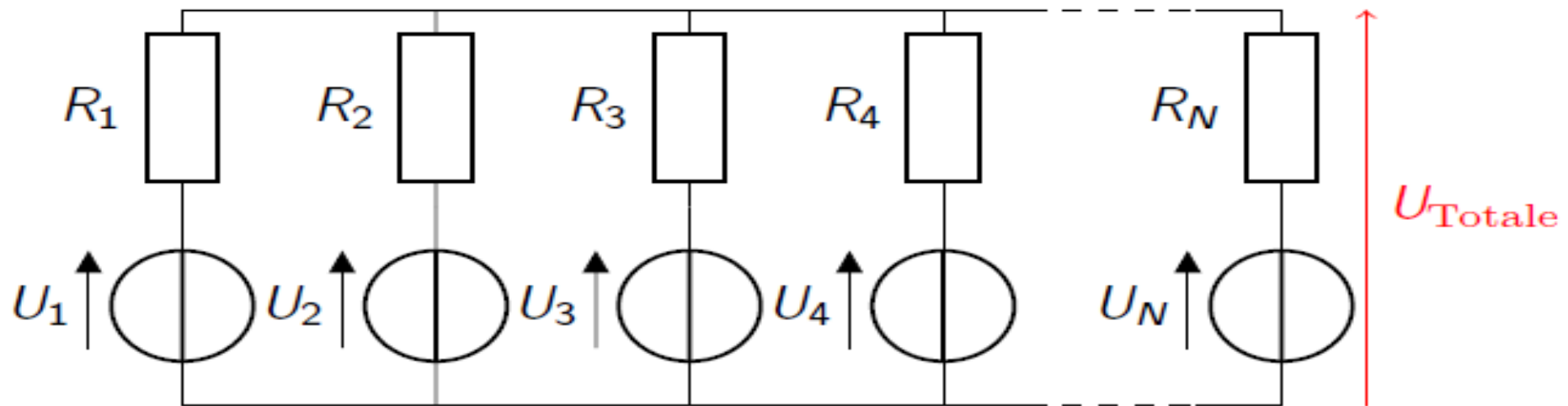
Appliquons la loi des nœuds au point A :

$$I_g = I_R + I_L \Rightarrow I_L = I_g - I_R$$

$$I_L = 0,2 \text{ A}$$

Théorème de Millman:

Considérons N branches parallèles, comprenant chacune un générateur de tension parfait en série avec une résistance :



La tension aux bornes des branches vaut alors :

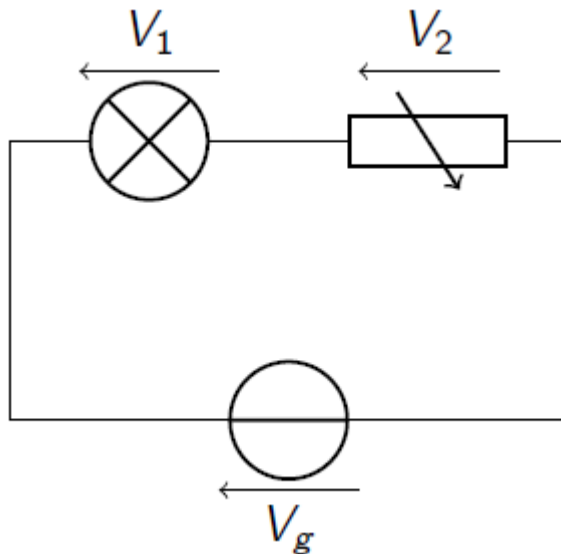
$$U_{\text{Totale}} = \frac{\sum_{n=1}^N U_n G_n}{\sum_{n=1}^N G_n}$$

Lois des mailles:

Loi des mailles

La somme algébrique des différences de potentiel le long d'une maille d'un circuit est nulle.

Cette loi exprime la conservation de l'énergie dans un circuit électrique. Une des conséquences de la loi des mailles est la suivante : dans un circuit série, la somme des chutes de tension entre les bornes des résistances est égale à la tension appliquée.

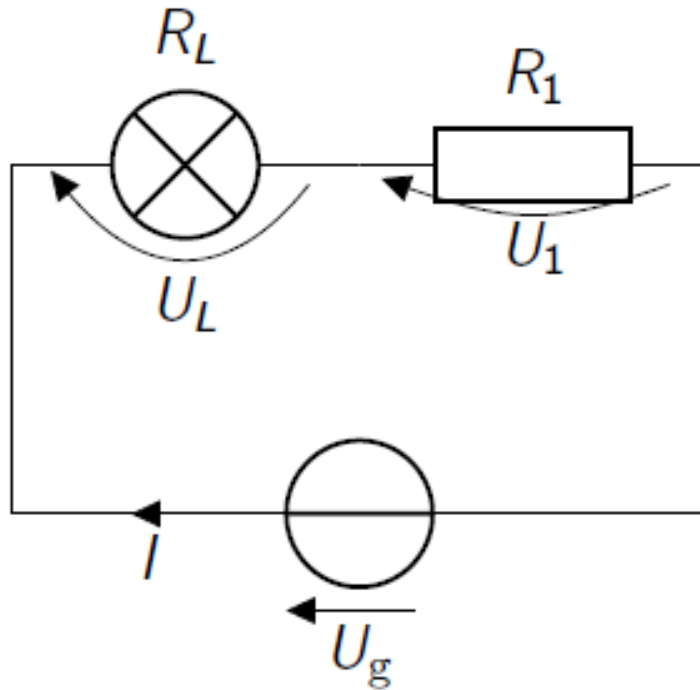


$$U_1 + U_2 = U_g$$

U_g est la tension appliquée aux bornes du générateur, U_1 et U_2 les chutes de tension aux bornes de la lampe et du potentiomètre.

Unité 1: Électricité

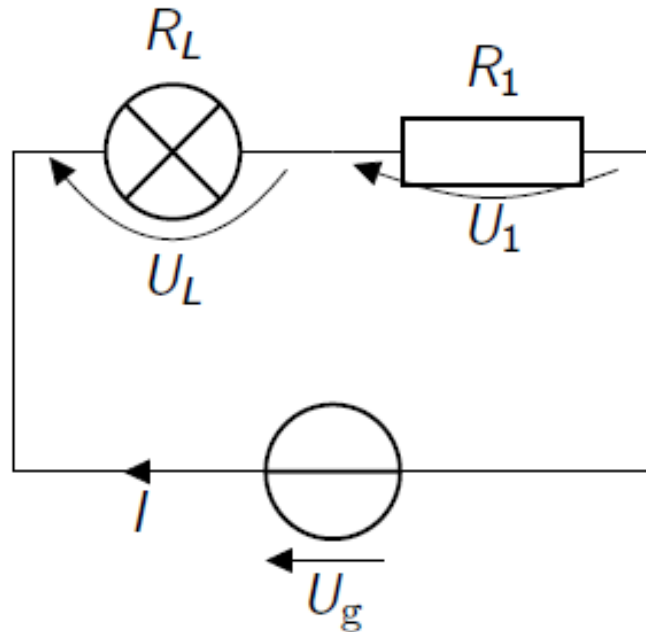
Loi des mailles : exemple d'application



Une lampe de résistance R_L et une résistance R_1 sont branchées en série sur un générateur de tension, délivrant une tension $U_g = 12\text{ V}$.
Comment calculer la chute de tension dans la lampe, U_L ?

Unité 1: Électricité

Loi des mailles : exemple d'application



Une lampe de résistance R_L et une résistance R_1 sont branchées en série sur un générateur de tension, délivrant une tension $U_g = 12 \text{ V}$.

Comment calculer la chute de tension dans la lampe, U_L ?

La loi d'Ohm nous permet d'écrire $U_1 = R_1 I$ et $U_L = R_L I$.

Par conséquent : $U_1 = \frac{U_L R_1}{R_L}$

Appliquons la loi des mailles sur l'unique maille du circuit : $U_g = U_L + U_1 = U_L + \frac{U_L R_1}{R_L} = \frac{R_1 + R_L}{R_L} U_L$.

D'où nous tirons finalement :

$$U_L = \frac{R_L}{R_1 + R_L} U_g$$

Théorème de superposition

Théorème de superposition

Dans un réseau électrique linéaire, le courant (ou la tension) dans une branche quelconque est égal à 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 ayant été remplacées par leur résistance interne.

L'énoncé de ce théorème est à connaître par cœur.

Théorème de Thévenin

Théorème de Thévenin

On peut remplacer tout circuit linéaire, qui alimente par les bornes A et B un dipôle D , par un générateur de tension idéal en série avec une résistance R_{Th} .

La fem E_{Th} du générateur est égale à la ddp mesurée entre A et B quand le dipôle D est débranché.

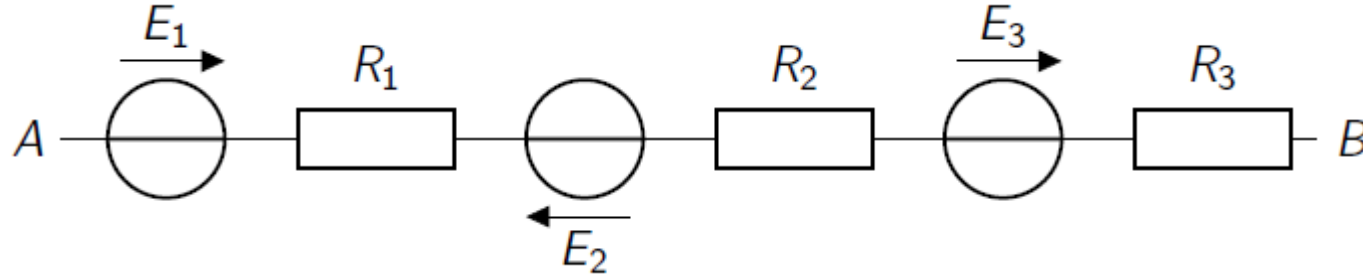
La résistance R_{Th} est égale à la résistance mesurée entre A et B quand le dipôle D est débranché et que les générateurs sont remplacés par leurs résistances internes.

L'énoncé de ce théorème est à connaître par cœur.

Le théorème de Thévenin est à privilégier lorsqu'on s'intéresse à des dipôles en série.

Théorème de Thévenin : exemple d'application

Déterminer l'équivalent de Thévenin du « dipôle » AB :



1^{re} étape:

Lorsque le dipôle AB est débranché, à vide, le courant est nul : $I = 0$.

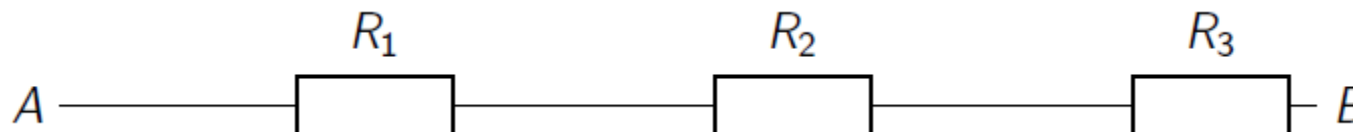
La force électromotrice totale aux bornes du dipôle vaut alors :

$$E_{Th} = E_1 - E_2 + E_3$$

Théorème de Thévenin : exemple d'application

2^{ème} étape:

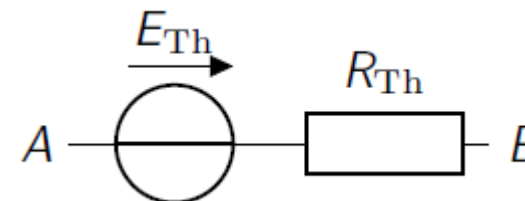
Lorsque les générateurs E_1 , E_2 et E_3 sont remplacées par leurs résistances internes (qui sont nulles pour des générateurs de tension idéaux), on obtient le graphe suivant :



La résistance équivalente de ces résistances placées en parallèle vaut $\mathbf{R_{Th} = R_1 + R_2 + R_3}$.

Bilan

Le graphe AB est équivalent au dipôle de Thévenin suivant :



Avec $R_{Th} = R_1 + R_2 + R_3$ et $E_{Th} = E_1 - E_2 + E_3$.

Théorème de Norton

Théorème de Norton

On peut remplacer tout circuit linéaire, qui alimente par les bornes A et B un dipôle D , par un générateur de courant idéal en parallèle avec une résistance R_N .

L'intensité I_N du générateur est égale au courant de court-circuit entre A et B quand le dipôle D est débranché.

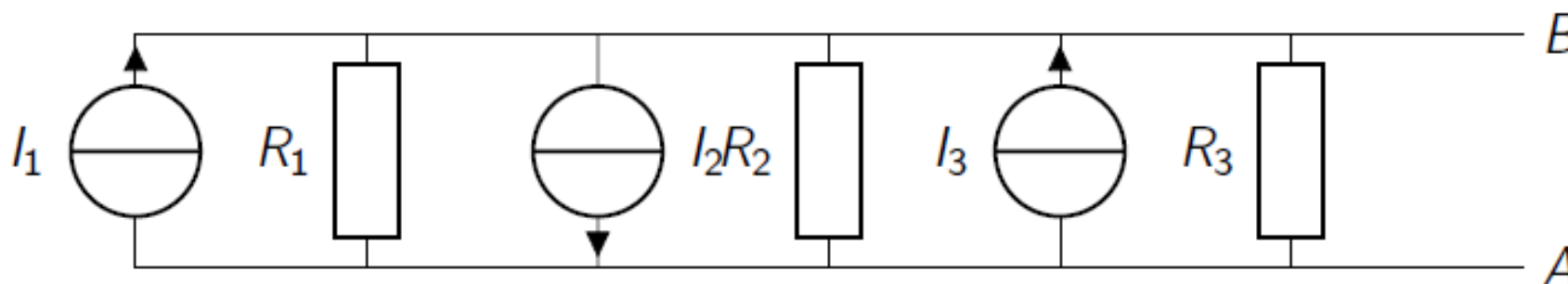
La résistance R_N est égale à la résistance mesurée entre A et B quand le dipôle D est débranché et que les générateurs sont remplacés par leurs résistances internes.

L'énoncé de ce théorème est à connaître par cœur.

Le théorème de Norton est à privilégier lorsqu'on s'intéresse à des dipôles en parallèle.

Théorème de Norton : exemple d'application

Déterminer l'équivalent de Norton du « dipôle » AB :



1^{re} étape:

Lorsqu'on place les pôles A et B en court-circuit, la tension aux bornes du dipôle est nulle. Il n'y a donc aucun courant à travers les trois résistances du circuit.

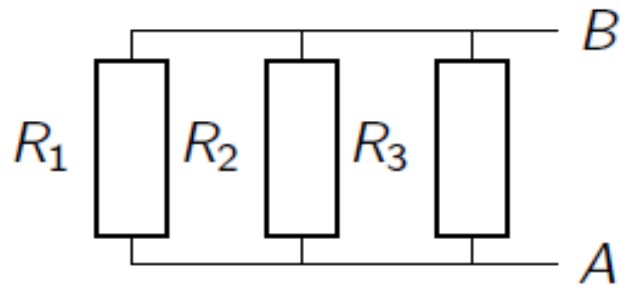
Le courant de court-circuit est donc égal à :

$$I_N = I_1 + I_2 + I_3$$

Théorème de Norton : exemple d'application

2^{ème} étape:

Lorsque les trois générateurs de courant idéaux sont remplacés par leurs résistances internes (qui sont infinies pour des générateurs de courant idéaux), on obtient le graphe :

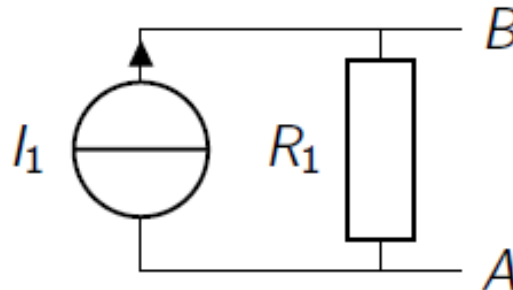


R_N est équivalente aux trois résistances R_1 , R_2 et R_3 , placées en parallèle :

$$\frac{1}{R_N} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1}$$

Bilan

Le dipôle équivalent de Norton est donc le suivant :



avec $I_N = I_1 + I_2 + I_3$
et $R_N = (R_1^{-1} + R_2^{-1} + R_3^{-1})^{-1}$.

Conversion Thévenin-Norton

Il est possible de convertir un circuit de Thévenin en circuit de Norton, et ce de manière simple.

Pour passer de Thévenin à Norton, on écrit :

$$R_N = R_{Th}, \quad I_N = E_{Th}/R_{Th}$$

Pour passer de Norton à Thévenin, on écrit :

$$R_{Th} = R_N, \quad E_{Th} = I_N R_N$$

À retenir :

- ✓ la résistance équivalente n'est pas modifiée ;
- ✓ la tension de Thévenin est reliée à l'intensité de Norton par une formule semblable à la loi d'Ohm.