



Université Internationale
de Casablanca

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

Nous innovons pour votre réussite !

Electricité et électromagnétisme

Chapitre 3

Régime continu : composants électriques, lois de kirchhoff, pont de wheatstone,
Régime sinusoïdale : calcul des impédances

Courant électrique.

Nature du courant.

Intensité du courant.

Représentation de l'intensité.

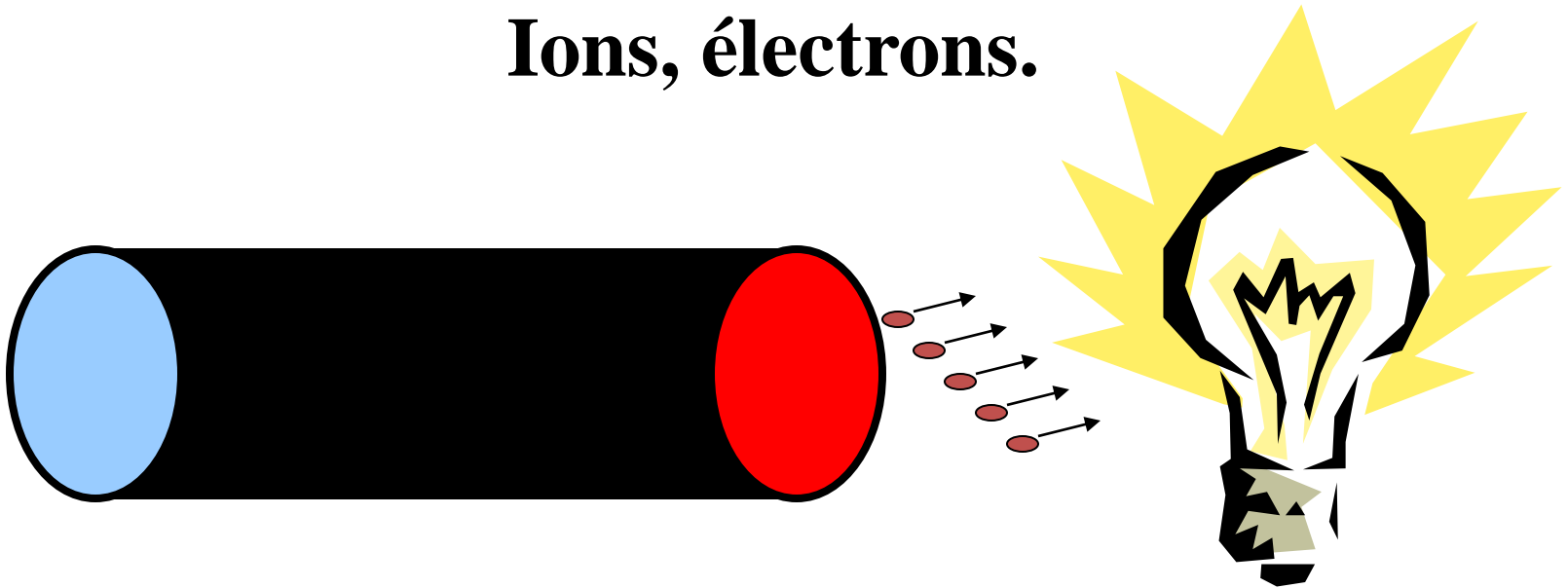
Mesure de l'intensité.

Loi des nœuds.

Nature du courant.

Le courant électrique est un déplacement de charges électriques dans la matière.

Ions, électrons.



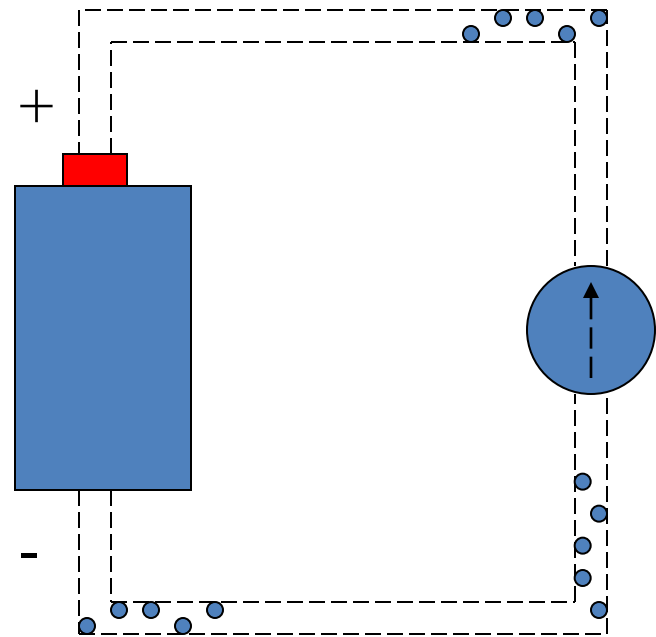
Circulation des électrons.

Les électrons chargés
négativement circulent

:

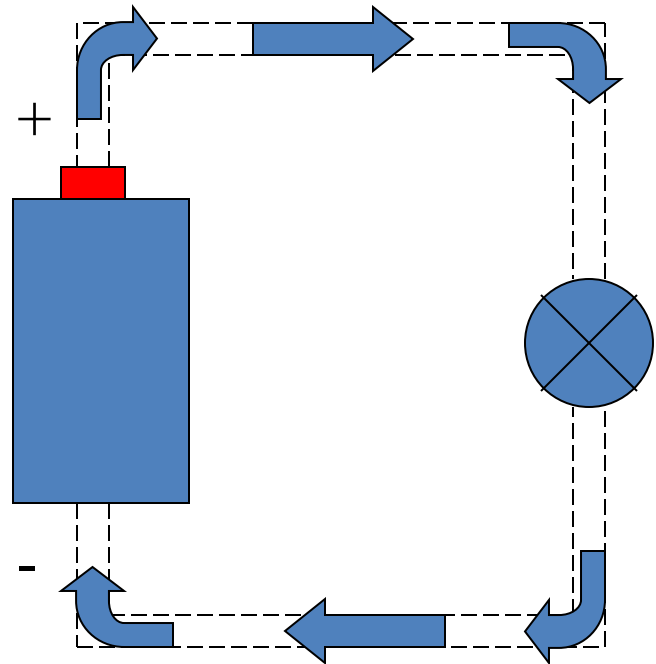
de la borne –
vers la borne +

du générateur.



Courant électrique

Le sens de circulation conventionnel du courant électrique est de la borne + vers la borne - du générateur.



Quantité d'électricité

**L'unité de charge électrique est le
COULOMB (C).**

**La charge d'un électron est de :
- $1,6 \times 10^{-19}$ C.**

INTENSITÉ DU COURANT.

L' intensité du courant est le quotient de la quantité d' électricité Q par la durée t de passage du courant.

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

- *I en ampères.*
- *Q en coulombs.*
- *t en secondes.*

*L'unité d'intensité est
I'AMPÈRE (A).*

Multiples :

Le Kilo ampère : $1\text{kA} = 10^3 \text{ A}$.

Sous-multiples :

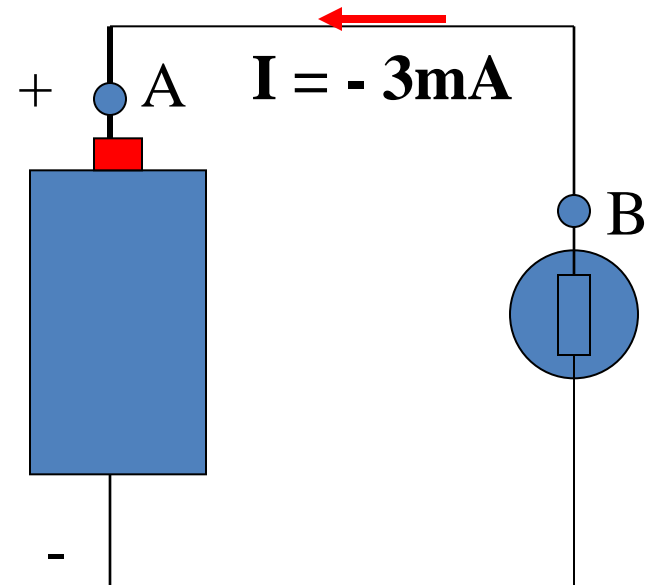
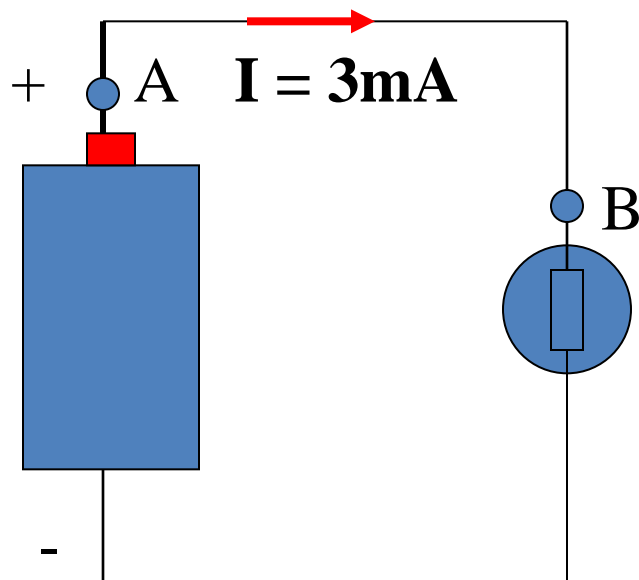
Le milliampère : $1\text{mA} = 10^{-3} \text{ A}$.

Le microampère : $1\mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$.

Le nanoampère : $1\text{nA} = 10^{-9} \text{ A}$.

Représentation d'un même courant électrique

Deux manières de représenter un courant de 3 mA circulant de A vers B.



Représentation de l'intensité.

Le courant électrique est représenté sur les schémas par une flèche qui n'indique pas forcément son sens réel.

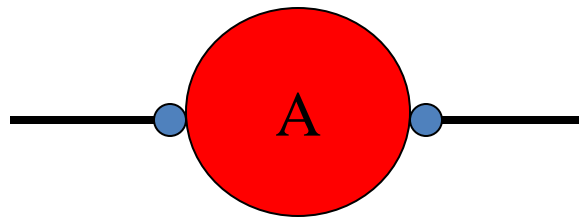
**L'intensité du courant est une grandeur algébrique ;
sa valeur est :**

- positive lorsque le courant circule dans le sens de la flèche.**
- négative dans le cas contraire.**

Utilisation de l' ampèremètre.

**L' intensité se mesure avec un ampèremètre
placé en série dans le circuit.**

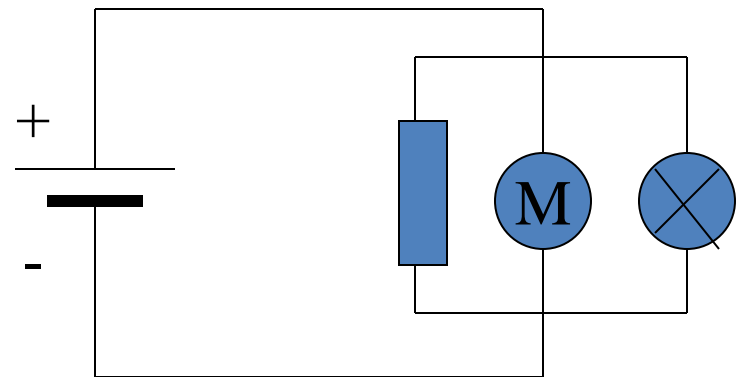
Symbole de l' ampèremètre.



Définition d'un nœud et analyse.

Un nœud est un point de circuit où aboutissent plusieurs conducteurs.

La somme des courants arrivant à un nœud est égale à la somme des courants qui en partent.



Récapitulons.

**Le circuit étudié comporte deux nœuds : N_1
et N_2 .**

**I est le courant principal, I_1 , I_2 et I_3 sont les
courants dérivés.**

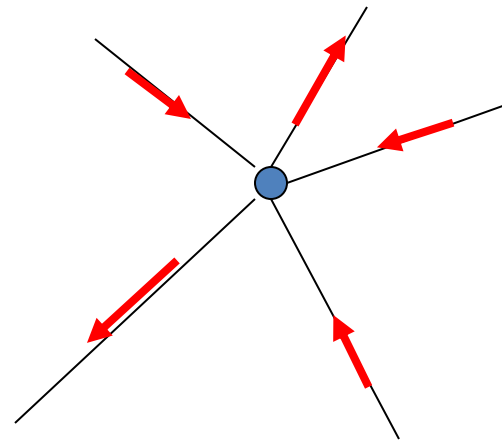
**Les intensités des courants vérifient la
relation : $I = I_1 + I_2 + I_3$.**

Loi des Nœuds.

*Plus généralement,
la somme des
courants arrivant à
un nœud est égale à
la somme des
courants qui en
partent.*

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

- **Exemple de Nœud**



Potentiels - Tensions.

Différence de potentiel.

Représentation de la tension.

Potentiel de référence.

Mesure des tensions.

Loi des mailles.

Ordres de grandeur des tensions.

Différence de potentiel.

Le potentiel d' un point caractérise son niveau électrique il s' exprime en VOLTS (V).

La circulation du courant électrique entre deux points d' un circuit est due à une différence de potentiel entre ces deux points.

La différence de potentiel est aussi appelée tension elle s' exprime en VOLTS (V).

Représentation de la tension.

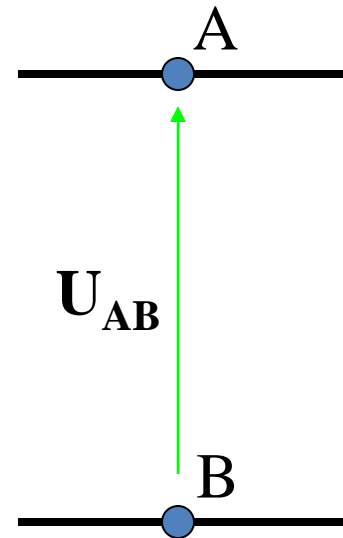
La tension entre deux points A et B est notée

$$U_{AB}.$$

U_A est le potentiel du point A, U_B celui du point B.

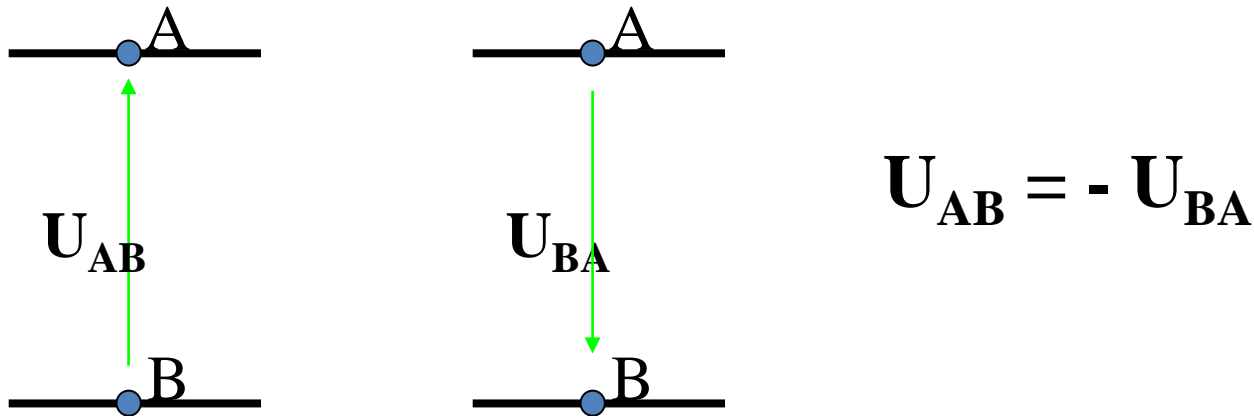
$$U_{AB} = U_A - U_B.$$

U_A en volts ; U_B en volts ; U_{AB} en volts.



U -> Grandeur Algébrique.

La tension est une grandeur algébrique représentée par une flèche.



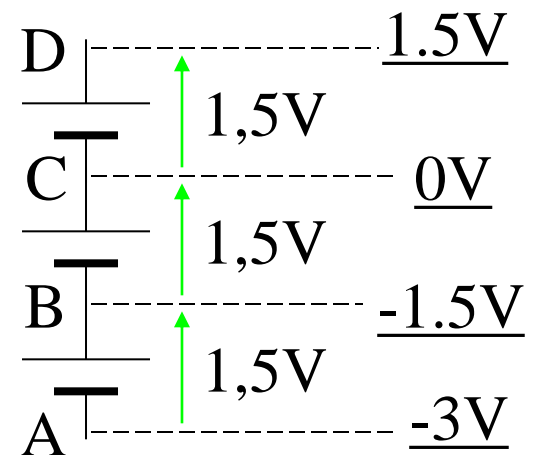
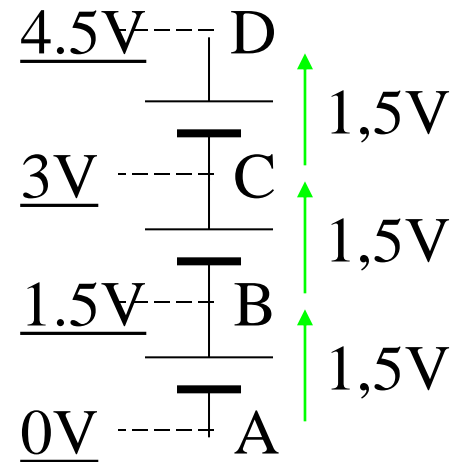
Potentiel de référence.

Le potentiel d'un point n'est pas mesurable, c'est un nombre qui dépend du point choisi comme potentiel zéro ou potentiel de référence.

Potentiel en différents points.

Les tensions aux bornes des piles sont toujours les mêmes.

Par contre, les potentiels soulignés dépendent du point de référence.



Exemple :

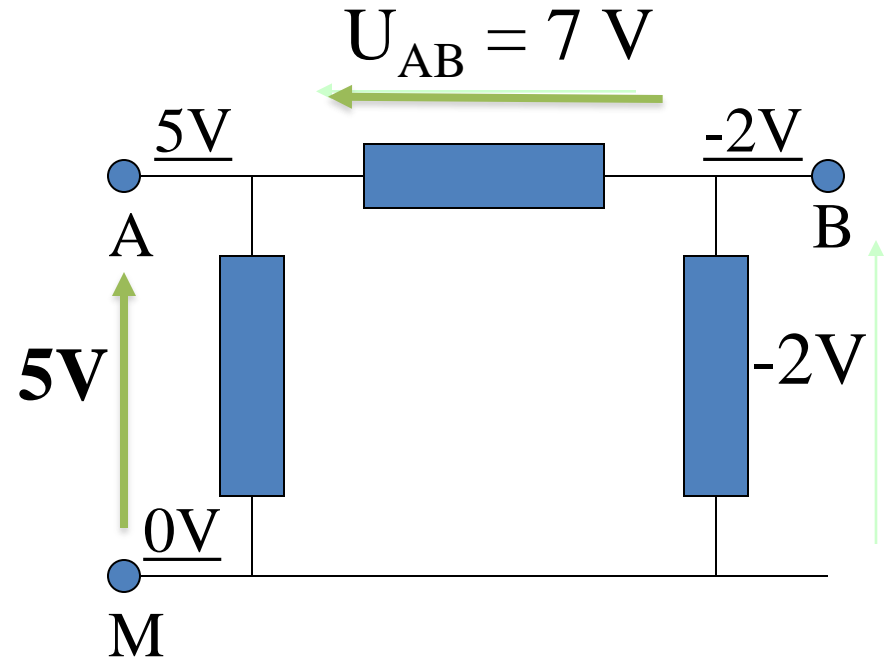
Dans la figure ci-contre :

$$U_{AB} = U_A - U_B.$$

$$U_{AM} = U_A - U_M.$$

$$U_{BM} = U_B - U_M.$$

Calculez les potentiels.

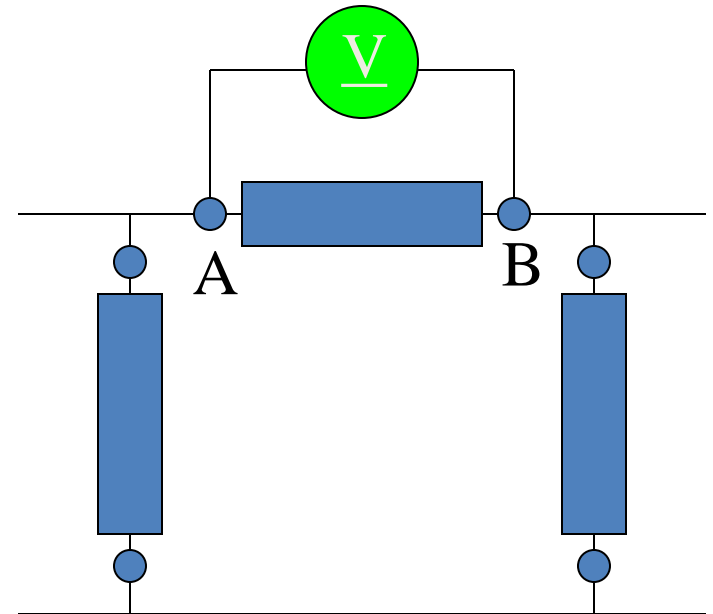


MESURE DES TENSIONS

*La tension se mesure
avec un VOLTMÈTRE.*

*Le voltmètre se monte
en dérivation sur le
circuit.*

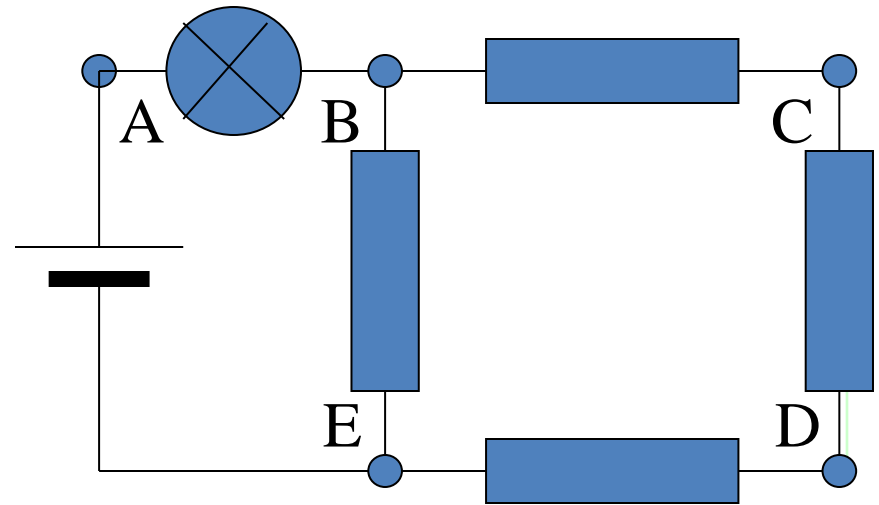
*Placer un voltmètre
mesurant U_{AB} .*



LOI DES MAILLES.

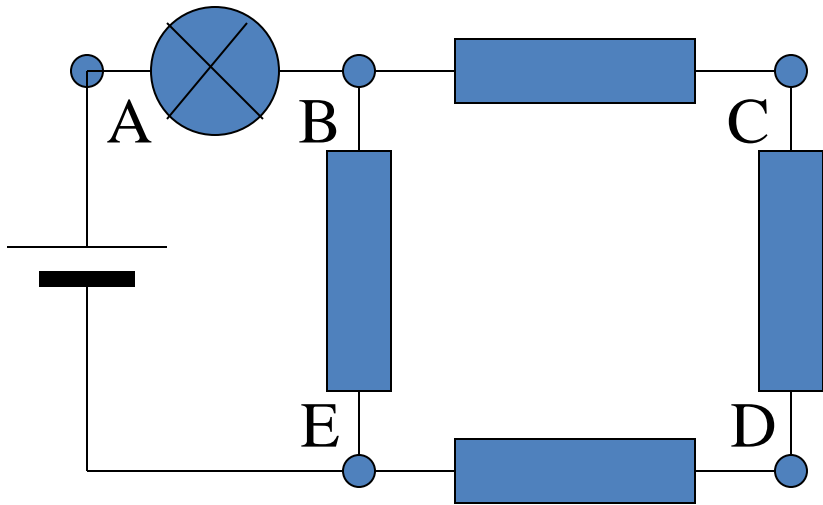
Un circuit fermé est une maille.

*Dans le montage, on peut définir 3 mailles :
ABE; BCDE; ABCDE.*



- La somme algébrique des tensions rencontrées en parcourant une maille est nulle.

Étude de la maille ABEA.



- $$U_{AB} + U_{BE} + U_{EA} = 0 \text{ V}$$
- *Une des tension de cette maille peut s'écrire :*
- $$U_{AE} = U_{AB} + U_{BE}$$

Dipôles.

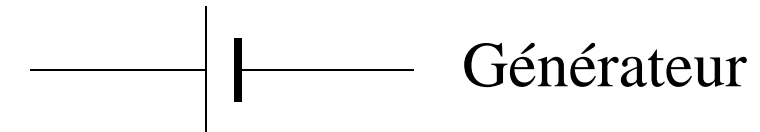
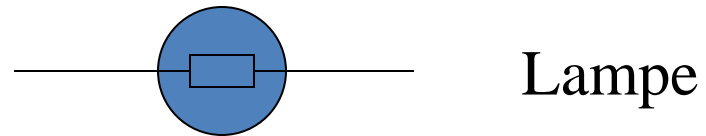
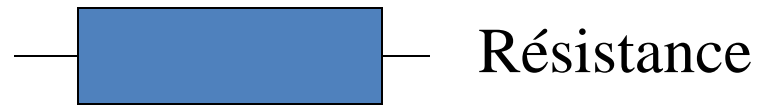
Définition.

Caractéristiques d' un dipôle.



Définition d'un dipôle.

Un dipôle est une portion de circuit comprise entre deux bornes (pôles).



Caractéristique d'un dipôle.

Dipôle passif.

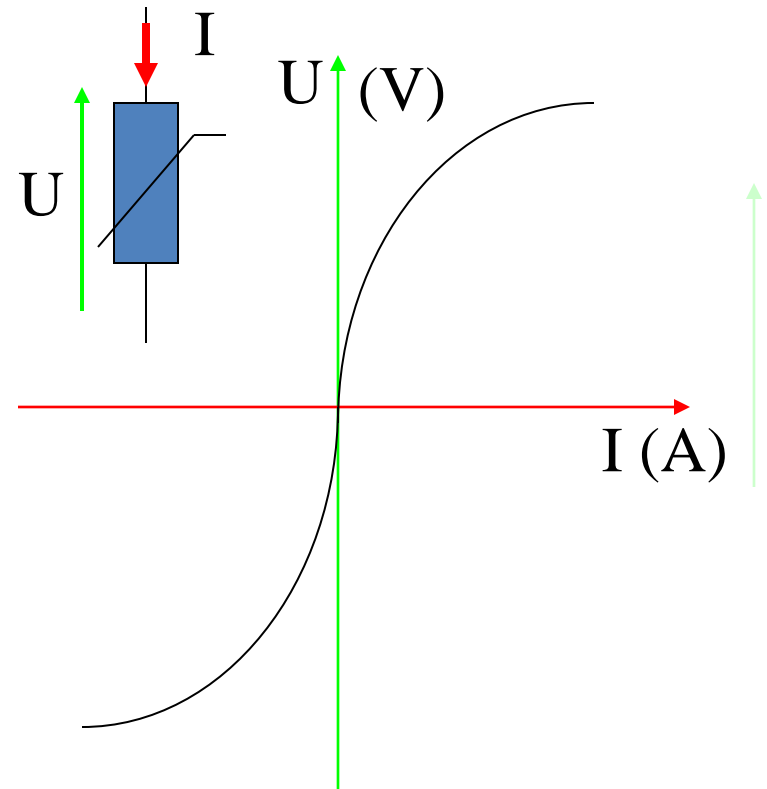
Dipôle actif.

Dipôle linéaire.

Dipôle non-linéaire.

Dipôle symétrique (non polarisé).

Dipôle polarisé.



Dipôle passif, dipôle actif

Un **dipôle passif** est un dipôle qui consomme de l'énergie électrique et qui transforme toute cette énergie en chaleur.

Exemple : résistance, ampoule ...

Autrement, on parle de **dipôle actif**.

Exemple : pile, moteur électrique à courant continu .



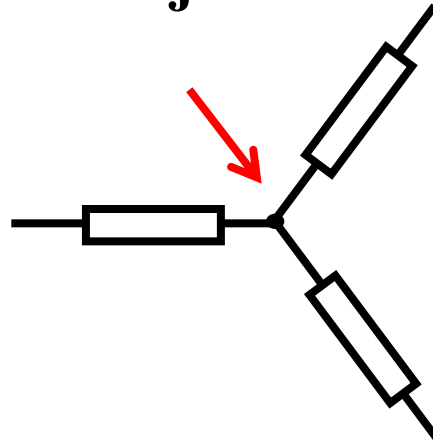
1- Lois de Kirchhoff

Le physicien allemand Gustav Kirchhoff a établi en 1845 deux lois qui fondent tous les calculs sur les circuits électriques.

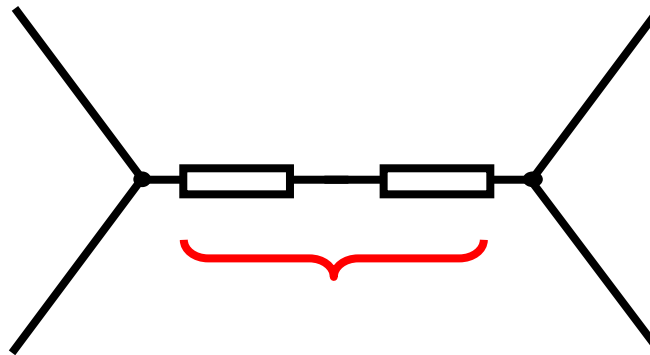
1- Kirchhoff : Définitions

Définitions:

Nœud : Un nœud est le **point de jonction** entre au moins trois fils de connexion

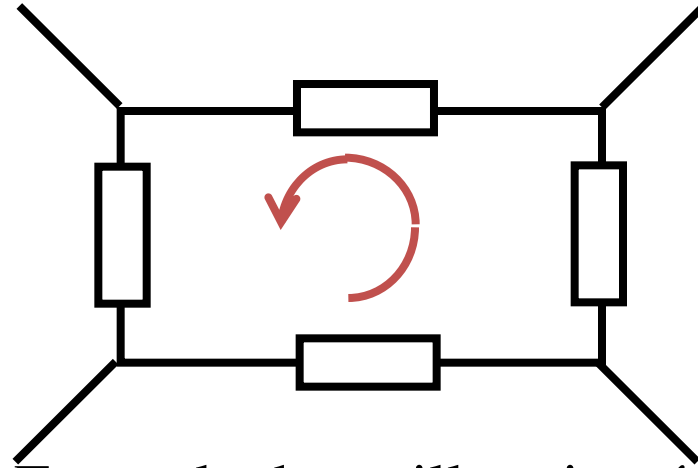


Branche: Une branche est un ensemble de dipôles montés en série entre deux nœuds



1- Kirchhoff : définitions

Maille: Une maille est un ensemble de branches formant un circuit fermé. On choisit une orientation sur chaque maille.



Exemple de maille orientée

Réseau: Un réseau, ou circuit, est un ensemble de composants reliés par des fils de connexion qui peut être analysé en terme de nœuds, branches et mailles.

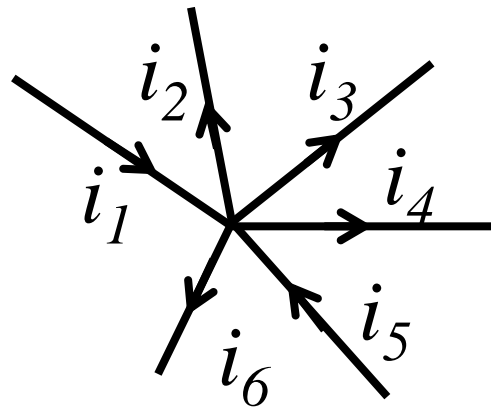
1- Kirchhoff : démonstration

Lois de Kirchhoff:

1°) La Loi des nœuds: C'est une conséquence de la conservation de la charge électrique.

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

Exemple:



$$i_1 + i_5 = i_2 + i_3 + i_4 + i_6$$

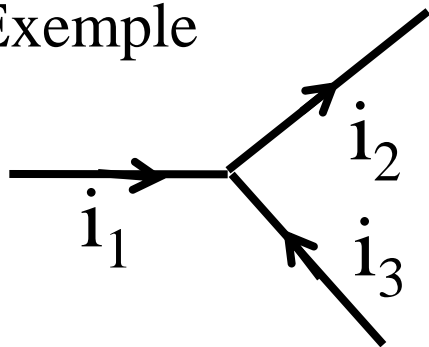
1- Kirchhoff : démonstration

Plus généralement la loi des nœuds s'écrit:

$$\sum \varepsilon_k i_k = 0$$

ε_k vaut +1 si le courant i_k aboutit au nœud et -1 s'il en repart.

Exemple



Dans ce cas la loi des nœuds s'écrira:

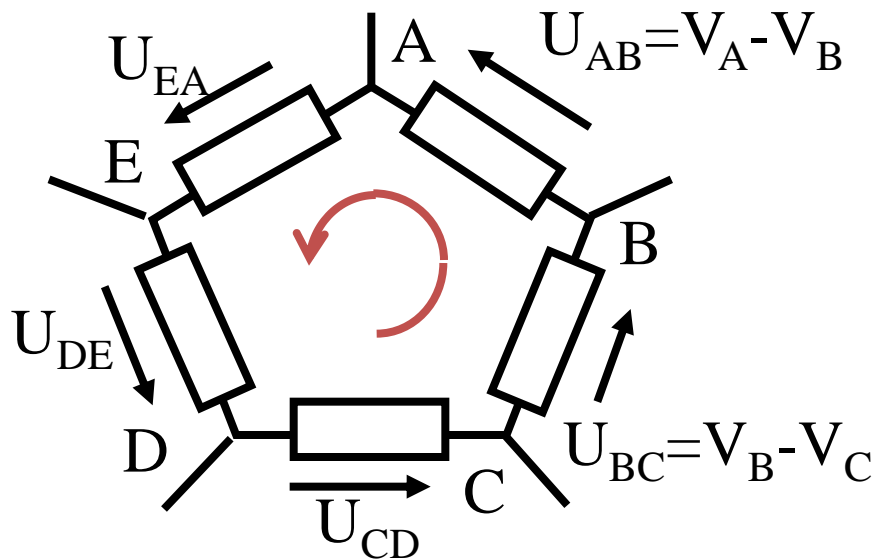
$$+ i_1 - i_2 + i_3 = 0$$

Remarque: on pourrait tout aussi bien utiliser la **convention** inverse et noter - les courants qui arrivent à un nœud et + les courants qui en partent, on obtiendrait la même équation!

1- Kirchhoff : démonstration

2°) La loi des mailles:

La somme des tensions aux bornes des différentes branches d'une maille parcourue dans un sens déterminé est nulle.



Démonstration:

$$U_{AB} + U_{BC} + \dots + U_{EA} = 0$$

$$(V_A - V_B) + (V_B - V_C) + \dots$$

$$(V_E - V_A) =$$

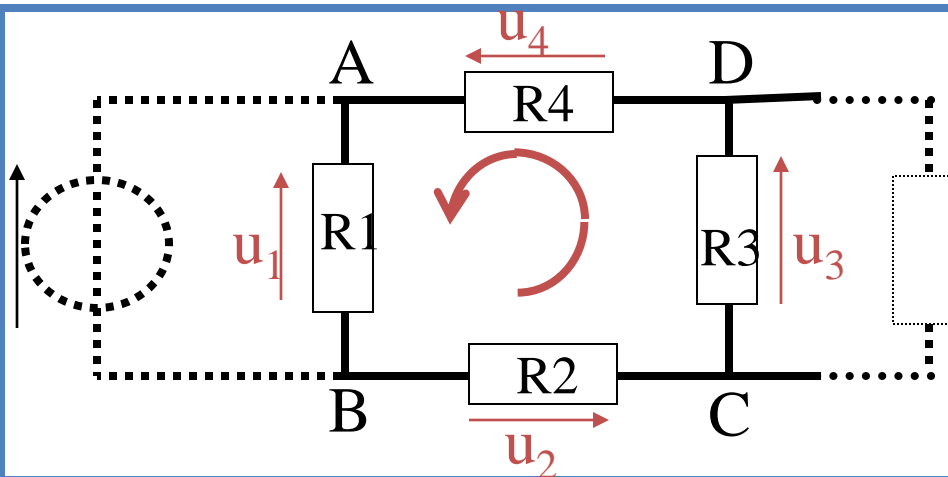
$$(V_A - V_A) = 0$$

1- Kirchhoff : démonstration

Plus généralement la loi des mailles s'écrit:

$$\sum \varepsilon_k u_k = 0$$

ε_k vaut +1 si la tension u_k est orientée dans le sens de la maille et -1 dans le cas contraire.



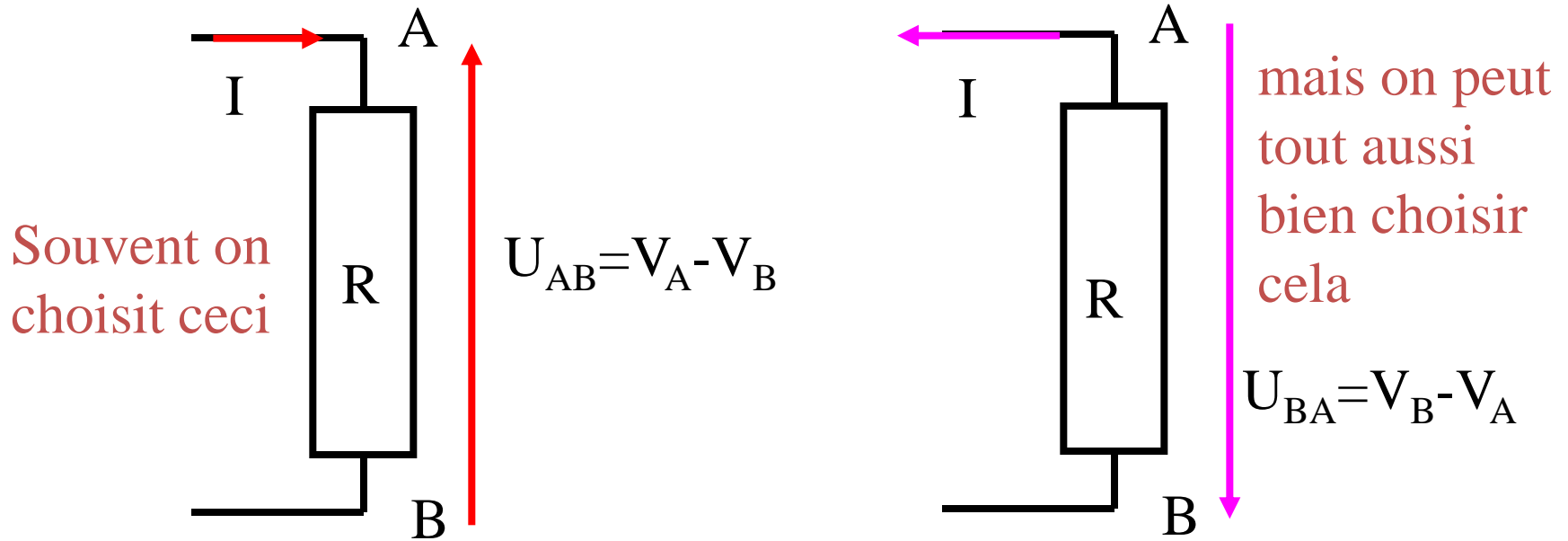
Considérons la maille ABCD orientée comme indiqué. La loi des mailles s'écrit:

$$-u_1 + u_2 + u_3 + u_4 = 0$$

Remarque: on peut tout aussi bien orienter la maille dans le sens inverse. Cela revient à changer tous les signes et le résultat est le même! C'est pour cela qu'on dit que l'orientation sur la maille est **choisie arbitrairement**.

1- Kirchhoff : applications

Quand le circuit n'est pas extrêmement simple, en général on ne peut pas savoir à priori quel sera le sens des courants et des tensions donc on **choisit** un sens positif à partir duquel **les courants et tensions sont comptés algébriquement**



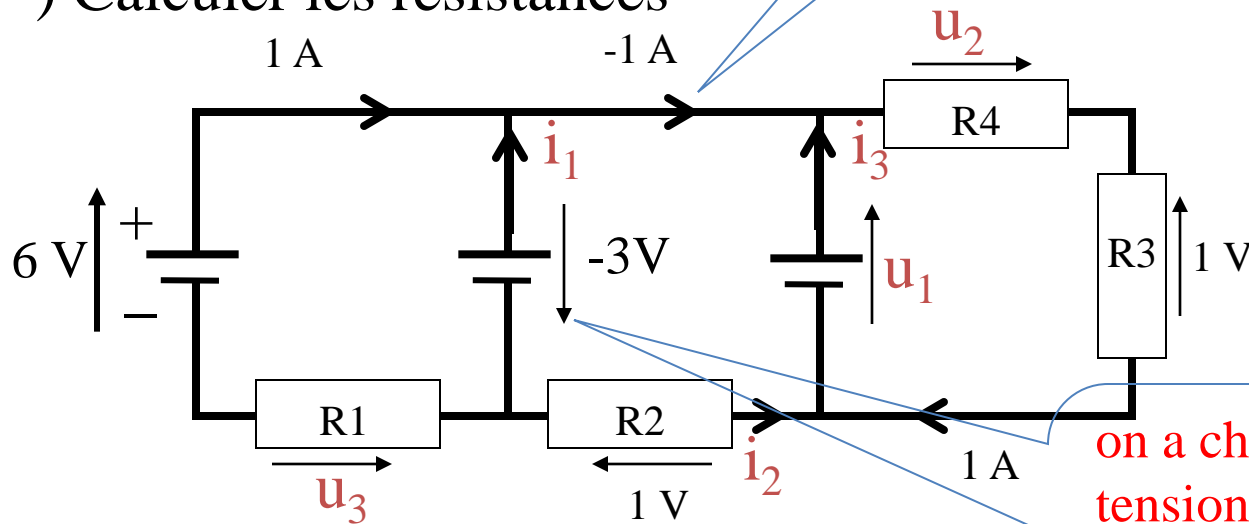
I sera compté positivement si le sens de I est le sens positif choisi ou négativement si le sens de I est l'opposé du sens positif choisi. Bien entendu, une fois qu'on a choisi le sens du courant dans une branche, le sens de la tension est fixé.

1- Kirchhoff exemple 1

Exemple 1:

- 1°) Déterminer les tensions u_1, u_2, u_3 .
- 2°) Déterminer les courants i_1, i_2, i_3 .
- 3°) Calculer les résistances

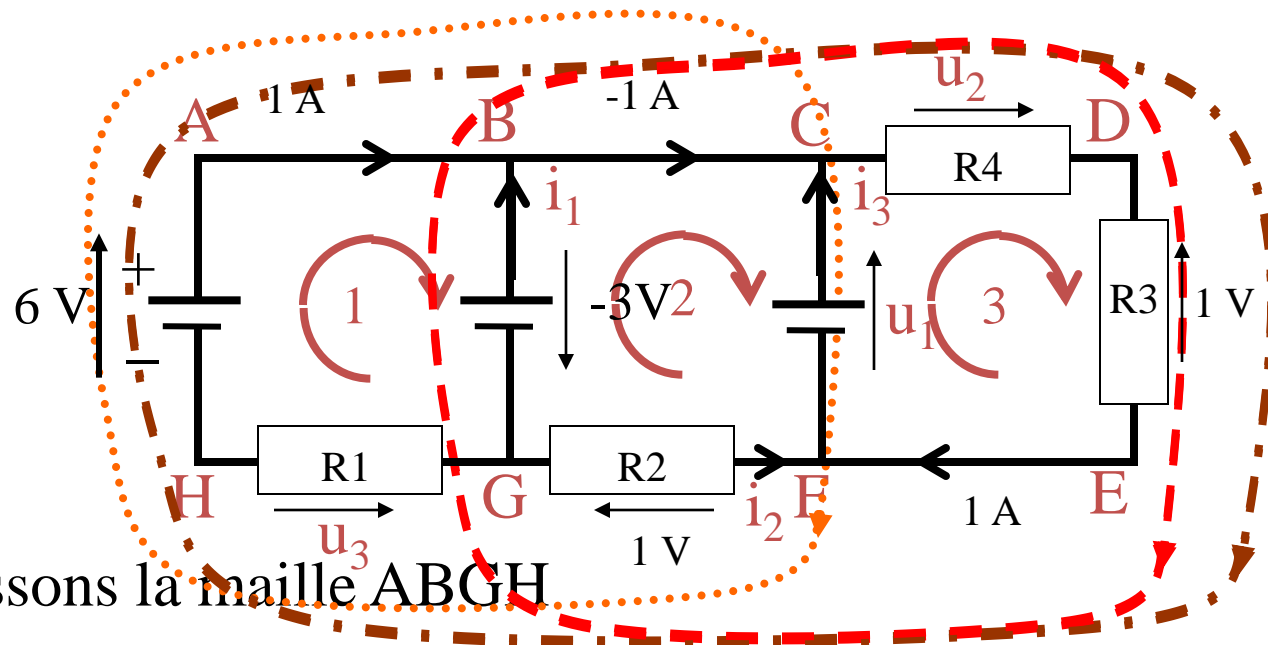
on a choisi d'orienter le courant dans ce sens , en réalité il circule dans l'autre sens donc signe moins



on a choisi d'orienter la tension dans ce sens , en réalité elle est dans l'autre sens donc signe moins

1- Kirchhoff exemple 1

on choisit les mailles de manière à ce que chaque branche soit contenue dans au moins une maille



Choisissons la maille ABGH

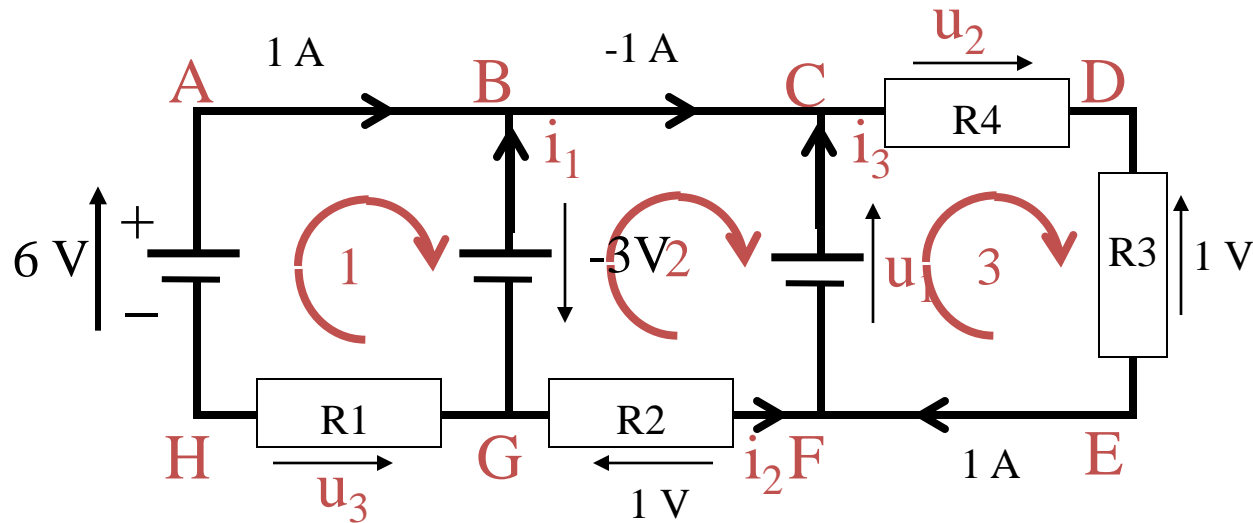
Ensuite on peut choisir la maille BCFG

Il reste encore une branche qui n'a pas été utilisée, maille CDEF

Il reste encore d'autres mailles possibles mais il ne faut pas les utiliser elles n'apportent aucune information et elles rendraient le calcul impossible!!

1- Kirchhoff exemple 1

1°) application de la loi des mailles: calcul des tensions u_1 , u_2 , u_3



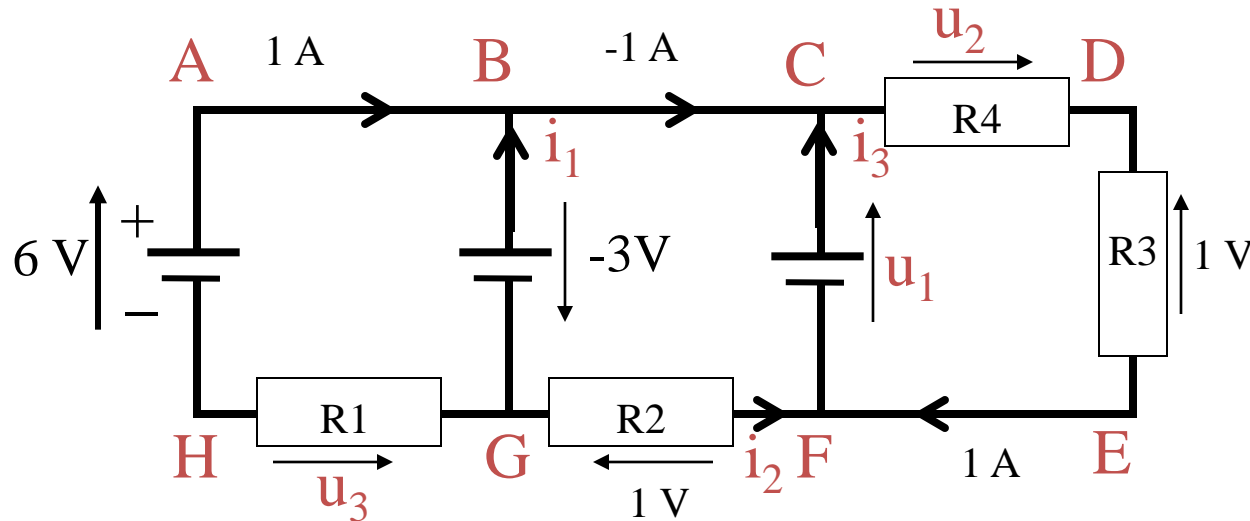
$$\text{Maille 1 ou [ABGH]: } 6 + (-3) - u_3 = 0 \quad \text{donc } u_3 = + 3\text{V}$$

$$\text{Maille 2 [BCFG]: } -(-3) - u_1 + 1 = 0 \quad \text{donc } u_1 = + 4\text{V}$$

$$\text{Maille 3 [CDEF]: } u_1 + u_2 - 1 = 0 \quad \text{donc } u_2 = - 3\text{V}$$

1- Kirchhoff exemple 1

2°) Application de la loi des nœuds: calcul des courants i_1 , i_2 , i_3 .



$$\text{Nœud B:} \quad +1 + i_1 - (-1) = 0 \quad i_1 = -2A$$

$$\text{Nœud C:} \quad -1 - (+1) + i_3 = 0 \quad i_3 = +2A$$

$$\text{Nœud F:} \quad +i_2 - i_3 + 1 = 0 \quad i_2 = +1A$$

3°) on a les courants et les tensions, on en déduit les résistances

$$R1 = 3\Omega \quad R2 = 1\Omega \quad R3 = 1\Omega \quad R4 = 3\Omega$$

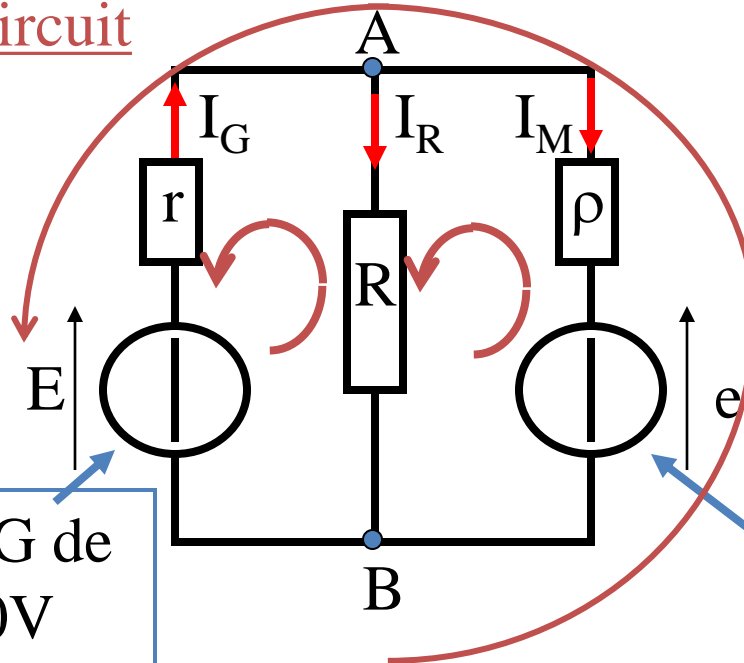
1- Kirchhoff exemple 2

Exemple 2:

Le réseau ci-contre comprend un générateur G de f.e.m $E=120\text{V}$ et de résistance interne $r=2\ \Omega$, un moteur de f.e.m. $e=100\text{V}$ et de résistance $\rho=10\ \Omega$, ainsi qu'une résistance $R=38\ \Omega$.

Calculer I_G , I_M et I_R , ainsi que la tension $U = V_A - V_B$.

Analyse du circuit

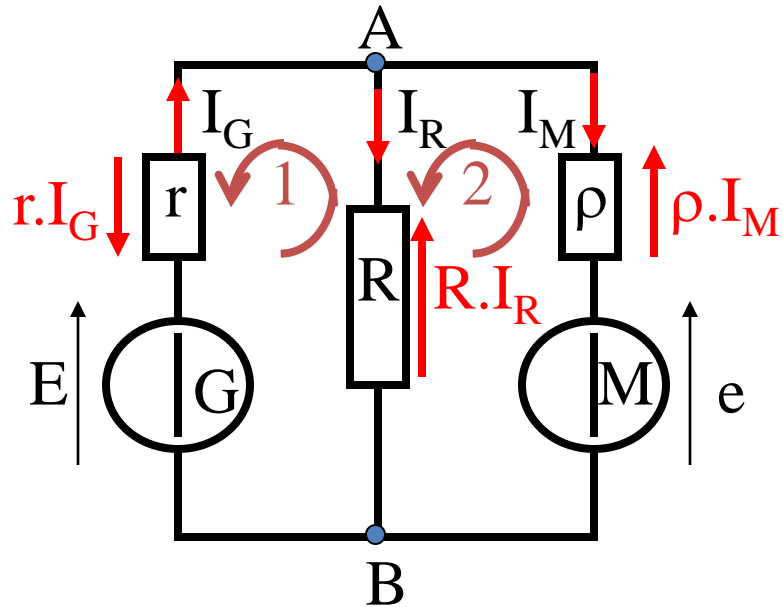


• Deux Nœuds
 ↻ Trois mailles
 — Trois branches
 → 3 courants à calculer donc il faut écrire 3 équations

Générateur G de f.e.m $E=120\text{V}$

Moteur M de f.c.e.m. $e=100\text{V}$.

1- Kirchhoff exemple 2

Mise en équation

Une équation de nœud:

nœud A: $I_G - I_R - I_M = 0$

Deux équations de maille:

Maille 1 [AGBRA]:

$$R \cdot I_R + r \cdot I_G - E = 0$$

Maille 2 [ARBMA]:

$$-R \cdot I_R + e + \rho \cdot I_M = 0$$

1- Kirchhoff exemple 2

Résolution du système d'équations

$$\begin{array}{rcl}
 I_G & -I_R & -I_M = 0 \\
 r \cdot I_G & +R \cdot I_R & +0 \cdot I_M = E \\
 0 \cdot I_G & -R \cdot I_R & +\rho \cdot I_M = -e
 \end{array}$$

$$I_G = \frac{
 \begin{vmatrix}
 0 & -1 & -1 \\
 E & R & 0 \\
 -e & -R & \rho
 \end{vmatrix}
 }{
 \begin{vmatrix}
 +1 & -1 & -1 \\
 r & R & 0 \\
 0 & -R & \rho
 \end{vmatrix}
 }$$

$$I_G = \frac{E(R + \rho) - eR}{\rho R + Rr + \rho r} = 4,117 \text{ A}$$

$$I_M = \frac{Er - e(R + r)}{\rho R + Rr + \rho r} = 1,176 \text{ A}$$

$$I_R = \frac{er + E\rho}{\rho R + Rr + \rho r} = 2,941 \text{ A}$$

U (pour chaque branche)

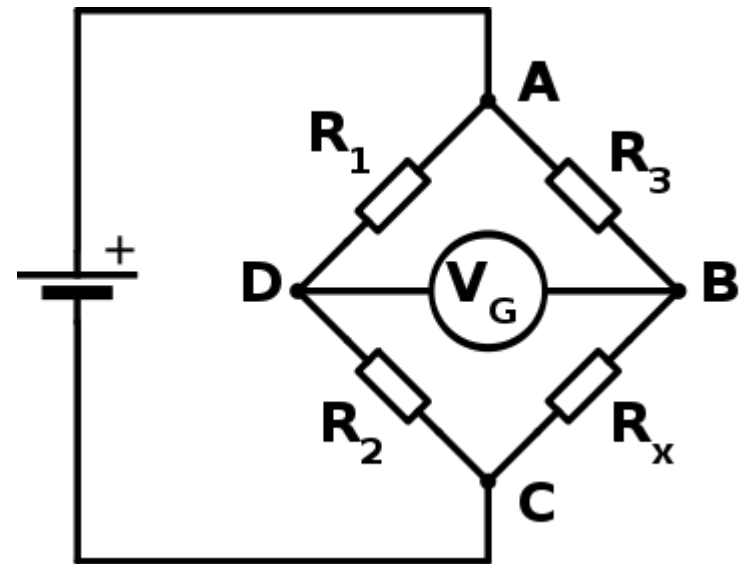
$$U = E - r \cdot I_G = R \cdot I_R = e + \rho \cdot I_M$$

$$U = 111,76 \text{ V}$$

1- Le pont de Wheatstone

Le pont de Wheatstone sert à mesurer des résistances de précision. Il est constitué d'une source à courant continu alimentant les points A et C, de 3 résistances de précision R_1 , R_2 , R_3 et d'un voltmètre.

R_x est la résistance à déterminer.



1- Le pont de Wheatstone

Le schéma en pont est alimenté entre deux points de la diagonale et un galvanomètre est placé dans l'autre diagonale.

Une de résistances peut varier, ici nous avons choisi R_3 .

Lorsqu'on branche la pile, le courant circule à travers chacune des résistances.

On ajuste alors R_3 jusqu'à ce que les points B et D atteignent le même potentiel ($I_{\text{galva}} = 0$).

1- Le pont de Wheatstone

Pour ajuster, on ferme l'interrupteur et le galvanomètre ne doit pas dévier.

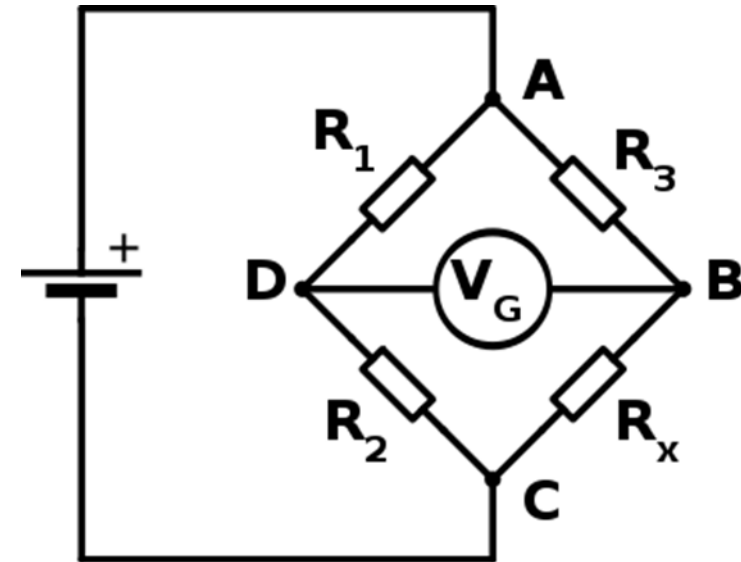
Le pont est équilibré.

$$U_{AB} = U_{AD} \quad \text{et} \quad U_{BC} = U_{DC}$$

$$\Rightarrow R_3 I_3 = R_1 I_1 \quad \text{et} \quad R_x I_3 = R_2 I_1$$

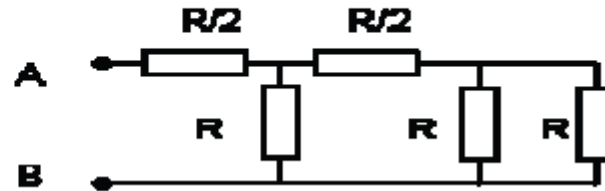
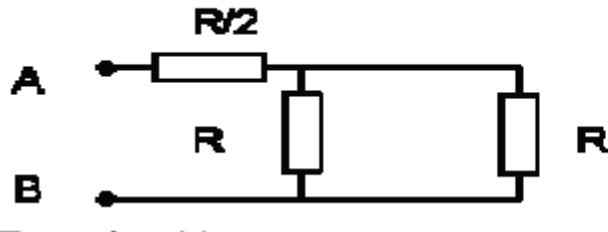
$$\frac{R_3}{R_x} = \frac{R_1}{R_2}$$

$$\Rightarrow R_x = \frac{R_2}{R_1} R_3$$



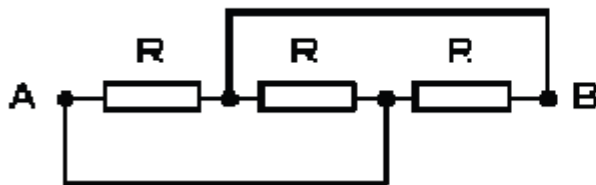
Exemple 1

Calculer la résistance équivalente aux réseaux ci-dessous, vus de A et B



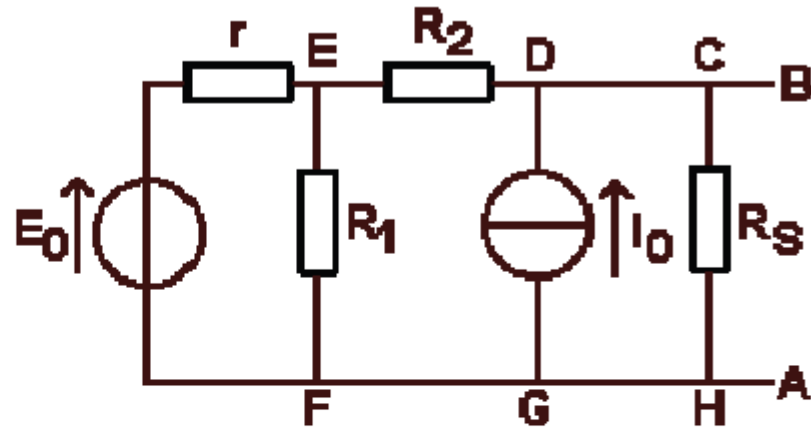
Exemple 2

Calculer la résistance équivalente au réseau ci-dessus, vu de A et B.



Application numérique : $R = 330 \Omega$

Exemple 4

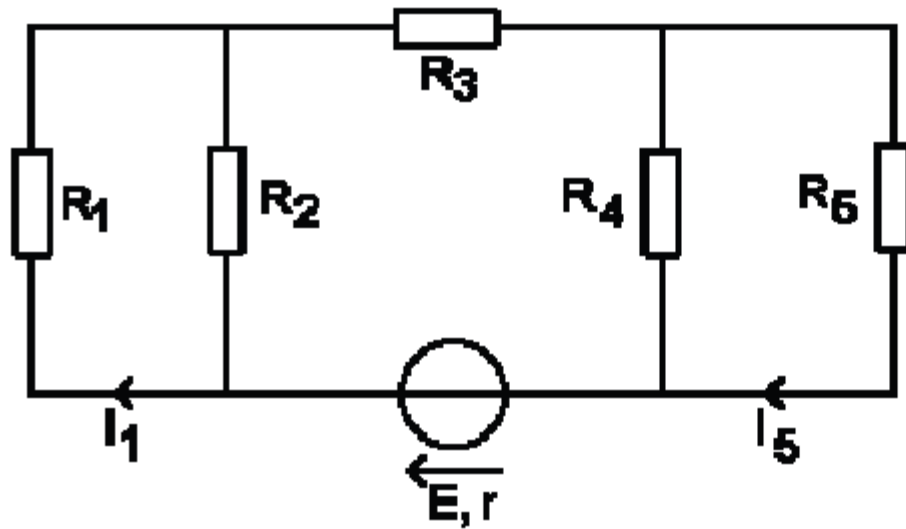


Combien ce réseau comporte-t-il

- de dipôles ?
- de branches ?
- de noeuds ?

Exemple 5

Déterminer les intensités des courants I_1 et I_5 dans ce circuit :



Application numérique :

$$E = 6 \text{ V} ; r = 0,5 \text{ } \Omega ; R_1 = 22 \text{ } \Omega ; R_2 = 33 \text{ } \Omega ; R_3 = 100 \text{ } \Omega ; R_4 = 22 \text{ } \Omega ; R_5 = 33 \text{ } \Omega$$