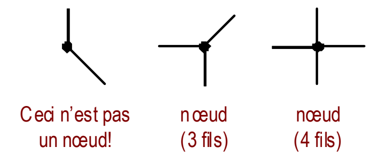
Chapitre 3.5a – Les lois de Kirchhoff

Appellation dans un circuit

Voici quelques appellations et définitions afin de décrire adéquatement des sections d'un circuit électrique :

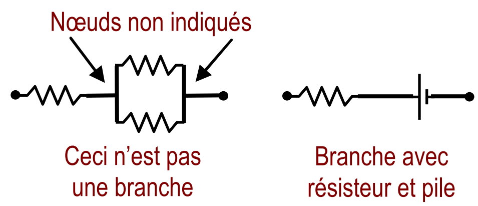
<u>Nœud :</u>

Un nœud est un **point** d'un circuit où trois fils ou plus se rencontrent.



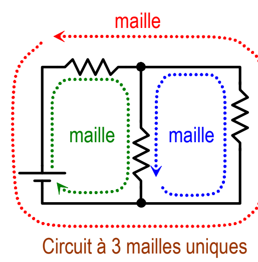
<u>Branche :</u>

Une branche est une portion de circuit comprise entre **deux nœuds consécutifs** qui ne possède aucun embranchement.



<u>Maille :</u>

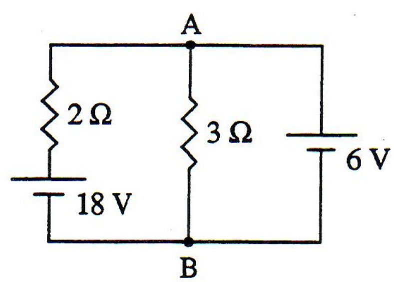
Une maille est n'importe quel **parcours fermé** dans un circuit qui permet de revenir au point de départ. Une maille parcourue dans un sens contraire est une maille redondante.



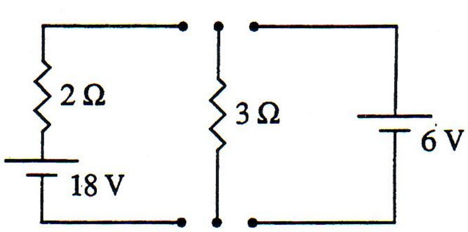
<u>Exemple récapitulatif :</u>

Soit le circuit ci-contre. Le circuit comprend :

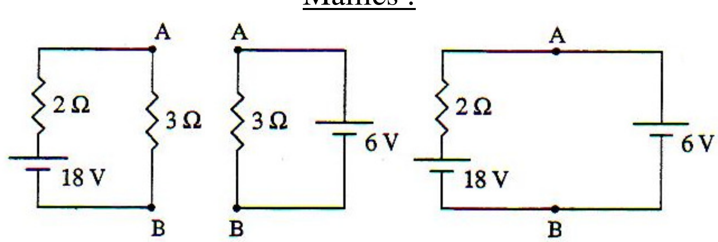
- Deux nœuds (A et B).
- Trois branches.
- Trois mailles uniques.



<u>Branches :</u>



<u>Mailles :</u>



Les lois de Kirchhoff

Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887)

En 1845, le physicien allemand Gustav Robert Kirchhoff applique la conservation de la charge et la conservation de l'énergie à un circuit électrique. Il en en retire deux lois fondamentales sur l'analyse des circuits électriques qui portent le nom de loi des nœuds de Kirchhoff et loi des mailles de Kirchhoff :

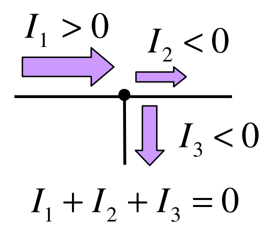
$$\sum I = 0 \qquad \text{(loi des nœuds)}$$

$$\sum \Delta V = 0 \qquad \text{(loi des mailles)}$$

où I : Courant entrant ou sortant à un nœud d'un circuit en ampère (A)

ΔV : Variation de potentiel produit par un composant électrique d'un circuit en volt (V)

Conventions sur le courant :



- Un courant entrant sur un nœud est un courant positif ($I > 0$).
- Un courant sortant d'un nœud est un courant négatif ($I < 0$).
- Le **courant** est **constant** sur une **branche** et change à la rencontre d'un nœud.

Convention sur une maille :

- Lorsqu'on traverse une **pile** d'électromotance ε en allant de la **borne – à +**, on **gagne** du potentiel :

$$\Delta V = +\varepsilon$$

- Lorsqu'on traverse une **pile** d'électromotance ε en allant de la **borne + à -**, on **perd** du potentiel :

$$\Delta V = -\varepsilon$$

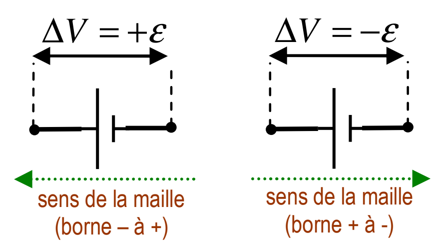
- Lorsqu'on traverse un **résisteur** ohmique R dans le **sens du courant** I qui y circule, on **perd** du potentiel :

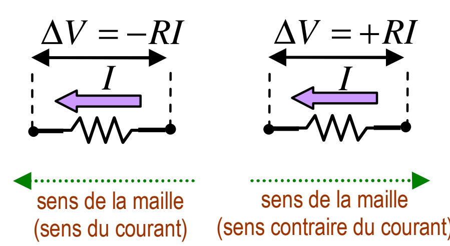
$$\Delta V = -RI$$

- Lorsqu'on traverse un **résisteur** ohmique R dans le **sens contraire du courant** I qui y circule, on **gagne** du potentiel :

$$\Delta V = RI$$

- Le **voltage varie** à la **rencontre d'un composant électrique** qui génère une différence de potentiel ΔV.

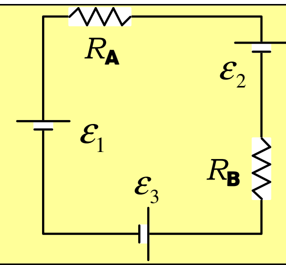




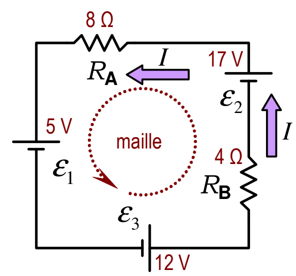
Preuve :

Une preuve formelle sera présentée dans le chapitre 3.14.

Situation 1 : *Un circuit à une maille.* Dans le circuit représenté ci-contre, $\varepsilon_1 = 5\ \text{V}$, $\varepsilon_2 = 17\ \text{V}$, $\varepsilon_3 = 12\ \text{V}$, $R_A = 8\ \Omega$ et $R_B = 4\ \Omega$. On désire déterminer le courant dans le circuit et calculer la puissance fournie au circuit ou dissipée sous forme d'énergie thermique par chaque élément.



Puisque le circuit ne contient pas de nœud, le circuit nécessairement qu'une seule maille. Ainsi, l'application de la loi des nœuds est inutile. Appliquons la loi des mailles à ce circuit (maille anti-horaire).



D'après l'orientation des piles, le courant devrait circuler dans le sens anti-horaire. Évaluons le courant I :

$$\sum \Delta V = 0 \quad \Rightarrow \quad \Delta V_3 + \Delta V_B + \Delta V_2 + \Delta V_A + \Delta V_1 = 0 \qquad \text{(Remplacer } \textstyle\sum \Delta V \text{)}$$

$$\Rightarrow \quad (\varepsilon_3) + \Delta V_B + (\varepsilon_2) + \Delta V_A + (-\varepsilon_1) = 0 \qquad \text{(Remplacer } \Delta V \text{ des piles)}$$

$$\Rightarrow \quad \varepsilon_3 + (-R_B I) + \varepsilon_2 + (-R_A I) - \varepsilon_1 = 0 \qquad \text{(Remplacer } \Delta V \text{ des résisteurs)}$$

$$\Rightarrow \quad \varepsilon_3 + \varepsilon_2 - \varepsilon_1 - (R_A + R_B) I = 0 \qquad \text{(Factoriser } I\text{)}$$

$$\Rightarrow \quad (12) + (17) - (5) - ((8) + (4)) I = 0 \qquad \text{(Remplacer valeurs num.)}$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{I = 2\ \text{A}} \qquad \text{(Évaluer } I\text{)}$$

Évaluons la puissance associée à chaque élément avec l'équation pour les piles et pour les résisteurs :

<u>Piles :</u> $P = I\ \Delta V$

ε_1 : $P_1 = I\varepsilon_1 = (2)(5) = 10\ \text{W}$ Puissance (-)

ε_2 : $P_2 = I\varepsilon_2 = (2)(17) = 34\ \text{W}$ Puissance (+)

ε_3 : $P_3 = I\varepsilon_3 = (2)(12) = 24\ \text{W}$ Puissance (+)

<u>Résisteurs :</u> $P = R\ I^2$

R_A : $P_A = R_A I^2 = (8)(2)^2 = 32\ \text{W}$ Puissance (-)

R_B : $P_B = R_B I^2 = (4)(2)^2 = 16\ \text{W}$ Puissance (-)

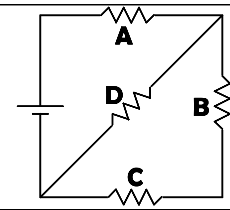
Nous constatons qu'il y a conservation de l'énergie comme le stipule la loi des mailles, car la somme des puissances est égale à zéro.

Une pile qui fait chuter le potentiel sur une maille va chauffer ou se réapprovisionner en énergie. Cela dépend de la construction de la pile (si la pile est rechargeable ou pas).

Chargeur de pile AA

Exercice

3.5.6 ***Déterminez les courants.*** Dans le circuit représenté sur le schéma ci-contre, le courant dans le résisteur **A** vaut 6 A et le courant dans le résisteur **D** vaut 2 A. Déterminez **(a)** le courant débité par la pile; **(b)** le courant dans le résisteur **B**; **(c)** le courant dans le résisteur **C**.



Solution

3.5.6 ***Déterminez les courants.***

(a) Le courant qui circule dans la pile est 6 A, car le courant dans le résisteur **A** est 6 A. (résisteur et pile sur la même branche)

(b) Le courant qui circule dans le résistor **B** est 4 A, car le courant dans le résisteur **A** est 6 A et le résisteur **D** est 2. Il faut appliquer la loi des nœuds et faire 6 + (-2) + (**-4**) = 0.

(c) Le courant qui circule dans le résisteur **C** est 2 A, car il est sur la même branche que le résisteur **B**.