Électronique
Lois de Kirchhoff

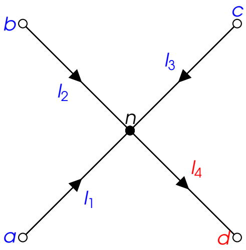
Andres Arciniegas

IUT Cergy-Pontoise, Dep GEII, site de Neuville

Plan du cours

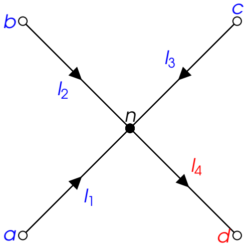
1. Utilisation des lois de Kirchhoff
   - Loi de Kirchhoff sur les courants : Loi des noeuds
   - Loi de Kirchhoff sur les tensions : Loi des mailles
2. Relations dérivées des lois de Kirchhoff
   - Diviseur de courant
   - Diviseur de tension
   - Pont diviseur de tension chargé

La **loi des nœuds** traduit le fait qu'aucun électron n'est perdu en route !



Loi de Kirchhoff sur les courants : Loi des nœuds

La **loi des nœuds** traduit le fait qu'aucun électron n'est perdu en route !

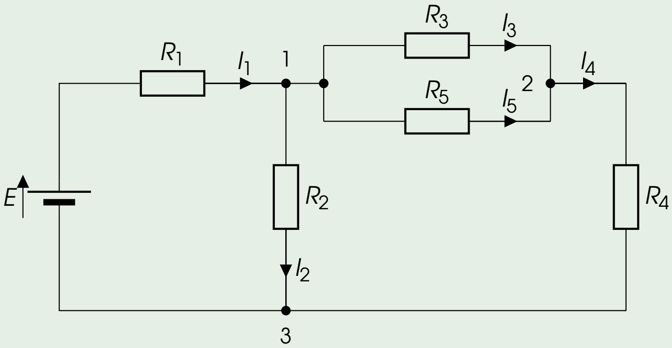


Le débit total d'électrons entrant dans le nœud est identique à celui sortant du nœud.

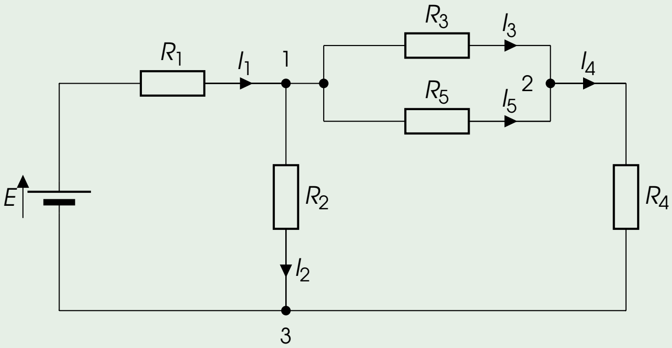
$$\sum_m I_{entrants} = \sum_n I_{sortants} \tag{1}$$

Ici $I_1 + I_2 + I_3 = I_4$

Exemple (Loi des nœuds)

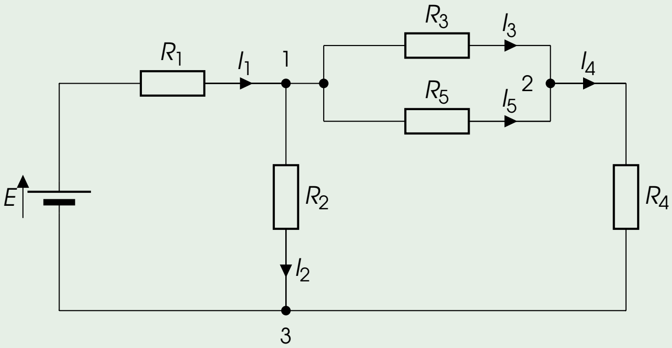


Exemple (Loi des nœuds)



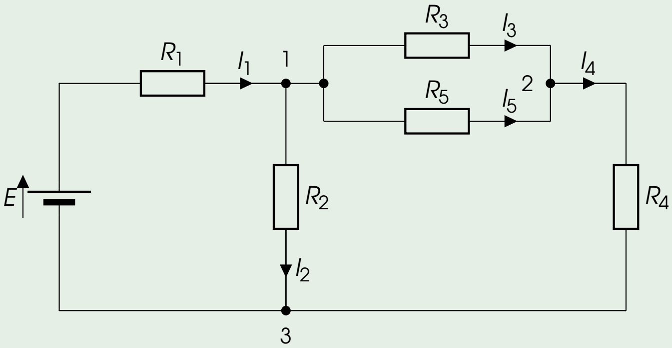
Nœud 1 : $I_1 = I_2 + I_3 + I_5$

Exemple (Loi des nœuds)



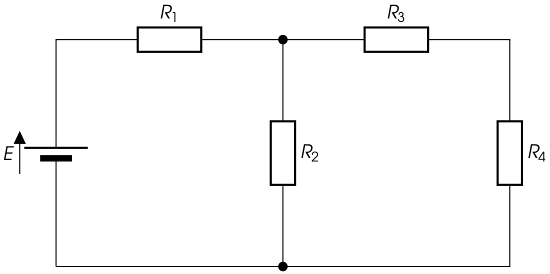
Nœud 1 : $I_1 = I_2 + I_3 + I_5$
Nœud 2 : $I_4 = I_3 + I_5$

Exemple (Loi des nœuds)



Nœud 1 : $I_1 = I_2 + I_3 + I_5$
Nœud 2 : $I_4 = I_3 + I_5$
Nœud 3 : $I_1 = I_2 + I_4$

La **loi des mailles** utilise le fait que la différence de potentiel (ddp) entre 2 points identiques est nulle.

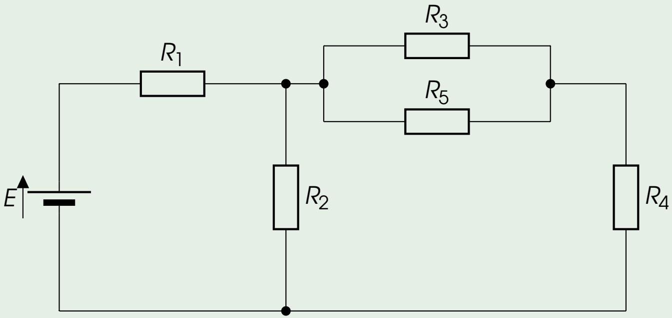


- Définir le sens des courants.
- En déduire les chutes de tensions.
- Choisir un sens d'étude des mailles.

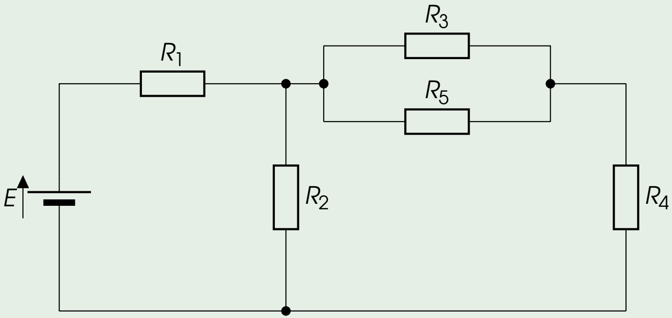
Pour un tour complet :

$$\sum \Delta V = 0 \tag{2}$$

Exemple (Loi des mailles)

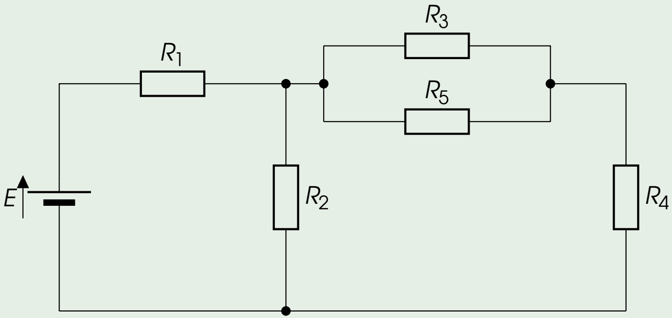


Exemple (Loi des mailles)



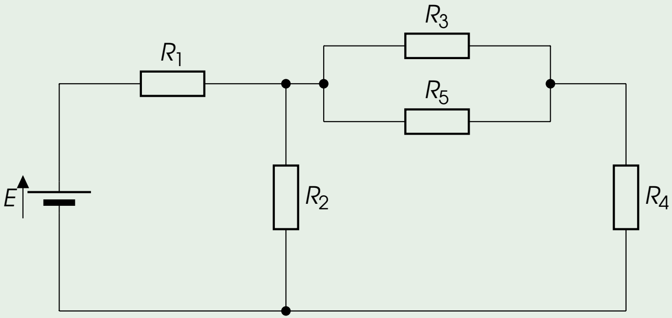
Maille 1 : $E - V_{R1} - V_{R2} = 0$

Exemple (Loi des mailles)



Maille 1 : $E - V_{R1} - V_{R2} = 0$
Maille 2 : $V_{R3} - V_{R5} = 0$

Exemple (Loi des mailles)

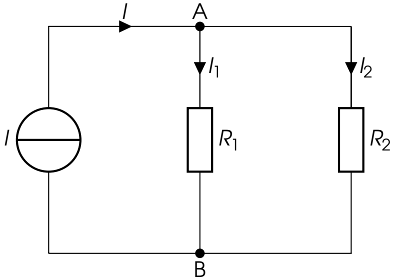


Maille 1 : $E - V_{R1} - V_{R2} = 0$
Maille 2 : $V_{R3} - V_{R5} = 0$
Maille 3 : $V_{R2} - V_{R5} - V_{R4} = 0$

Exercice

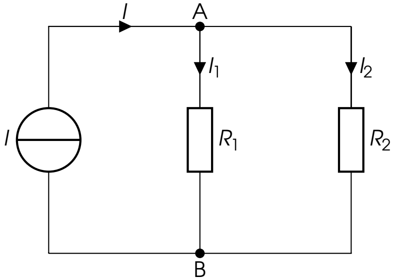
Relations dérivées des lois de Kirchhoff : Diviseur de courant

Si la tension est la même aux bornes de R_1 et de R_2, on peut calculer les courants de chaque branche directement.



Relations dérivées des lois de Kirchhoff : Diviseur de courant

Si la tension est la même aux bornes de R_1 et de R_2, on peut calculer les courants de chaque branche directement.

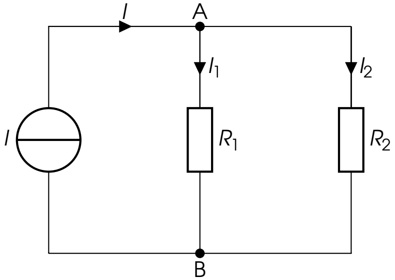


Ici :

$I_1 = G_1 \cdot U_{AB} \rightarrow U_{AB} = \frac{I_1}{G_1}$

$I_2 = G_2 \cdot U_{AB} \rightarrow U_{AB} = \frac{I_2}{G_2}$

Si la tension est la même aux bornes de R_1 et de R_2, on peut calculer les courants de chaque branche directement.



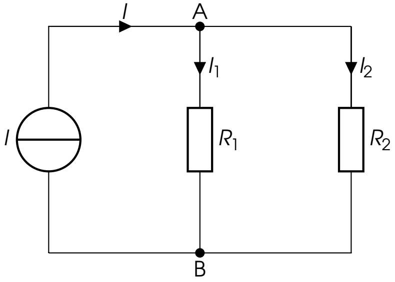
Ici :

$I_1 = G_1 \cdot U_{AB} \rightarrow U_{AB} = \frac{I_1}{G_1}$

$I_2 = G_2 \cdot U_{AB} \rightarrow U_{AB} = \frac{I_2}{G_2}$

Donc $\frac{I_1}{G_1} = \frac{I_2}{G_2}$,

Si la tension est la même aux bornes de R_1 et de R_2, on peut calculer les courants de chaque branche directement.

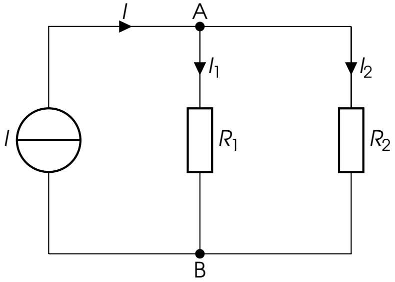


Ici :
$I_1 = G_1 \cdot U_{AB} \rightarrow U_{AB} = \frac{I_1}{G_1}$
$I_2 = G_2 \cdot U_{AB} \rightarrow U_{AB} = \frac{I_2}{G_2}$

Donc $\frac{I_1}{G_1} = \frac{I_2}{G_2}$,

- $I_1 = \frac{G_1}{G_2} \cdot I_2$ ou

Si la tension est la même aux bornes de R_1 et de R_2, on peut calculer les courants de chaque branche directement.

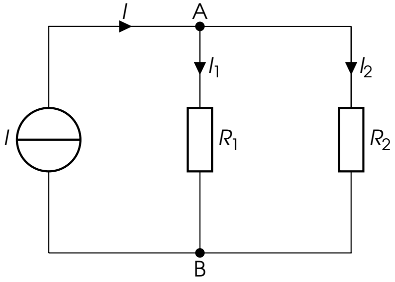


Ici :
$I_1 = G_1 \cdot U_{AB} \rightarrow U_{AB} = \frac{I_1}{G_1}$
$I_2 = G_2 \cdot U_{AB} \rightarrow U_{AB} = \frac{I_2}{G_2}$

Donc $\frac{I_1}{G_1} = \frac{I_2}{G_2}$,

- $I_1 = \frac{G_1}{G_2} \cdot I_2$ ou
- $I_2 = \frac{G_2}{G_1} \cdot I_1$

Si la tension est la même aux bornes de R_1 et de R_2, on peut calculer les courants de chaque branche directement.



Ici :
$I_1 = G_1 \cdot U_{AB} \rightarrow U_{AB} = \frac{I_1}{G_1}$
$I_2 = G_2 \cdot U_{AB} \rightarrow U_{AB} = \frac{I_2}{G_2}$

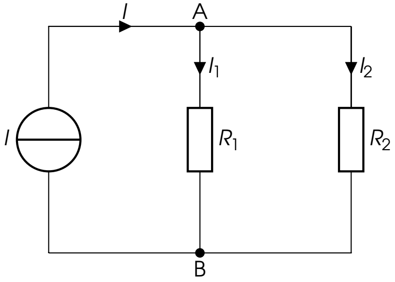
Donc $\frac{I_1}{G_1} = \frac{I_2}{G_2}$,

- $I_1 = \frac{G_1}{G_2} \cdot I_2$ ou
- $I_2 = \frac{G_2}{G_1} \cdot I_1$

D'après la loi des nœuds, il vient :
$I = I_1 + I_2$

Relations dérivées des lois de Kirchhoff : Diviseur de courant

Si la tension est la même aux bornes de R_1 et de R_2, on peut calculer les courants de chaque branche directement.



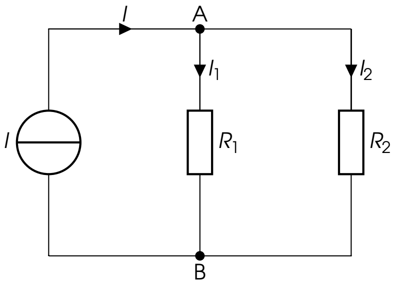
Ici :
$I_1 = G_1 \cdot U_{AB} \rightarrow U_{AB} = \frac{I_1}{G_1}$
$I_2 = G_2 \cdot U_{AB} \rightarrow U_{AB} = \frac{I_2}{G_2}$

Donc $\frac{I_1}{G_1} = \frac{I_2}{G_2}$,

- $I_1 = \frac{G_1}{G_2} \cdot I_2$ ou
- $I_2 = \frac{G_2}{G_1} \cdot I_1$

D'après la loi des nœuds, il vient :
$I = I_1 + I_2$
$I = I_1 + \frac{G_2}{G_1} \cdot I_1$

Si la tension est la même aux bornes de R_1 et de R_2, on peut calculer les courants de chaque branche directement.



Ici :

$I_1 = G_1 \cdot U_{AB} \rightarrow U_{AB} = \frac{I_1}{G_1}$

$I_2 = G_2 \cdot U_{AB} \rightarrow U_{AB} = \frac{I_2}{G_2}$

Donc $\frac{I_1}{G_1} = \frac{I_2}{G_2}$,

- $I_1 = \frac{G_1}{G_2} \cdot I_2$ ou
- $I_2 = \frac{G_2}{G_1} \cdot I_1$

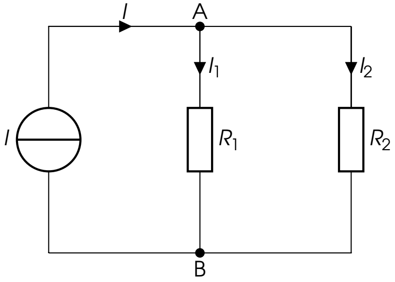
D'après la loi des nœuds, il vient :

$I = I_1 + I_2$

$I = I_1 + \frac{G_2}{G_1} \cdot I_1$

$I = I_1 \cdot \left(1 + \frac{G_2}{G_1}\right)$

Si la tension est la même aux bornes de R_1 et de R_2, on peut calculer les courants de chaque branche directement.



Ici :
$I_1 = G_1 \cdot U_{AB} \rightarrow U_{AB} = \frac{I_1}{G_1}$
$I_2 = G_2 \cdot U_{AB} \rightarrow U_{AB} = \frac{I_2}{G_2}$

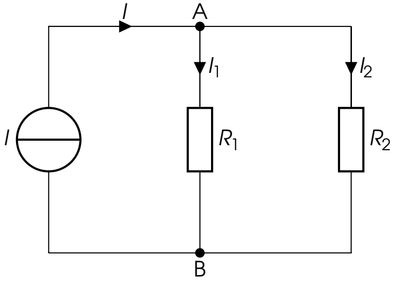
Donc $\frac{I_1}{G_1} = \frac{I_2}{G_2}$,

- $I_1 = \frac{G_1}{G_2} \cdot I_2$ ou
- $I_2 = \frac{G_2}{G_1} \cdot I_1$

D'après la loi des nœuds, il vient :
$I = I_1 + I_2$
$I = I_1 + \frac{G_2}{G_1} \cdot I_1$
$I = I_1 \cdot \left(1 + \frac{G_2}{G_1}\right)$
$I = I_1 \cdot \left(\frac{G_1+G_2}{G_1}\right)$

Relations dérivées des lois de Kirchhoff : Diviseur de courant

Si la tension est la même aux bornes de R_1 et de R_2, on peut calculer les courants de chaque branche directement.



Ici :
$I_1 = G_1 \cdot U_{AB} \rightarrow U_{AB} = \frac{I_1}{G_1}$
$I_2 = G_2 \cdot U_{AB} \rightarrow U_{AB} = \frac{I_2}{G_2}$

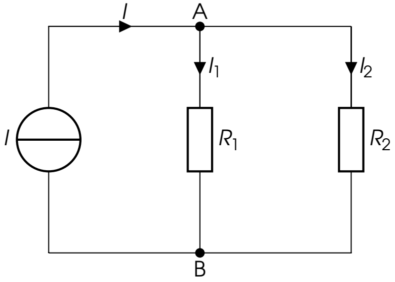
Donc $\frac{I_1}{G_1} = \frac{I_2}{G_2}$,

- $I_1 = \frac{G_1}{G_2} \cdot I_2$ ou
- $I_2 = \frac{G_2}{G_1} \cdot I_1$

D'après la loi des nœuds, il vient :
$I = I_1 + I_2$
$I = I_1 + \frac{G_2}{G_1} \cdot I_1$
$I = I_1 \cdot \left(1 + \frac{G_2}{G_1}\right)$
$I = I_1 \cdot \left(\frac{G_1+G_2}{G_1}\right)$

$$I_1 = \left(\frac{G_1}{G_1+G_2}\right) \cdot I$$

Si la tension est la même aux bornes de R_1 et de R_2, on peut calculer les courants de chaque branche directement.



Ici :
$I_1 = G_1 \cdot U_{AB} \rightarrow U_{AB} = \frac{I_1}{G_1}$
$I_2 = G_2 \cdot U_{AB} \rightarrow U_{AB} = \frac{I_2}{G_2}$

Donc $\frac{I_1}{G_1} = \frac{I_2}{G_2}$,

- $I_1 = \frac{G_1}{G_2} \cdot I_2$ ou
- $I_2 = \frac{G_2}{G_1} \cdot I_1$

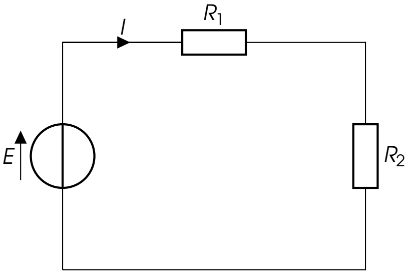
D'après la loi des nœuds, il vient :
$I = I_1 + I_2$
$I = I_1 + \frac{G_2}{G_1} \cdot I_1$
$I = I_1 \cdot \left(1 + \frac{G_2}{G_1}\right)$
$I = I_1 \cdot \left(\frac{G_1+G_2}{G_1}\right)$

$$I_1 = \left(\frac{G_1}{G_1+G_2}\right) \cdot I$$

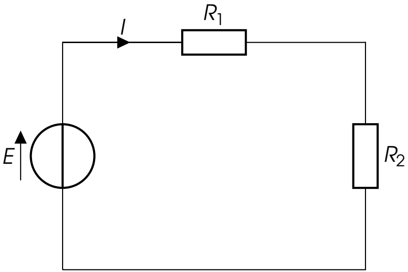
En général :

$$I_n = \left(\frac{G_n}{\sum_i G_i}\right) \cdot I$$

Si le courant est le même en R_1 et R_2, on peut calculer les tensions aux bornes des résistances directement.



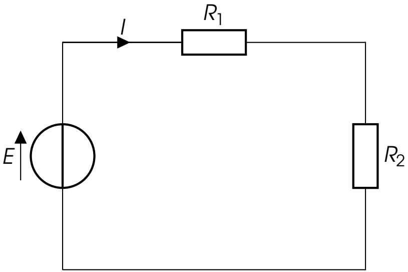
Si le courant est le même en R_1 et R_2, on peut calculer les tensions aux bornes des résistances directement.



Ici :
$U_1 = R_1 \cdot I \rightarrow I = \frac{U_1}{R_1}$
$U_2 = R_2 \cdot I \rightarrow I = \frac{U_2}{R_2}$

Relations dérivées des lois de Kirchhoff : Diviseur de tension

Si le courant est le même en R_1 et R_2, on peut calculer les tensions aux bornes des résistances directement.

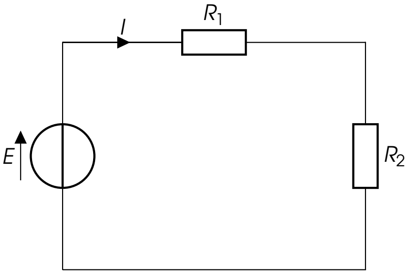


Ici :
$U_1 = R_1 \cdot I \rightarrow I = \frac{U_1}{R_1}$
$U_2 = R_2 \cdot I \rightarrow I = \frac{U_2}{R_2}$

Donc $\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2}$,

Relations dérivées des lois de Kirchhoff : Diviseur de tension

Si le courant est le même en R_1 et R_2, on peut calculer les tensions aux bornes des résistances directement.

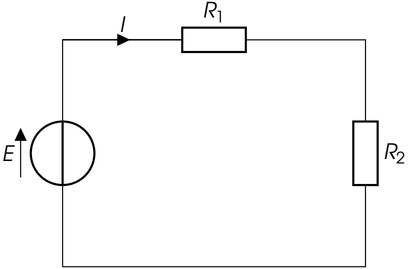


Ici :
$U_1 = R_1 \cdot I \rightarrow I = \frac{U_1}{R_1}$
$U_2 = R_2 \cdot I \rightarrow I = \frac{U_2}{R_2}$

Donc $\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2}$,

- $U_1 = \frac{R_1}{R_2} \cdot U_2$ ou

Si le courant est le même en R_1 et R_2, on peut calculer les tensions aux bornes des résistances directement.



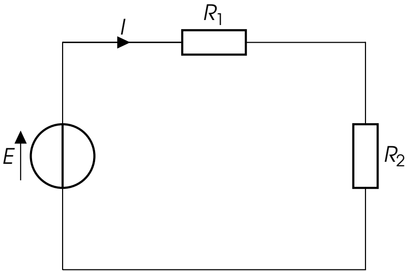
Ici :
$U_1 = R_1 \cdot I \rightarrow I = \frac{U_1}{R_1}$
$U_2 = R_2 \cdot I \rightarrow I = \frac{U_2}{R_2}$

Donc $\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2}$,

- $U_1 = \frac{R_1}{R_2} \cdot U_2$ ou
- $U_2 = \frac{R_2}{R_1} \cdot U_1$

Relations dérivées des lois de Kirchhoff : Diviseur de tension

Si le courant est le même en R_1 et R_2, on peut calculer les tensions aux bornes des résistances directement.



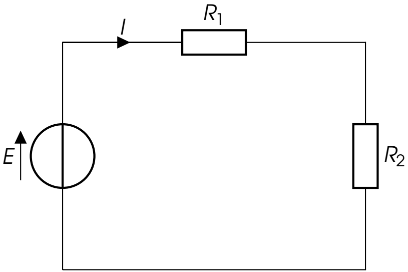
Ici :
$U_1 = R_1 \cdot I \rightarrow I = \frac{U_1}{R_1}$
$U_2 = R_2 \cdot I \rightarrow I = \frac{U_2}{R_2}$

Donc $\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2}$,

- $U_1 = \frac{R_1}{R_2} \cdot U_2$ ou
- $U_2 = \frac{R_2}{R_1} \cdot U_1$

D'après la loi des mailles, il vient :
$E = U_1 + U_2$

Si le courant est le même en R_1 et R_2, on peut calculer les tensions aux bornes des résistances directement.



Ici :
$U_1 = R_1 \cdot I \rightarrow I = \frac{U_1}{R_1}$
$U_2 = R_2 \cdot I \rightarrow I = \frac{U_2}{R_2}$

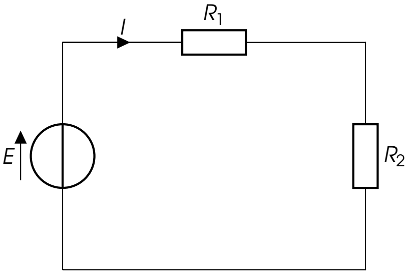
Donc $\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2}$,

- $U_1 = \frac{R_1}{R_2} \cdot U_2$ ou
- $U_2 = \frac{R_2}{R_1} \cdot U_1$

D'après la loi des mailles, il vient :
$E = U_1 + U_2$
$E = U_1 + \frac{R_2}{R_1} \cdot U_1$

Relations dérivées des lois de Kirchhoff : Diviseur de tension

Si le courant est le même en R_1 et R_2, on peut calculer les tensions aux bornes des résistances directement.



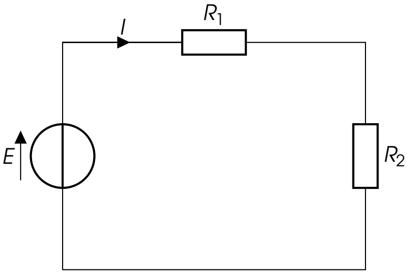
Ici :
$U_1 = R_1 \cdot I \rightarrow I = \frac{U_1}{R_1}$
$U_2 = R_2 \cdot I \rightarrow I = \frac{U_2}{R_2}$

Donc $\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2}$,

- $U_1 = \frac{R_1}{R_2} \cdot U_2$ ou
- $U_2 = \frac{R_2}{R_1} \cdot U_1$

D'après la loi des mailles, il vient :
$E = U_1 + U_2$
$E = U_1 + \frac{R_2}{R_1} \cdot U_1$
$E = U_1 \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$

Si le courant est le même en R_1 et R_2, on peut calculer les tensions aux bornes des résistances directement.



Ici :
$U_1 = R_1 \cdot I \rightarrow I = \frac{U_1}{R_1}$
$U_2 = R_2 \cdot I \rightarrow I = \frac{U_2}{R_2}$

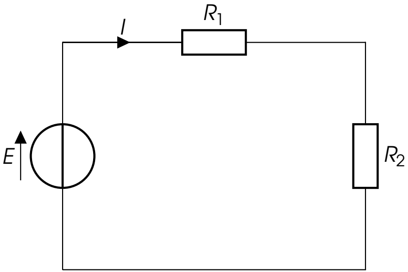
Donc $\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2}$,

- $U_1 = \frac{R_1}{R_2} \cdot U_2$ ou
- $U_2 = \frac{R_2}{R_1} \cdot U_1$

D'après la loi des mailles, il vient :
$E = U_1 + U_2$
$E = U_1 + \frac{R_2}{R_1} \cdot U_1$
$E = U_1 \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$
$E = U_1 \cdot \left(\frac{R_1+R_2}{R_1}\right)$

Relations dérivées des lois de Kirchhoff : Diviseur de tension

Si le courant est le même en R_1 et R_2, on peut calculer les tensions aux bornes des résistances directement.



Ici :

$U_1 = R_1 \cdot I \rightarrow I = \frac{U_1}{R_1}$

$U_2 = R_2 \cdot I \rightarrow I = \frac{U_2}{R_2}$

Donc $\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2}$,

- $U_1 = \frac{R_1}{R_2} \cdot U_2$ ou
- $U_2 = \frac{R_2}{R_1} \cdot U_1$

D'après la loi des mailles, il vient :

$E = U_1 + U_2$

$E = U_1 + \frac{R_2}{R_1} \cdot U_1$

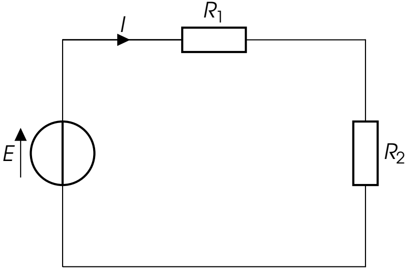
$E = U_1 \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$

$E = U_1 \cdot \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1}\right)$

$$U_1 = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2}\right) \cdot E$$

Relations dérivées des lois de Kirchhoff : Diviseur de tension

Si le courant est le même en R_1 et R_2, on peut calculer les tensions aux bornes des résistances directement.



Ici :
$U_1 = R_1 \cdot I \rightarrow I = \frac{U_1}{R_1}$
$U_2 = R_2 \cdot I \rightarrow I = \frac{U_2}{R_2}$

Donc $\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2}$,

- $U_1 = \frac{R_1}{R_2} \cdot U_2$ ou
- $U_2 = \frac{R_2}{R_1} \cdot U_1$

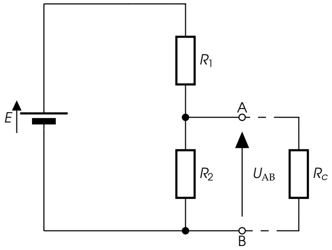
D'après la loi des mailles, il vient :
$E = U_1 + U_2$
$E = U_1 + \frac{R_2}{R_1} \cdot U_1$
$E = U_1 \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$
$E = U_1 \cdot \left(\frac{R_1+R_2}{R_1}\right)$

$$U_1 = \left(\frac{R_1}{R_1+R_2}\right) \cdot E$$

En général :

$$U_n = \left(\frac{R_n}{\sum_i R_i}\right) \cdot E$$

Pont diviseur de tension chargé



- Déterminer l'expression de U_{AB} en fonction de E, R_1, R_2 et R_c.
- Considérer à partir d'ici $R_1 = R_2 = R$. Que valent la tension U_{AB} et la puissance absorbée par R_c lorsque :
  - $R_c \to 0$
  - $R_c = R/100$
  - $R_c = R/10$
  - $R_c = R/2$
  - $R_c = R$
  - $R_c = 2R$
  - $R_c = 10R$
  - $R_c = 100R$
  - $R_c \to \infty$
- Effectuer les applications numériques avec E = 10 V et R = 1 kΩ.