

---

# LABORATOIRE 3

## LES LOIS DE KIRCHHOFF

### But

Le but de ce laboratoire est de vérifier les lois de Kirchhoff dans un circuit.

### THÉORIE

Pour expliquer les lois de Kirchhoff, nous allons prendre un exemple (voir figure).

#### La loi des nœuds

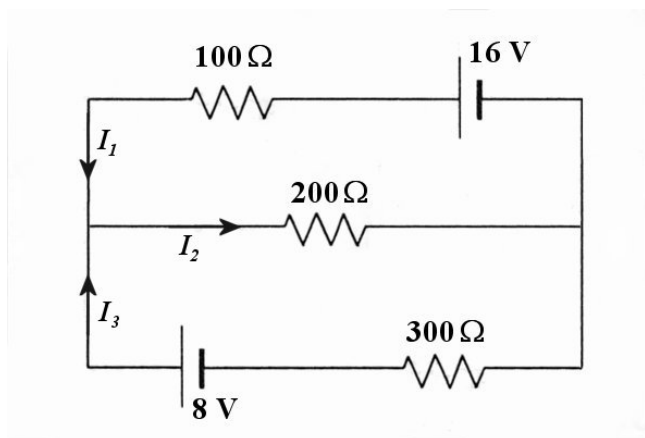
La première loi de Kirchhoff est appelée la loi des nœuds. Un nœud est un point de rencontre des courants.

La loi des nœuds, qui est équivalente à la loi de la conservation de la charge, spécifie que

$$\sum \text{des courants qui arrivent} \\ = \sum \text{des courants qui partent}$$

Si on prend le nœud de gauche sur notre exemple, cette loi nous donne

$$I_1 + I_3 = I_2$$



### 3- Les Lois de Kirchhoff

#### La loi des mailles

Une maille est un circuit fermé comprenant une partie ou le tout d'un circuit. La loi des mailles se rapporte aux différences de potentiel qui se produisent dans une maille. Cette loi stipule que la somme des différences de potentiel sur les éléments d'un circuit rencontrés en parcourant une maille doit donner zéro.

$$\sum \text{des différences de potentiel sur un tour} = 0$$

Il faut donc partir d'un point et faire le tour du circuit en additionnant les différences de potentiel jusqu'à ce qu'on revienne au point de départ.

Nous savons qu'une différence de potentiel peut être positive ou négative, dépendant de l'élément rencontré et du sens du courant. Voici un rappel des règles qui déterminent le signe d'une différence de potentiel avec les sources et les résistances.

- Pour une source de tension, on écrit  $+\varepsilon$  si on rencontre la plaque négative en premier et  $-\varepsilon$  si on rencontre la plaque positive en premier.
- Pour une résistance, on écrit  $-RI$  si on va dans le sens du courant, et on écrit  $+RI$  si on va dans le sens contraire du courant.

Ainsi, si on prend notre exemple, il est possible de faire trois mailles : la maille du haut, la maille du bas et la grande maille. Les équations de la deuxième loi de Kirchhoff pour chacune de ces mailles (toutes faites en allant dans le sens des aiguilles d'une montre en partant du nœud du gauche) sont :

$$+100\Omega I_1 - 16V + 200\Omega I_2 = 0 \quad (\text{Maille du haut})$$

$$-200\Omega I_2 - 300\Omega I_3 + 8V = 0 \quad (\text{Maille du bas})$$

$$+100\Omega I_1 - 16V - 300\Omega I_3 + 8V = 0 \quad (\text{Grande maille})$$

Une fois que l'on a les équations, il ne reste plus qu'à résoudre le système d'équations pour obtenir les valeurs des courants.

#### **MÉTHODE UTILISÉE**

De toute évidence, la meilleure façon de vérifier les lois de Kirchhoff, c'est de monter un circuit, de mesurer les valeurs du courant et du voltage, et de comparer avec les

### 3- Les lois de Kirchhoff

valeurs théoriques. Si les lois sont bonnes, il devrait y avoir accord entre les mesures et les calculs.

## APPAREILS

- Source

- Multimètre

Voltmètre: 0,05% + 3 chiffres

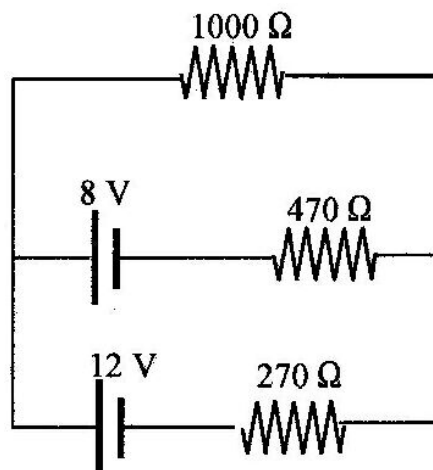
Ampèremètre: Toutes les échelles sauf 20 A 0,5% + 5 chiffres  
Échelle de 20 A 1,5% + 10 chiffres

Ohmmètre : Échelle de 200  $\Omega$ : 0,2% + 10 chiffres  
Échelle de 2 k $\Omega$ , 20 k $\Omega$ , 200 k $\Omega$  0,15% + 3 chiffres  
Échelle de 2 M $\Omega$  0,25% + 3 chiffres  
Échelle de 20 M $\Omega$  1,0% + 10 chiffres

- Résistance

## MANIPULATIONS

Nous allons travailler avec le circuit suivant.



### 3- Les Lois de Kirchhoff

- Mesurez la tension aux bornes des sources et de chacune des résistances. N'oubliez pas qu'un voltmètre se branche toujours en parallèle.

$\mathcal{E}$  source 12V : \_\_\_\_\_

$\mathcal{E}$  source 8V : \_\_\_\_\_

$V_{1000 \Omega}$  : \_\_\_\_\_

$V_{470 \Omega}$  : \_\_\_\_\_

$V_{270 \Omega}$  : \_\_\_\_\_

- Mesurez le courant traversant chacune des résistances. N'oubliez pas qu'un ampèremètre se branche toujours en série.

$I_{1000 \Omega}$  : \_\_\_\_\_

$I_{470 \Omega}$  : \_\_\_\_\_

$I_{270 \Omega}$  : \_\_\_\_\_

- Vérifier également la valeur des résistances avec le multimètre.

$R_{1000 \Omega}$  : \_\_\_\_\_

$R_{470 \Omega}$  : \_\_\_\_\_

$R_{270 \Omega}$  : \_\_\_\_\_

## RÉSULTATS

Donnez les valeurs suivantes :

- Les différences de potentiel des sources ( $\mathcal{E}$  source 12V et  $\mathcal{E}$  source 8V)
- Les différences de potentiel aux bornes des résistances ( $V_{1000 \Omega}$ ,  $V_{470 \Omega}$  et  $V_{270 \Omega}$ )
- Les courants dans les résistances ( $I_{1000 \Omega}$ ,  $I_{470 \Omega}$  et  $I_{270 \Omega}$ )
- Les valeurs des résistances ( $R_{1000 \Omega}$ ,  $R_{470 \Omega}$  et  $R_{270 \Omega}$ )

### 3- Les Lois de Kirchhoff

#### Calculs

- Trouvez la valeur théorique des courants et des différences de potentiel aux bornes de chacune des résistances. Pour ce calcul, employez les valeurs des résistances et des différences de potentiel des sources mesurées.

**Attention** : Comme les incertitudes sur les résultats de ce calcul seront très petites, ces derniers doivent être très précis. Il faut donc faire attention de ne pas trop arrondir quand on fait les calculs.

Il n'est pas nécessaire de faire les calculs d'incertitude pour ces valeurs théoriques puisque ce calcul est loin d'être aussi facile à faire qu'on pourrait le penser. Votre gentil professeur les a calculés pour vous en supposant que les valeurs mesurées sont identiques aux valeurs théoriques et en utilisant les incertitudes du multimètre. Ces incertitudes sont

$$\begin{array}{lll} \Delta I_{1000\Omega} = 0,026 \text{ mA} & \Delta I_{470\Omega} = 0,038 \text{ mA} & \Delta I_{270\Omega} = 0,048 \text{ mA} \\ \Delta V_{1000\Omega} = 0,014 \text{ V} & \Delta V_{470\Omega} = 0,017 \text{ V} & \Delta V_{270\Omega} = 0,014 \text{ V} \end{array}$$

Vos mesures n'étant pas exactement identiques aux valeurs théoriques, vos incertitudes seraient très légèrement différentes de celles indiquées ici. Nous négligerons toutefois ces différences ici. Si vous tenez absolument à calculer ces incertitudes, voici les formules

$$\begin{aligned} \Delta I_{1000} = & \left| \frac{R_{270}}{\Sigma RR} \right| \Delta V_8 + \left| \frac{R_{470}}{\Sigma RR} \right| \Delta V_{12} + \left| \frac{V_8 - I_{1000} (R_{470} + R_{1000})}{\Sigma RR} \right| \Delta R_{270} \\ & + \left| \frac{V_{12} - I_{1000} (R_{270} + R_{1000})}{\Sigma RR} \right| \Delta R_{470} + \left| \frac{I_{1000} (R_{270} + R_{470})}{\Sigma RR} \right| \Delta R_{1000} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta I_{470} = & \left| \frac{R_{270} + R_{1000}}{\Sigma RR} \right| \Delta V_8 + \left| \frac{R_{1000}}{\Sigma RR} \right| \Delta V_{12} + \left| \frac{V_8 + I_{470} (R_{1000} + R_{470})}{\Sigma RR} \right| \Delta R_{270} \\ & + \left| \frac{I_{470} (R_{270} + R_{1000})}{\Sigma RR} \right| \Delta R_{470} + \left| \frac{V_{12} - V_8 - I_{470} (R_{270} + R_{470})}{\Sigma RR} \right| \Delta R_{1000} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta I_{270} = & \left| \frac{R_{1000}}{\Sigma RR} \right| \Delta V_8 + \left| \frac{R_{1000} + R_{470}}{\Sigma RR} \right| \Delta V_{12} + \left| \frac{I_{270} (R_{1000} + R_{470})}{\Sigma RR} \right| \Delta R_{270} \\ & + \left| \frac{V_{12} - I_{270} (R_{270} + R_{1000})}{\Sigma RR} \right| \Delta R_{470} + \left| \frac{V_{12} - V_8 - I_{270} (R_{270} + R_{470})}{\Sigma RR} \right| \Delta R_{1000} \end{aligned}$$

### 3- Les lois de Kirchhoff

$$\Delta V_{1000} = \left| \frac{R_{1000} R_{270}}{\Sigma RR} \right| \Delta V_8 + \left| \frac{R_{1000} R_{470}}{\Sigma RR} \right| \Delta V_{12} + \left| \frac{V_8 R_{1000} - V_{1000} (R_{470} + R_{1000})}{\Sigma RR} \right| \Delta R_{270}$$

$$+ \left| \frac{V_{12} R_{1000} - V_{1000} (R_{270} + R_{1000})}{\Sigma RR} \right| \Delta R_{470} + \left| \frac{V_8 R_{270} + V_{12} R_{470} - V_{1000} (R_{270} + R_{470})}{\Sigma RR} \right| \Delta R_{1000}$$

$$\Delta V_{470} = \left| \frac{R_{470} (R_{270} + R_{1000})}{\Sigma RR} \right| \Delta V_8 + \left| \frac{R_{470} R_{1000}}{\Sigma RR} \right| \Delta V_{12} + \left| \frac{R_{470} V_8 + V_{470} (R_{1000} + R_{470})}{\Sigma RR} \right| \Delta R_{270}$$

$$+ \left| \frac{V_{12} R_{1000} - V_8 (R_{270} + R_{1000}) - V_{470} (R_{270} + R_{1000})}{\Sigma RR} \right| \Delta R_{470} + \left| \frac{R_{470} (V_{12} - V_8) - V_{470} (R_{270} + R_{470})}{\Sigma RR} \right| \Delta R_{1000}$$

$$\Delta V_{270} = \left| \frac{R_{270} R_{1000}}{\Sigma RR} \right| \Delta V_8 + \left| \frac{R_{270} (R_{1000} + R_{470})}{\Sigma RR} \right| \Delta V_{12} + \left| \frac{V_{12} (R_{1000} + R_{470}) - V_8 R_{1000} - V_{270} (R_{1000} + R_{470})}{\Sigma RR} \right| \Delta R_{270}$$

$$+ \left| \frac{V_{12} R_{270} - V_{270} (R_{270} + R_{1000})}{\Sigma RR} \right| \Delta R_{470} + \left| \frac{R_{270} (V_{12} - V_8) - V_{270} (R_{270} + R_{470})}{\Sigma RR} \right| \Delta R_{1000}$$

où  $\Sigma RR = R_{270} R_{470} + R_{270} R_{1000} + R_{470} R_{1000}$

### ANALYSE DES RÉSULTATS

- Les valeurs des courants et des différences de potentiel sont-elles toujours en accord avec les valeurs calculées ?

### 3- Les Lois de Kirchhoff

## RÉSULTATS

Noms de membres de l'équipe: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

$\mathcal{E}$  source 12V : \_\_\_\_\_

$\mathcal{E}$  source 8V : \_\_\_\_\_

$V_{1000\ \Omega}$  : \_\_\_\_\_

$V_{470\ \Omega}$  : \_\_\_\_\_

$V_{270\ \Omega}$  : \_\_\_\_\_

$I_{1000\ \Omega}$  : \_\_\_\_\_

$I_{470\ \Omega}$  : \_\_\_\_\_

$I_{270\ \Omega}$  : \_\_\_\_\_

$R_{1000\ \Omega}$  : \_\_\_\_\_

$R_{470\ \Omega}$  : \_\_\_\_\_

$R_{270\ \Omega}$  : \_\_\_\_\_