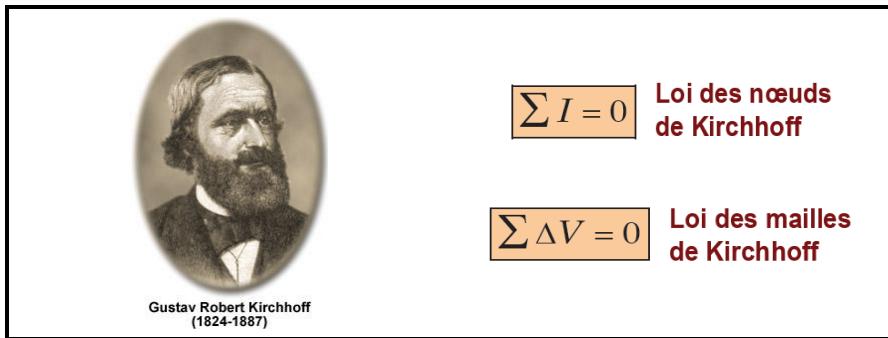


Les lois de Kirchhoff Protocole



But

Le but de ce laboratoire est d'utiliser la méthode générale de Kirchhoff afin de résoudre un circuit composé d'electromotances constantes (ε_1 et ε_2) et de résistors ohmiques (R_1 , R_2 et R_3). Pour ce faire, vous devrez déterminer la différence de potentiel ΔV aux bornes de chaque élément circuit, ainsi que le courant électrique I circulant dans chacune des branches du circuit. Vous devrez également comparer vos mesures expérimentales aux valeurs théoriques calculées.

Matériel

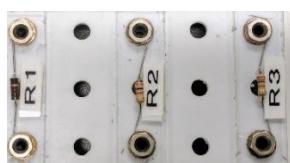
Pour réaliser ce laboratoire, vous disposerez d'une **source de courant** (modèle GWINSTEK GPS-3303), d'un **multimètre** (modèle FLUKE 179), d'une plaquette comportant **trois résisteurs** (identifiés R_1 , R_2 et R_3) ainsi que de plusieurs **fils électriques** (rouges et noirs) afin de réaliser les branchements.



source d'électromotance



multimètre



résistateurs

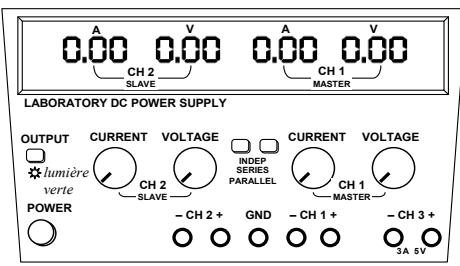


fils électriques

Réglage initial de la source

Réalisez les étapes suivantes afin de limiter le courant de la source à **0,30 A** pour chacun des 2 canaux.

- Assurez-vous que les 2 boutons « **INDEP SERIES PARRALLEL** » soient « sortis » (désactivés), et non « enfoncés » (activés). Les 2 boutons doivent être « sortis » afin que les canaux **CH1** et **CH2** soient indépendants.
- Allumez la source en appuyant sur le bouton **POWER**. La lumière verte en dessous du bouton **OUTPUT** devrait être éteinte. Si elle est allumée, appuyez sur le bouton **OUTPUT** pour l'éteindre.
- Tournez le bouton **CURRENT** du **CH1** (ainsi que celui du **CH2**) pour que les affichages rouges indiquent chacun **0,30** (ampères).



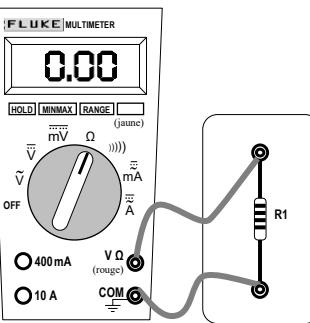
Ne touchez plus aux 2 boutons CURRENT pour le reste de l'expérience.

Si vous les touchez par inadvertance, recommencez tout simplement le réglage initial de la source.

1 Mesure des résisteurs R

À l'aide du multimètre réglé en mode **ohmmètre**, mesurez la résistance des résistors R_1 , R_2 et R_3 . (Le gros bouton rotatif sur le multimètre doit être réglé à « Ω », tel qu'indiqué sur le schéma ci-contre.)

Par souci d'uniformité, notez toutes vos valeurs de résistances en kilohms ($k\Omega$). (Rappel : $1 k\Omega = 1000 \Omega$). Si votre appareil affiche une valeur en Ω , conservez tous les chiffres affichés sur l'appareil au moment de faire votre conversion. Par exemple, si votre appareil affiche **357,0 Ω** , notez **0,3570 $k\Omega$** sur votre feuille-réponse (et non **0,357 $k\Omega$**).



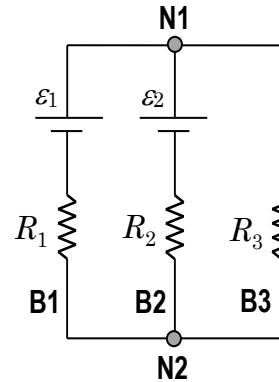
Complétez le tableau suivant dans le rapport :

| résistances des résistors | | |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| R_1 ($k\Omega$) | R_2 ($k\Omega$) | R_3 ($k\Omega$) |
| <input type="text"/> à compléter | <input type="text"/> à compléter | <input type="text"/> à compléter |

2 Assemblage du circuit et réglage des canaux

Vous allez réaliser un circuit qui contient **deux nœuds** (**N1** et **N2**) ainsi que **trois branches** (**B1**, **B2** et **B3**), tel qu'illustré sur le schéma ci-contre.

La branche **B1** sera constituée du résistor R_1 et d'une électromotance ε_1 , la branche **B2** sera constituée du résistor R_2 et d'une électromotance ε_2 et finalement la branche **B3** sera constituée uniquement du résistor R_3 . Sur votre source de courant, vous utilisez le canal **CH1** pour la source ε_1 et le canal **CH2** pour la source ε_2 .

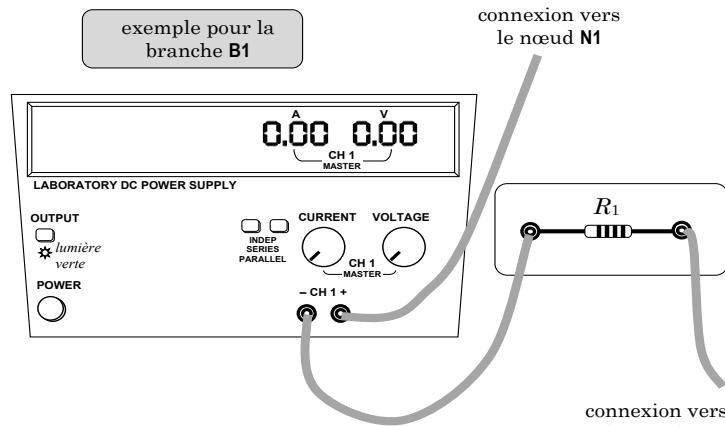


Le schéma ci-contre illustre comment on peut procéder pour réaliser les branchements qui correspondent à la branche **B1** du circuit.

Effectuez ces branchements maintenant. Procédez ensuite de manière similaire pour effectuer les branchements des branches **B2** et **B3**. Votre circuit est maintenant entièrement branché.

À l'aide des boutons **VOLTAGE** sur votre source de courant :

- Ajustez le **CH1** (situé à droite) entre **4 V** et **6 V**.
- Ajustez le **CH2** (situé à gauche) entre **6 V** et **8 V**.



Complétez le tableau suivant dans le rapport pour prendre en note les électromotances données par la source :

| voltages des canaux de la source | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| CH1 (V) | CH2 (V) |
| <input type="text"/> à compléter | <input type="text"/> à compléter |

S1 Appelez le professeur pour qu'il vérifie vos branchements et vos voltages, puis obtenez sa signature.

Maintenant que votre professeur a vérifié votre circuit, appuyer sur le bouton **OUTPUT** (la petite lumière verte s'allume).

Vos électromotances ε_1 et ε_2 sont donc maintenant véritablement « en fonction » et génèrent du courant dans votre circuit. Vous êtes maintenant prêts à effectuer vos mesures.

3 Mesure des différences de potentiel ΔV dans le circuit

À l'aide du multimètre réglé en mode **voltmètre** (plus précisément dans le mode « $\overline{\text{VV}}$ » afin de mesurer du voltage continu « **DC** »), mesurez la différence de potentiel aux bornes de chaque élément du circuit.

Rappel : le **voltmètre** a une résistance interne qui tend vers l'infini (il ne se laisse pas traverser par le courant) et il doit être branché « **en parallèle** » avec l'élément de circuit pour lequel on souhaite mesurer ΔV .

Note : Vous devez véritablement mesurer ε_1 et ε_2 en utilisant le voltmètre. Ne recopiez pas simplement vos valeurs de **CH1** et **CH2** obtenues à l'étape **2**. Les mesures effectuées par le voltmètre seront beaucoup plus précises.

Complétez le tableau suivant dans le rapport :

| différences de potentiel aux bornes des éléments du circuit | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ε_1 (V) | ε_2 (V) | ΔV_1 (V) | ΔV_2 (V) | ΔV_3 (V) |
|  à compléter |  à compléter |  à compléter |  à compléter |  à compléter |

4 Mesure des courants électriques I dans le circuit

À l'aide du multimètre réglé en mode **ampèremètre** (plus précisément dans le mode « $\overline{\text{mA}}$ » afin de mesurer du courant continu « **DC** »), mesurez le courant électrique I qui circule dans chaque branche du circuit.

Rappel : Lorsqu'on tourne le bouton rotatif du multimètre pour le placer en position « **mA** », il se règle par défaut en mode « $\overline{\text{mA}}$ » (courant alternatif **AC**). Il faut alors appuyer une fois sur le bouton **BOUTON JAUNE** du multimètre pour le régler en mode « $\overline{\text{mA}}$ » (courant continu **DC**).

Rappel : l'**ampèremètre** a une résistance interne qui tend vers zéro (il se laisse facilement traverser par le courant) et il doit être branché « **en série** », c'est-à-dire sur la même branche que l'élément de circuit pour lequel on souhaite mesurer I .

Complétez le tableau suivant dans le rapport :

| courants circulant dans les branches | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| branche B1 I_1 (mA) | branche B2 I_2 (mA) | branche B3 I_3 (mA) |
|  à compléter |  à compléter |  à compléter |

5 Vérification de la cohérence des mesures

Afin de vérifier que vos mesures de R , ΔV et I sont toutes logiques et cohérentes entre elles, vous allez effectuer la vérification suivante :

- En utilisant la loi d'Ohm $\boxed{\Delta V = RI}$, calculez « $\Delta V_{1(\text{calculé})}$ » en multipliant ensemble la valeur de la résistance R_1 mesurée à la partie **1** et la valeur du courant I_1 mesuré à la partie **4** :

$$\Delta V_{1(\text{calculé})} = R_1 I_1$$

Techniquement, cette valeur de $\Delta V_{1(\text{calculé})}$ devrait concorder avec la valeur de ΔV_1 que vous avez mesurée à la partie **3**.

- Afin de vous en assurer, calculez le pourcentage d'écart entre ces deux valeurs, en utilisant $\Delta V_{1(\text{calculé})}$ comme valeur de référence :

$$P_{\text{écart}} = \frac{\Delta V_1 - \Delta V_{1(\text{calculé})}}{\Delta V_{1(\text{calculé})}} \times 100\%$$

Rappel : il n'y a pas de valeurs absolues dans les calculs des pourcentages d'écart, il est donc possible d'obtenir un pourcentage d'écart négatif.

Rappel : pour les calculs des pourcentages d'écart, ne vous souciez pas des chiffres significatifs. Calculez simplement le résultat et écrivez-le avec 3 chiffres significatifs sur votre feuille-réponse.

- Procédez exactement de la même façon afin de calculer les pourcentages d'écart associés aux résisteurs R_2 et R_3 .

Complétez le tableau suivant dans le rapport :

| comparaison des différences de potentiel mesurées et calculées | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| résistor R ₁ | | résistor R ₂ | | résistor R ₃ | |
| ΔV_1 (V) | $\Delta V_{1(\text{calculé})}$ (V) | ΔV_2 (V) | $\Delta V_{2(\text{calculé})}$ (V) | ΔV_3 (V) | $\Delta V_{3(\text{calculé})}$ (V) |
| <input checked="" type="checkbox"/> à compléter | <input checked="" type="checkbox"/> à compléter | <input checked="" type="checkbox"/> à compléter | <input checked="" type="checkbox"/> à compléter | <input checked="" type="checkbox"/> à compléter | <input checked="" type="checkbox"/> à compléter |
| $P_{\text{écart}} =$ <input checked="" type="checkbox"/> à compléter | | $P_{\text{écart}} =$ <input checked="" type="checkbox"/> à compléter | | $P_{\text{écart}} =$ <input checked="" type="checkbox"/> à compléter | |

- Si vous constatez qu'un pourcentage d'écart est supérieur à 3 %, consultez votre professeur, car dans ce cas une erreur a probablement été introduite lors de vos manipulations (erreur dans l'assemblage du circuit, multimètre mal branché, erreur dans le calcul, etc.).

Dans la partie **9**, vous allez comparer à nouveau les valeurs mesurées ΔV_1 , ΔV_2 et ΔV_3 aux valeurs calculées $\Delta V_{1(\text{calculé})}$, $\Delta V_{2(\text{calculé})}$ et $\Delta V_{3(\text{calculé})}$ mais cette fois-ci en tenant compte de la propagation des incertitudes sur vos valeurs de courant et de résistance. Cela peut être fait plus tard. Pour l'instant, allez à la partie **6** (page suivante).

6 La méthode générale de Kirchhoff (poser le système d'équations)

Vous allez maintenant appliquer la méthode générale de Kirchhoff à votre circuit. Puisque votre circuit contient 3 branches, il y aura donc 3 inconnues à déterminer (les 3 courants I_1 , I_2 , I_3). Vous devrez donc écrire un système de **trois équations** et 3 inconnues.

- Identifiez clairement sur le schéma du circuit les courants I_1 , I_2 et I_3 et faites une flèche pour indiquer le sens hypothétique de chacun de vos courants.
- Si vous écrivez une équation de noeud, identifiez-la par la lettre correspondante. Par exemple, le nom d'une équation de noeud pourrait être « **nœud B** » ou « **nœud E** ».
- Si vous écrivez une équation de maille, identifiez-la par une suite de lettres. Par exemple, le nom d'une équation de maille pourrait être « **maille DABED** ».
- Dans ce tableau, écrivez uniquement des équations algébriques. N'écrivez pas de valeurs numériques.

Complétez le tableau suivant dans le rapport :

| | nom de l'équation | équation algébrique |
|--|-------------------|---------------------|
| | à compléter | à compléter |
| | à compléter | à compléter |
| | à compléter | à compléter |

S2 Appelez le professeur pour qu'il vérifie le sens de vos 3 courants ainsi que vos 3 équations, puis obtenez sa signature.

Une fois que vous avez obtenu votre signature, vous avez terminé la partie qui était essentielle à réaliser au laboratoire.

Vous pouvez donc dès maintenant débrancher tous les fils et ranger le matériel.

Si le temps le permet, vous pouvez commencer à travailler sur les parties **7** à **9**.

Remettez le rapport au moment indiqué par votre professeur.

7 La méthode générale de Kirchhoff (résoudre le système d'équations)

Vous devez maintenant résoudre votre système d'équations et déterminer les valeurs numériques des 3 courants I_1 , I_2 et I_3 . Pour effectuer vos calculs, utilisez les valeurs des résistances R_1 , R_2 et R_3 mesurées à la partie **1** ainsi que les valeurs des électromotances ε_1 et ε_2 mesurées à la partie **3**.

Faites vos calculs dans le rapport :

Résolvez votre système d'équations et calculez I_1 , I_2 et I_3 . Montrez vos calculs :

 à compléter

8 Vérification de la cohérence des résultats pour le calcul des courants

Afin de vérifier que vos calculs de courants sont corrects, l'idéal serait de faire les calculs de propagation d'incertitudes. Cependant, vu le grand nombre d'opérations (additions, soustractions, multiplications, divisions) effectuées lors de la résolution de votre système d'équation, les expressions « algébriques » de vos courants $I_{1(\text{calculé})}$, $I_{2(\text{calculé})}$ et $I_{3(\text{calculé})}$ sont très compliquées et rendent les calculs des incertitudes $\delta I_{1(\text{calculé})}$, $\delta I_{2(\text{calculé})}$ et $\delta I_{3(\text{calculé})}$ un peu trop difficiles.

Afin de vérifier que vos calculs des courants sont corrects, vous allez effectuer la vérification suivante :

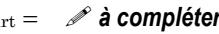
Techniquement, le courant « I_1 » que vous avez mesuré à la partie **4** devrait être très similaire au courant « $I_{1(\text{calculé})}$ » que vous venez de calculer à la partie **7** en utilisant la méthode générale de Kirchhoff.

Afin de vous en assurer, calculez le pourcentage d'écart entre ces deux valeurs, en utilisant $I_{1(\text{calculé})}$ comme valeur de référence :

$$P_{\text{écart}} = \frac{I_1 - I_{1(\text{calculé})}}{I_{1(\text{calculé})}} \times 100\%$$

Procédez exactement de la même façon afin de calculer les pourcentages d'écart associés aux courants I_2 et I_3 .

Complétez le tableau suivant dans le rapport :

| comparaison des courants mesurés et calculés | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| branche B1 | | branche B2 | | branche B3 | |
| I_1 (mA) | $I_{1(\text{calculé})}$ (mA) | I_2 (mA) | $I_{2(\text{calculé})}$ (mA) | I_3 (mA) | $I_{3(\text{calculé})}$ (mA) |
|  à compléter |  à compléter |  à compléter |  à compléter |  à compléter |  à compléter |
| $P_{\text{écart}} =$  à compléter | | $P_{\text{écart}} =$  à compléter | | $P_{\text{écart}} =$  à compléter | |

9 Vérification de la concordance des résultats pour les différences de potentiel

Commencez par calculer l'incertitude sur vos mesures de résistance, courant et différence de potentiel.

Rappels :

δR : incertitude sur la mesure de R pour le multimètre branché en mode **ohmmètre**

1 unité sur le dernier chiffre affiché à droite à laquelle on ajoute 0,9% de la valeur affichée

δI : incertitude sur la mesure de I pour le multimètre branché en mode **ampèremètre**

3 unités sur le dernier chiffre affiché à droite auxquelles on ajoute 1% de la valeur affichée

$\delta \Delta V$: incertitude sur la mesure de ΔV pour le multimètre branché en mode **voltmètre**

2 unités sur le dernier chiffre affiché à droite auxquelles on ajoute 0,09% de la valeur affichée

Écrivez ensuite vos valeurs expérimentales en respectant les règles de la nomenclature. N'oubliez pas d'écrire les unités.

Complétez les tableaux suivants dans le rapport :

| Calcul de l'incertitude sur les résistances mesurées | | |
|------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|
| R_1 | R_2 | R_3 |
| <i>à compléter</i> | <i>à compléter</i> | <i>à compléter</i> |
| δR_1 _____ | δR_2 _____ | δR_3 _____ |

| Calcul de l'incertitude sur les courants mesurés | | |
|--------------------------------------------------|--------------------|--------------------|
| I_1 | I_2 | I_3 |
| <i>à compléter</i> | <i>à compléter</i> | <i>à compléter</i> |
| δI_1 _____ | δI_2 _____ | δI_3 _____ |

| Calcul de l'incertitude sur les différences de potentiel mesurées | | |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| ΔV_1 | ΔV_2 | ΔV_3 |
| <i>à compléter</i> | <i>à compléter</i> | <i>à compléter</i> |
| $\delta \Delta V_1$ _____ | $\delta \Delta V_2$ _____ | $\delta \Delta V_3$ _____ |

| $\Delta V_1 = (\text{_____} \pm \text{_____}) \text{ }$ | $\Delta V_2 = (\text{_____} \pm \text{_____}) \text{ }$ | $\Delta V_3 = (\text{_____} \pm \text{_____}) \text{ }$ |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|

En utilisant la méthode des **règles simplifiées**, calculez l'incertitude $\delta\Delta V_1$ (calculé) qui correspond au calcul $\Delta V_{1(\text{calculé})} = R_1 I_1$ et présentez vos résultats en respectant les règles de la nomenclature.

Procédez exactement de la même façon pour ΔV_2 (calculé) et ΔV_3 (calculé).

Complétez les tableaux suivants dans le rapport :

| Calcul de l'incertitude sur les différences de potentiel calculées | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  à compléter | |
| ΔV_1 (calculé) = (_____ \pm _____) _____ | |
|  à compléter | |
| ΔV_2 (calculé) = (_____ \pm _____) _____ | |
|  à compléter | |
| ΔV_3 (calculé) = (_____ \pm _____) _____ | |

Tracez un diagramme de concordance pour vérifier si la valeur $\Delta V_{1(\text{calculé})}$ concorde ou non avec celle mesurée.

Procédez exactement de la même façon afin de vérifier la concordance des différences de potentiel associées aux résistors R_2 et R_3 .

Complétez le tableau suivant dans le rapport :

| Diagrammes de concordance | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| $\Delta V_1 =$ (_____ \pm _____) _____ | $\Delta V_{1(\text{calculé})} =$ (_____ \pm _____) _____ |
|  à compléter | |
| Les résultats concordent-ils ? | Oui Non |
| $\Delta V_2 =$ (_____ \pm _____) _____ | $\Delta V_{2(\text{calculé})} =$ (_____ \pm _____) _____ |
|  à compléter | |
| Les résultats concordent-ils ? | Oui Non |
| $\Delta V_3 =$ (_____ \pm _____) _____ | $\Delta V_{3(\text{calculé})} =$ (_____ \pm _____) _____ |
|  à compléter | |
| Les résultats concordent-ils ? | Oui Non |